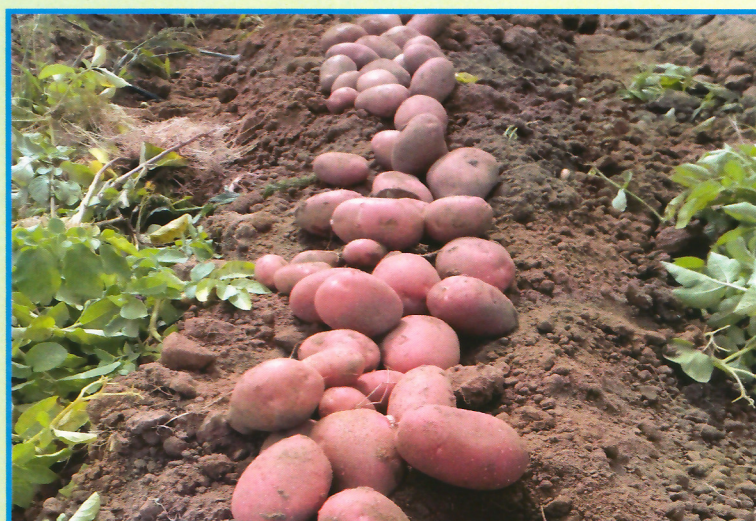
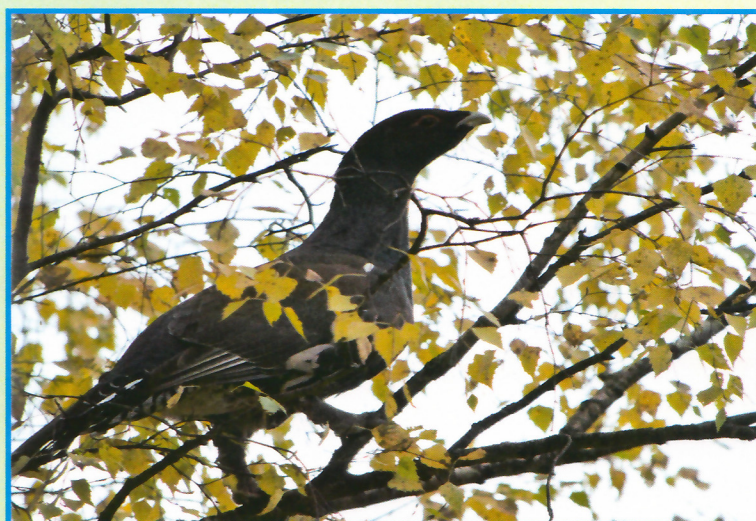


ISSN 2072-9081 (print)  
ISSN 2500-1396 (online)

# Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

Научный журнал  
Федерального аграрного  
научного центра  
Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого



Том 23  
№ 5  
2022

Vol. 23  
No. 5  
2022

© Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»  
(ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Издание зарегистрировано  
Федеральной службой  
по надзору в сфере связи,  
информационных  
технологий и массовых  
коммуникаций

Регистрационный номер  
ПИ №ФС77-72290  
от 01.02.2018 г.

**Цель журнала** – публикация  
и распространение результатов  
фундаментальных и прикладных  
исследований отечественных и  
зарубежных ученых по научному  
обеспечению сельского и охот-  
ничьего хозяйств при приоритет-  
ном освещении проблем рацио-  
нального природопользования и  
адаптации агроэкосистем север-  
ных территорий к меняющимся  
климатическим условиям.

**Целевая аудитория** –  
научные работники, преподава-  
тели, аспиранты, докторанты,  
магистранты, специалисты АПК  
из России, стран СНГ и дальнего  
зарубежья.

## Рубрики журнала:

- ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ
- ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ  
(Растениеводство.  
Защита растений.  
Сельскохозяйственная  
микробиология и микология.  
Хранение и переработка  
сельскохозяйственной продукции.  
Земледелие, агрохимия,  
мелиорация. Кормопроизводство:  
полевое и луговое, кормление  
сельскохозяйственных животных.  
Зоотехния.  
Ветеринарная медицина.  
Звероводство, охотоведение.  
Механизация, электрификация,  
автоматизация. Экономика.)
- ДИСКУССИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ
- РЕЦЕНЗИИ
- ХРОНИКА

Контент доступен  
под лицензией Creative  
Commons Attribution 4.0  
License



**Главный редактор** – Сысеев Василий Алексеевич, д.т.н., профессор, академик РАН,  
заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,  
г. Киров, Россия

**Зам. главного редактора** – Рубцова Наталья Ефимовна, к.с.-х.н., доцент,  
зав. научно-организационным отделом ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Ответственные секретари:** Соболева Наталия Николаевна, инженер по НТИ научно-  
организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия,

Шемуранова Наталья Александровна – к.с.-х.н., зав. лабораторией кормления сельско-  
хозяйственных животных, старший научный сотрудник ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,  
г. Киров, Россия

## Редакционный совет

Андреев  
Николай Руфеевич

д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-  
исследовательского института крахмала и переработки крахмалосодержащего  
сырья – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля  
имени А. Г. Лорха», г. Москва, Россия

Багиров  
Вугар Алиевич

д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента координации  
деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук  
Минобрнауки России, г. Москва, Россия

Баталова Галина  
Аркадьевна

д.с.-х.н., профессор, академик РАН, зам. директора по селекционной  
работе, зав. отделом овса ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Гурьянов Александр  
Михайлович

д.с.-х.н., профессор, директор Мордовского НИИСХ – филиала  
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия

Дёгтева Светлана  
Владимировна

д.б.н., чл.-корр. РАН, директор Института биологии Коми научного центра  
УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Джавадов  
Эдуард Джавадович

д.в.н., заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры  
эпизоотологии им. В. П. Урбана ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государ-  
ственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

Домский Игорь  
Александрович

д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-  
исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства  
имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия

Еремин  
Сергей Петрович

д.в.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения  
с.-х. животных и акушерства ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная  
сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия

Иванов Дмитрий  
Анатольевич

д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Всероссийского  
научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала  
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Тверь, Россия

Казакевич  
Пётр Петрович

д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума  
НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь

Косолапов Владимир  
Михайлович

д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Федеральный  
научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,  
г. Москва, Россия

Костяев Александр  
Иванович

д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель  
отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК  
и сельских территорий Института аграрной экономики и развития сельских  
территорий – структурного подразделения ФГБНУ «Санкт-Петербургский  
ФИЦ РАН», г. Санкт-Петербург, Россия

Куликов  
Иван Михайлович

д.э.н., профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Федеральный научный  
селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»,  
г. Москва, Россия

Леднев  
Андрей Викторович

д.с.-х.н., доцент, главный научный сотрудник, руководитель Удмуртского  
НИИСХ – структурного подразделения ФГБНУ «Удмуртский ФИЦ УрО РАН»,  
г. Ижевск, Россия

Никонова Галина  
Николаевна

д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, руководитель  
отдела прогнозирования трансформации экономических структур и  
земельных отношений Института аграрной экономики и развития сельских  
территорий – структурного подразделения ФГБНУ «Санкт-Петербургский  
ФИЦ РАН», г. Санкт-Петербург, Россия

Пашкина  
Юлия Викторовна

д.в.н., профессор, и.о. зав. кафедрой эпизоотологии, паразитологии и  
ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Нижегородская государ-  
ственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия

Савченко  
Иван Васильевич

д.б.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела  
растительных ресурсов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва, Россия

**Журнал включен  
в Перечень рецензируемых  
научных изданий,  
в которых должны быть  
опубликованы основные  
научные результаты  
диссертаций на соискание  
ученых степеней  
кандидата и доктора наук**

Журнал включен в базы данных  
РИНЦ, ВИНТИ, AGRIS,  
Russian Science Citation Index  
(RSCI) на ведущей мировой  
платформе Web of Science,  
BASE, Dimensions,  
Ulrich's Periodicals Directory,  
DOAJ, EBSCO

Полные тексты статей  
доступны на сайтах электронных  
научных библиотек:  
eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>;  
ЭНЦХБ:  
<http://www.cnsb.ru/elbib.shtm>;  
CYBERLENINKA:  
<https://cyberleninka.ru/>;  
журнала:  
<http://www.agronauka-sv.ru>

Оформить подписку можно на  
сайте "Объединенного каталога  
"Пресса России" [www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)  
по подписному индексу 58391,  
а также подписаться через  
интернет-магазин «Пресса по  
подписке» <https://www.akc.ru>  
Электронная версия журнала:  
<http://www.agronauka-sv.ru>

**Адрес издателя и редакции:**  
610007, г. Киров,  
ул. Ленина, 166а,  
тел./факс (8332) 33-10-25;  
тел. (8332) 33-07-21  
[www.agronauka-sv.ru](http://www.agronauka-sv.ru)

E-mail:  
[agronauka-esv@fanc-sv.ru](mailto:agronauka-esv@fanc-sv.ru)

Техническая редакция,  
верстка И. В. Кодочигова

Макет обложки  
Н. Н. Соболева

На 4-й странице обложки фото  
В. Малишевского

Подписано к печати  
24.10.2022 г.

Дата выхода в свет  
02.11.2022.

Формат 60x84<sup>1/8</sup>.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 19,76.

Тираж 100 экз. Заказ 19.  
Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета

**Адрес типографии:**

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Самоделькин  
Александр  
Геннадьевич

Сисягин  
Павел Николаевич

Титова  
Вера Ивановна

Токарев  
Антон Николаевич

Урбан  
Эрома Петрович

Цой  
Юрий Алексеевич  
Широких  
Ирина Геннадьевна

Щеникова  
Ирина Николаевна

Changzhong Ren

Ivanovs Semjons

Marczuk Andrzej

Náhlík András

Poutanen Kaisa

Romaniuk Wazlaw

Yu Li

Алешкин Алексей  
Владимирович

Брандорф  
Анна Зиновьевна

Бурков Александр  
Иванович

Егошина Татьяна  
Леонидовна

Ивановский  
Александр  
Александрович

Козлова Людмила  
Михайловна

Костенко Ольга  
Владимировна

Рябова Ольга  
Вениаминовна

Савельев Александр  
Павлович

Товстик Евгения  
Владимировна

Филатов  
Андрей Викторович

Шешегова  
Татьяна Кузьмовна

Юнусов Губейдулла  
Сибиятулович

д.б.н., профессор, руководитель аграрно-экологического направления  
АНО «Нижегородский научно-образовательный центр»,  
г. Нижний Новгород, Россия

д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, ФГБОУ ВО «Нижегородская государ-  
ственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия  
д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии  
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная  
академия», г. Нижний Новгород, Россия

д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, заместитель генерального  
директора по научной работе РУП «Научно-практический центр  
НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Республика Беларусь

д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия  
д.б.н., главный научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений  
и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

д.с.-х.н., доцент, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, зав. лабора-  
торией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ  
Северо-Востока, г. Киров, Россия

Президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР),  
иностраный член РАН, г. Байчен, Китай  
д.т.н., Латвийский университет естественных наук и технологий,  
г. Елгава, Латвия

д.т.н., профессор, декан факультета Люблинского природоведческого  
университета, г. Люблин, Польша

профессор, ректор, Университет Шопрона, Институт охраны дикой  
природы и зоологии позвоночных, г. Шопрон, Венгрия

профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии,  
г. Эспоо, Финляндия

д.т.н., профессор, Технолог-природоведческий институт, г. Варшава, Польша  
профессор, научный руководитель Цилинского аграрного университета,  
иностранный член РАН, член инженерной академии наук Китая,  
г. Чанчунь, Китай

**Редакционная коллегия**

д.т.н., профессор, профессор кафедры механики и инженерной графики  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия  
д.с.-х.н., директор ФГБНУ «Федеральный научный центр по пчеловодству»,  
г. Рыбное, Россия

д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ, главный научный  
сотрудник, зав. лабораторией зерно- и семяочистительных машин  
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

д.б.н., профессор, зав. отделом экологии и ресурсосведения ФГБНУ  
«Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства  
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия

д.в.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией ветеринарной  
биотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. отделом земледелия,  
агрохимии и мелиорации ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

к.э.н., доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет»,  
г. Киров, Россия

к.б.н., доцент кафедры микробиологии ФГБОУ ВО «Пермская государ-  
ственная фармацевтическая академия», г. Пермь, Россия

д.б.н., главный научный сотрудник отдела экологии животных ФГБНУ  
«Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства  
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия

к.б.н., доцент, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения  
химии, старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические  
технологии и системы» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
г. Киров, Россия

д.в.н., профессор кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии ФГБОУ  
ВО «Вятский государственный агротехнологический университет»,  
г. Киров, Россия

д.б.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета  
и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки с.-х.  
продукции Аграрно-технологического института ФГБОУ ВО «Марийский  
государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия

© The founder of the journal is Federal Agricultural Research Center  
of the North-East named N.V. Rudnitsky, 610007, Kirov, Lenin str., 166a

The publication is registered  
by the Federal Service for  
Supervision of Communications,  
Information Technology and  
Mass Media

Registration number  
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

**Aim of the Journal** – publication and distribution of results of fundamental and applied researches conducted by native and foreign scientists for scientific support of agricultural and hunting sectors, with focus on the problems of rational use of natural resources and adaptation of agroecosystems of northern territories to changing climatic conditions.

**Target audience** – scientists, university professors, graduate students, postdoctoral, masters, specialists of agro-industrial complex from Russia, countries of CIS and far-abroad countries.

#### Headings

- REVIEWS
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES  
(Plant Growing. Plant protection. Agricultural Microbiology and Mycology. Storage and Processing of Agricultural Production. Agriculture, Agrochemistry, Land Improvement. Fodder Production: Field and Meadow; Livestock Feeding. Zootechny. Veterinary Medicine. Fur Farming and Hunting. Mechanization, Electrification, Automation. Economy)
- DISCUSSION PAPERS
- PEER-REVIEWS
- CHRONICLE

All the materials of the  
«Agricultural Science Euro-North-East» journal are available  
under Creative Commons  
Attribution 4.0 License



**Editor-in-chief** – Vasily A. Sysuev, Dr. of Sci. (Engineering), the professor, academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, academic advisor of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

**Deputy editor-in-chief** – Natalya E. Rubtsova, Cand. of Sci. (Agricultural), associate professor, Head of the Science and Organization Department, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

**The responsible secretaries:** Natalia N. Soboleva, engineer of scientific and technical information, the Science and Organization Department, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia,  
Natalia A. Shemuranova, Cand. of Sci. (Agricultural), Head of the Laboratory of Feeding Farm Animals, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

#### Editorial council

- |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nikolay R. Andreev</b>    | Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, Academic advisor of the All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Potato Research Centre, Moscow, Russia                                                                                                                                           |
| <b>Vugar A. Bagirov</b>      | Dr. of Sci. (Biology), professor, corresponding member of RAS, Director of the Department of Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia                                                                                                                      |
| <b>Galina A. Batalova</b>    | Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the deputy Director on selection work, the head of Department of oats of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia                                                                                                                                          |
| <b>Alexander M. Guryanov</b> | Dr. of Sci. (Agricultural), professor, Director of Mordovia Agricultural Research Institute –Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Saransk, Russia                                                                                                                                                                         |
| <b>Svetlana V. Degteva</b>   | Dr. of Sci. (Biology), corresponding member of RAS, the Director of Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia                                                                                                                                                                                        |
| <b>Eduard D. Dzhavadov</b>   | Dr. of Sci. (Veterinary), Honored Worker of Science of the Russian Federation, academician of RAS, professor at the Department of Epizootology named after V.P. Urban, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia                                                                                                                         |
| <b>Igor A. Domskiy</b>       | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, corresponding member of RAS, Director at Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Sergey P. Eremin</b>      | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Head of the Department of Small Animal Science, Breeding of Farm Animals and Obstetrics of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia                                                                                                                                                                             |
| <b>Dmitriy A. Ivanov</b>     | Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of RAS, chief researcher of the All-Russian Institute of Reclaimed Lands – Branch of the Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Tver, Russia                                                                                                                                               |
| <b>Petr P. Kazakevich</b>    | Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Vladimir M. Kosolapov</b> | Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the Director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Aleksandr I. Kostjaev</b> | Dr. of Sci. (Economics), professor, academician of RAS, chief researcher, Chief of the Department of Economic and Social Problems of the Development of Regional Agro-Industrial Complex and Rural Territories the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia |
| <b>Ivan M. Kulikov</b>       | Dr. of Sci. (Economics) professor, academician of RAS, Director of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Andrei V. Lednev</b>      | Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, head of Udmurt Research Institute of Agriculture – Branch of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia                                                                                                                                                         |
| <b>Galina N. Nikonova</b>    | Dr. of Sci. (Economics), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Chief of the Department of Forecasting Changes in Economic Structures and Land Relations of the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia                                 |
| <b>Yulia V. Pashkina</b>     | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the acting head at the Department of Epizootology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Inspection of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia                                                                                                                                                              |
| <b>Ivan V. Savchenko</b>     | Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, chief researcher All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia                                                                                                                                                                                                           |

**The Journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications, where research results from «Candidate of Science» and «Doctor of Science» academic degree dissertations have to be published**

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) on the world's leading platform Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, EBSCO

The full texts of articles are available on the websites of the following journals and scientific electronic libraries: eLIBRARY.RU, Electronic Scientific Agricultural Library, CYBERLENINKA, Google Scholar

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), Abstract journal and databases of All-Russian Institute of Scientific and Technical Information

One can subscribe for the print edition of the journal «Agricultural Science Euro-North-East» at the site of the Union catalogue «Press of Russia» [www.ppressa-rf.ru](http://www.ppressa-rf.ru) by the index 58391 or via the Internet shop «Pressa po Podpiske (Press by subscription)» <https://www.akc.ru>

Electronic version of the journal: <http://www.agronauka-sv.ru>

**Publisher and editorial address:**  
610007, Kirov, Lenin str., 166a,  
tel./fax (8332) 33-10-25;  
tel. (8332) 33-07-21  
[www.agronauka-sv.ru](http://www.agronauka-sv.ru)

E-mail: [agronauka-esv@fanc-sv.ru](mailto:agronauka-esv@fanc-sv.ru)

Technical edition, layout  
Irina V. Kodochigova

Cover layout  
Natalia N. Soboleva

On the outside back cover there is the photo of V. Malishevsky

Passed for printing  
24.10.2022 r.

**Date of publication**  
02.11.2022.

Format 60x84<sup>1/8</sup>. Offset paper.  
Cond. pccs. 1. 19.76.  
Circulation 100 copies. Order 19.  
Free price.

**Address of the printing house:**  
FGBNU FARC North-East. 610007,  
Kirov, Lenin str., 166a

- Alexander G. Samodelkin** Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the agricultural and Environmental direction of the Nizhny Novgorod Scientific and Educational Center, Nizhny Novgorod, Russia
- Pavel N. Sisyagin** Dr. of Sci. (Veterinary), the professor, corresponding member of RAS, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Vera I. Titova** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Anton N. Tokarev** Dr. of Sci. (Veterinary), associate professor, Head of the Department of Veterinary-Sanitary Inspection Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia
- Eroma P. Urban** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy General Director for Research, Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus
- Yuriy A. Tsoy** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of RAS, chief researcher of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
- Irina G. Shirokikh** Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, Head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Irina N. Shchennikova** Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Breeding of Barley of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Changzhong Ren** President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China
- Semjons Ivanovs** Dr. of Sci. (Engineering), Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia
- Andrzej Marczyk** Dr. of Sci. (Engineering), professor, dean, University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland
- András Náhlik** The professor, rector, University of Sopron, Institute of Wildlife Management and Vertebrate Zoology, Sopron, Hungary
- Kaisa Poutanen** Dr. of Sci. (Engineering), Academy Professor, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland
- Vaclav Romaniuk** Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Poland
- Li Yu** professor, chief scientific officer, Jilin Agricultural University, foreign member of RAS, member of the Chinese Academy of Sciences, Changchun, China

### Editorial Board

- Aleksey V. Aleshkin** Dr. of Sci. (Engineering), professor, the Department of Mechanics and Engineering Drawing, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Anna S. Brandorf** Dr. of Sci. (Agricultural), the director of the Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia
- Alexander I. Burkov** Dr. of Sci. (Engineering), professor, chief researcher, the Honored Inventor of the Russian Federation, head of the Laboratory of Grain- and Seed-Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Tatyana L. Egoshina** Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the Department of Ecology and Resource Management, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
- Alexander A. Ivanovsky** Dr. of Sci. (Veterinary), leading researcher, head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Lyudmila M. Kozlova** Dr. of Sci. (Agricultural), leading researcher, head of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Land Improvement, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Olga V. Kostenko** Cand. of Sci. (Economics), associate professor, associate professor at the Department of Accounting and Finance, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
- Olga V. Ryabova** Cand. of Sci. (Biology), associate professor at the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia
- Alexander P. Saveljev** Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, the Department of Animal Ecology, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
- Evgeniya V. Tovstik** Cand. Sci. (Biology), associate professor at the Department of Basic Chemistry and Chemistry Training Methodology, senior researcher at the Center of Competence and Environmental Technologies and Systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Andrey V. Filatov** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the Department of Zoological Hygiene, Physiology and Biochemistry, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
- Tatyana K. Sheshhegova** Dr. of Sci. (Biology), senior researcher, head of the Laboratory of Immunity and Plants Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
- Gubeidulla S. Junusov** Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Agricultural Technologies of Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

- Ю. Е. Кузнецов, А. М. Лунегов, В. С. Понамарёв, Е. Б. Ромашова*  
Пул жёлчных кислот, его предикторные функции и влияние на патологии гепатобилиарной системы (обзор)..... 587
- А. А. Глазунова, Е. В. Корогодина, Т. А. Севских, Е. А. Краснова, С. А. Кукушкин, А. А. Блохин*  
Репродуктивно-респираторный синдром свиней в свиноводческих предприятиях (обзор)..... 600
- В. В. Володин, А. А. Шубаков, С. О. Володина, Н. Н. Шергина, Р. Г. Васильев*  
Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор)..... 611

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

#### РАСТЕНИЕВОДСТВО

- С. Е. Скатова, А. М. Тысленко, Д. В. Зуев, А. Г. Лачин, С. И. Гриб, В. Н. Бушневич*  
Новый сорт ярового тритикале Слово для Центрального и Волго-Вятского регионов Российской Федерации..... 633
- А. С. Попов, А. А. Сухарев, Г. В. Овсянникова*  
Влияние сроков посева и норм высева на урожайность и качество зерна сорта мягкой озимой пшеницы Универ..... 641
- Н. А. Набатова, Е. И. Уткина, Е. С. Парфенова, М. Г. Шамова, Е. А. Псарева, М. Н. Жукова*  
Сравнительная оценка сортов озимой ржи по экологической устойчивости в условиях Кировской области..... 655
- И. А. Куземкин, Т. А. Рожмина*  
Скрининг образцов коллекции льна-долгунца по урожайности и их адаптивность к условиям Северо-Западного региона России..... 666
- Е. В. Попова, Е. Г. Арзамасова, И. В. Шихова*  
Качество семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок..... 675
- Б. М. Гусейнова, М. Д. Абдулгамидов*  
Хозяйственно ценные признаки и товарно-потребительские свойства новых сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана..... 685

#### ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- А. А. Шаманин, М. Н. Берим*  
Результаты мониторинга крылатых тлей (Hemiptera: Aphididae) на посадках картофеля в условиях Северного региона России..... 697
- О. А. Жуйкова, Г. А. Баталова*  
Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области..... 706
- Л. И. Пимохова, Г. Л. Яговенко, Ж. В. Царапнева, Н. В. Мисникова*  
Фунгицидный протравитель против грибных фитопатогенов люпина узколистного..... 714

#### ЗООТЕХНИЯ

- М. К. Гайнуллина, А. В. Кузнецова, Е. Е. Куренков*  
Влияние биологически активной добавки бетаин-альдегид на мясную продуктивность перепелов..... 724

#### МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

- П. А. Савиных, Н. В. Турубанов*  
Влияние изменения технологических параметров смесителя комбикормов на показатели его работы..... 732

#### ЭКОНОМИКА

- Д. М. Черепанова, Ю. Н. Никулина, Р. Г. Янбых*  
Оценка уровня государственной поддержки АПК в России и странах Европейского Союза..... 740

## CONTENTS

### REVIEWS

- Yury E. Kuznetsov, Alexander M. Lunegov, Vladimir S. Ponamarev, Elizabeth B. Romashova*  
Pool of bile acids, its predictor functions and influence on the pathology of the hepatobiliary system (review)..... 587
- Anastasia A. Glazunova, Elena V. Korogodina, Timofey A. Sevskikh, Elena A. Krasnova, Sergey A. Kukushkin, Andrey A. Blokhin*  
Reproductive and respiratory syndrome of pigs in pig breeding enterprises (review)..... 600
- Vladimir V. Volodin, Anatoly A. Shubakov, Svetlana O. Volodina, Nina N. Shergina, Raif G. Vasilov*  
Trends in the development of methods of disposal of bark and bark-wood waste of long-term storage (review)... 611

### ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

#### PLANT GROWING

- Svetlana E. Skatova, Anatoly M. Tyslenko, Denis V. Zuev, Andrey G. Lachin, Stanislav I. Grib, Victor N. Bushtevich*  
The new variety of spring triticale Slovo for the Central and Volgo-Vyatka regions of the Russian Federation..... 633
- Aleksey S. Popov, Aleksander A. Sukharev, Galina V. Ovsyannikova*  
Influence of sowing dates and seeding rates on productivity and grain quality of the Univer winter bread wheat variety..... 641
- Natalia A. Nabatova, Elena I. Utkina, Elena S. Parfenova, Marina G. Shamova, Ekaterina A. Psareva, Maria N. Zhukova*  
Comparative analysis of winter rye varieties by ecological stability in the conditions of Kirov region..... 655
- Ivan A. Kuzemkin, Tatiana A. Rozhmina*  
Screening of accessions from fiber flax collection by productivity and their adaptability to the conditions of the North-West region of Russia..... 666
- Eugenia V. Popova, Ekaterina G. Arzamasova, Irina V. Shihova*  
Quality of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) seeds of Snezhok variety..... 675
- Batuch M. Guseynova, Magomed D. Abdulgamidov*  
Agronomic characters and commodity and consumer qualities of new varieties and hybrid forms of cherries in the conditions of Dagestan..... 685

#### PLANT PROTECTION

- Aleksey A. Shamanin, Marina N. Berim*  
Results of monitoring winged aphids (Hemiptera: Aphididae) on potato plantations in the conditions of the Northern region of Russia..... 697
- Olga A. Zhuikova, Galina A. Batalova*  
Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region..... 706
- Ludmila I. Pimokhova, German L. Yagovenko, Zhanna V. Tsarapneva, Nadezhda V. Misnikova*  
A fungicide dresser against fungal phyto-pathogens of narrow-leaf lupin..... 714

#### ZOOTECHNY

- Munira K. Gainullina, Anna V. Kuznetsova, Evgeniy E. Kurenkov*  
The effect of the biologically active additive betaine-aldehyde on the meat productivity of quails..... 724

#### MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

- Petr A. Savinykh, Nikolaj V. Turubanov*  
The influence of changes in the technological parameters of the feed mixer on its performance..... 732

#### ECONOMY

- Daria M. Cherepanova, Yuliya N. Nikulina, Renata G. Yanbykh*  
Assessment of the level of state support for the agrarian sector in Russia and the European Union..... 740

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.587-599>

УДК 615.244:636.2.034



## Пул жёлчных кислот, его предикторные функции и влияние на патологии гепатобилиарной системы (обзор)

© 2022. Ю. Е. Кузнецов, А. М. Лунегов, В. С. Понамарёв<sup>✉</sup>, Е. Б. Ромашова  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Создание высокоэффективной модели диагностики заболеваний печени различного генеза (в т. ч. в субклинических формах) у животных является одной из актуальнейших проблем ветеринарной науки. В настоящее время имеется потребность в создании более специфических, нежели «классических», тестов для четкой дифференциации различных патологий гепатобилиарной системы, в том числе тех, которые характеризуются отсутствием патогномоничных клинических или лабораторных признаков. Одним из крайне перспективных предикторов подобных патологий являются жёлчные кислоты (ЖК) и их пул. Основная цель исследования – поиск и анализ информации из научных публикаций, посвященных изучению пула жёлчных кислот у различных животных, его изменению при различных патологиях гепатобилиарной системы и диагностической ценности. На английском и русском языках в соответствии с рекомендациями Х. Снайдер в библиографических базах (Elibrary, Pubmed, Scopus(Elsevier), Web of Science (Clarivate)) был осуществлён поиск тематических публикаций по ключевым словам с дальнейшим выделением наиболее цитируемых. Статьи, опубликованные ранее 2015 года, использовались только в случае наличия в них критически важной для раскрытия темы информации, не встречающейся в более поздних публикациях. Исходя из результатов анализа литературы, можно заключить, что на синтез и метаболизм ЖК влияют заболевания печени. Поэтому ЖК по отдельности и их пул изучают и используют в качестве диагностических и прогностических маркеров. Однако еще не выяснено, как этиология заболеваний печени влияет на состав ЖК. Также следует обратить внимание, что у разных животных наблюдаются различия в пуле ЖК, и в характере их метаболизма. Это свидетельствует о различиях в специфичности, аффинности и активности ферментов, участвующих в синтезе ЖК. Таким образом, и ЖК влияют на этиопатогенез заболеваний гепатобилиарной системы уникально для каждого вида животных и, наоборот, этиопатогенетические факторы изменяют пул ЖК в зависимости от индивидуальных особенностей вида.*

**Ключевые слова:** жёлчные кислоты, энтерогепатическая циркуляция, гидрофильно-гидрофобный индекс, количественное соотношение

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-26-00158 (<https://rscf.ru/project/22-26-00158/>)

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кузнецов Ю. Е., Лунегов А. М., Понамарёв В. С., Ромашова Е. Б. Пул жёлчных кислот, его предикторные функции и влияние на патологии гепатобилиарной системы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):587-599. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.587-599>

Поступила: 06.07.2022 Принята к публикации: 22.09.2022 Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Pool of bile acids, its predictor functions and influence on the pathology of the hepatobiliary system (review)

© 2022. Yury E. Kuznetsov, Alexander M. Lunegov, Vladimir S. Ponomarev<sup>✉</sup>,  
Elizabeth B. Romashova

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russian Federation

*The creation of a highly effective model for diagnosing liver diseases of various genesis (including subclinical forms) in animals is one of the most urgent problems of veterinary science. Currently, there is a need to create more specific than "classical" tests for a clear differentiation of various pathologies of the hepatobiliary system, including diseases characterized by the absence of pathognomonic clinical or laboratory signs. One of the extremely promising predictors of such pathologies is bile acids (BA) and their pool. The main goal of the study is to search and analyze information from scientific publications dedicated to the study of the BA's pool in various animal species, its changes in various pathologies of the hepatobiliary system and its diagnostic value. In English and Russian, in accordance with the recommendations of H. Snyder, various bibliographic databases (Elibrary, Pubmed, Scopus (Elsevier), Web of Science (Clarivate)) were searched for thematic publications by keywords with further highlighting the most cited ones. Articles published before 2015 were used only if they contained information critical*

to the better understanding of the topic, or it was not found in later publications. Based on the literature analysis, it can be concluded that liver diseases affect the synthesis and metabolism of bile acids. Therefore, BAs separately and their pool are studied and utilized as diagnostic and prognostic markers. However, it is not yet clear how the etiology of liver diseases affects the composition of bile acids. It should also be noted that in different animals there are differences in the BA pool, as well as in the details of their metabolism. This indicates differences in the specificity, affinity, and activity of enzymes involved in BA synthesis. Thus, BAs also affect the etiopathogenesis of diseases of the hepatobiliary system differently for each animal species, and, conversely, etiopathogenetic factors change the pool of BAs depending on the individual characteristics of the species.

**Keywords:** bile acids, enterohepatic circulation, hydrophilic-hydrophobic index, quantitative ratio

**Acknowledgements:** the study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 22-26-00158, (<https://rscf.ru/project/22-26-00158/>).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors declared no conflict of interest.

**For citations:** Kuznetsov Yu. E., Lunegov A. M., Ponamarev V. S., Romashova E. B. Pool of bile acids, its predictor functions and influence on the pathology of the hepatobiliary system. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):587-599. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.587-599>

Received: 06.07.2022

Accepted for publication: 22.09.2022

Published online: 26.10.2022

Пул жёлчных кислот – это общее количество жёлчных кислот (ЖК), которые перемещаются по энтерогепатическому циклу (к нему относятся печень, жёлчные протоки и жёлчный пузырь, а также кишечник). Кислоты по организму распределяются следующим образом: ~1 % в печени; ~85-90 % в кишечнике; ~10-15 % в жёлчном пузыре. При этом ЖК в системном кровотоке обычно учитываются отдельно [1, 2].

Многие биохимические маркеры крови, такие как АСТ (Аспартатаминотрансфераза), АЛТ (Аланинаминотрансфераза), гамма-ГТФ (Гамма-глутамилтрансфераза) и ЩФ (щелочная фосфатаза) используются для оценки функции печени [3]. Большинство этих классических биохимических маркеров крови представляют собой ферменты, и их уровень повышается в результате повреждения клеток печени [4, 5]. Таким образом, нельзя ожидать, что эти тесты обеспечат окончательный диагноз заболевания печени. Желательна разработка более специфических тестов для четкой дифференциации различных патологий гепатобилиарной системы, в том числе тех, которые характеризуются отсутствием патогномичных клинических или лабораторных признаков.

Некоторые жёлчные кислоты (ЖК) попадают в системный кровоток, но в нормальных физиологических условиях концентрация ЖК в сыворотке значительно ниже, чем в жёлчи, благодаря эффективной экстракции при энтерогепатической циркуляции [6, 7, 8]. С другой стороны, при заболеваниях печени и кишечника изменение концентрации ЖК в сыворотке крови связано с нарушением печеночного синтеза и экстракции ЖК или изменением кишечной абсорбции. Поскольку

заболевания печени могут влиять на синтез и метаболизм ЖК, концентрацию ЖК в сыворотке крови используют в качестве прогностического и диагностического маркера некоторых гепатопатий различного этиопатогенеза [9, 10, 11]. Однако детальный метаболизм ЖК у животных с заболеваниями печени, особенно связанными с заболеваниями печени различной этиологии, еще предстоит выяснить [12, 13].

**Цель исследования** – поиск и анализ информации из научных публикаций, посвященных изучению пула жёлчных кислот у разных животных, его изменению при различных патологиях гепатобилиарной системы и диагностической ценности.

**Материал и методы.** Отбор и анализ научных публикаций был выполнен согласно рекомендациям Х. Снайдер к написанию обзорных статей [14].

На английском и русском языках в библиографических базах (Elibrary, Pubmed, Scopus (Elsevier), Web of Science (Clarivate)) был осуществлён поиск тематических публикаций по ключевым словам «жёлчные кислоты», «пул жёлчных кислот», «соотношение жёлчных кислот» с дальнейшим выделением наиболее цитируемых. Статьи, опубликованные ранее 2015 года, использовались только в случае наличия в них критически важной для раскрытия темы информации, не встречающейся в более поздних публикациях.

**Основная часть.** Общие сведения о жёлчных кислотах. Приблизительно 95 % общего пула жёлчных кислот реабсорбируется специфическими переносчиками, присутствующими в терминальном отделе подвздошной кишки, и транспортируется обратно в печень для повторной секреции в жёлчь, тем самым

завершая так называемую энтерогепатическую циркуляцию [4, 7, 15]. Таким образом поддерживается пул жёлчных кислот, обеспечивающий оптимальные концентрации этих природных детергентов в местах их действия. Неабсорбированные жёлчные кислоты (5 %) попадают в толстую кишку и либо после преобразования во вторичные жёлчные кислоты бактериями пассивно всасываются, попадая в пул, либо выводятся из организма через пищеварительную систему. Чтобы компенсировать эту потерю, печень дополнительно синтезирует жёлчные кислоты из холестерина, чтобы поддерживать размер пула [6, 10, 16].

Жёлчные кислоты в энтерогепатической системе могут быть связанными или свободными (рис. 1). Связываются ЖК, в основном

с глицином и таурином. Конъюгация ЖК с аминокислотами проходит под действием N-ацетилтрансферазы. [4, 17, 18] Связь с аминокислотами улучшает растворимость молекулы, что способствует лучшей солюбилизации липидов в тонком кишечнике. Также связанные молекулы не могут диффундировать через межклеточное пространство в жёлчных протоках и жёлчном пузыре [2, 11, 19]. Около 95 % жёлчных кислот в пуле являются связанными, а соотношение связанных с глицином и таурином жёлчных кислот равно примерно 3 к 1, и этот пул жёлчных кислот является высоко гидрофобным [20]. Это соотношение относится к большинству млекопитающих, за исключением грызунов, так как их пул обладает высокой гидрофильностью (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1 – Гидрофильно-гидрофобный индекс некоторых жёлчных кислот у млекопитающих [21]) / Table 1 – Hydrophilic-hydrophobic index of some bile acids in mammals [21]

| Жёлчная кислота /<br>Bile acids              | Гидрофильно-гидрофобный<br>индекс жёлчных кислот /<br>Hydrophilic-hydrophobic<br>bile acid index | Млекопитающие /<br>Mammals           |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| β-Хиохолевая (β-ХХК) / β-Chiocholic          | -0,60                                                                                            | Крысы / Rats                         |
| α-Мурихолевая (α-МХК) / α-Muricholic         | -0,51                                                                                            | Крысы / Rats                         |
| β-Мурихолевая (β-МХК) / β-Muricholic         | -0,40                                                                                            | Крысы / Rats                         |
| Муридезоксихолевая (МДХК) / Murideoxycholic  | -0,33                                                                                            | Крысы / Rats                         |
| Урсодезоксихолевая (УДХК) / Ursodeoxycholic  | -0,17                                                                                            | Медведи / Bears                      |
| α-Хиохолевая (α-ХХК) / α-Chiocholic          | -0,03                                                                                            | Свиньи / Pigs                        |
| Хиодезоксихолевая (ХиДХК) / Chiodeoxycholic  | +0,09                                                                                            | Свиньи / Pigs                        |
| Холевая (ХК) / Cholic                        | +0,23                                                                                            | Человек / Human                      |
| Хенодезоксихолевая (ХДХК) / Chenodeoxycholic | +0,83                                                                                            | Человек / Human                      |
| Дезоксихолевая (ДХК) / Deoxycholic           | +0,98                                                                                            | Человек, кролики /<br>Human, rabbits |
| Литохолевая (ЛХК) / Lithocholic              | +1,80                                                                                            | Человек / Human                      |

При оценке значимости концентраций жёлчных кислот, которые, в свою очередь, определяют профиль жёлчных кислот, важно понимать, что плазменные, печеночные, жёлчные, мочевые и фекальные жёлчные кислоты имеют различный состав в здоровом организме [21, 22]. Жёлчные кислоты плазмы крови в норме представляют собой баланс между мгновенным поступлением в кишечник и чистым поглощением в печени, при этом клиренс при первом прохождении составляет от 40 до 90 %, в зависимости от жёлчной кислоты. Печеночные жёлчные кислоты (в отличие от гепатоцитарных жёлчных кислот) представляют

собой баланс между поступлением неконъюгированных и конъюгированных жёлчных кислот, последующей биотрансформацией этих молекул, а также жёлчных кислот, секретруемых транспортерами в каналцы [23, 24]. Мочевые жёлчные кислоты представляют собой отфильтрованные жёлчные кислоты плюс любые жёлчные кислоты, секретруемые каналцами, за вычетом абсорбированных каналцами. Протоковая жёлчь, которую обычно анализируют, отличается от каналцевой жёлчи той долей конъюгированных и неконъюгированных жёлчных кислот, которые всасываются жёлчными протоками [25, 26, 27, 28].

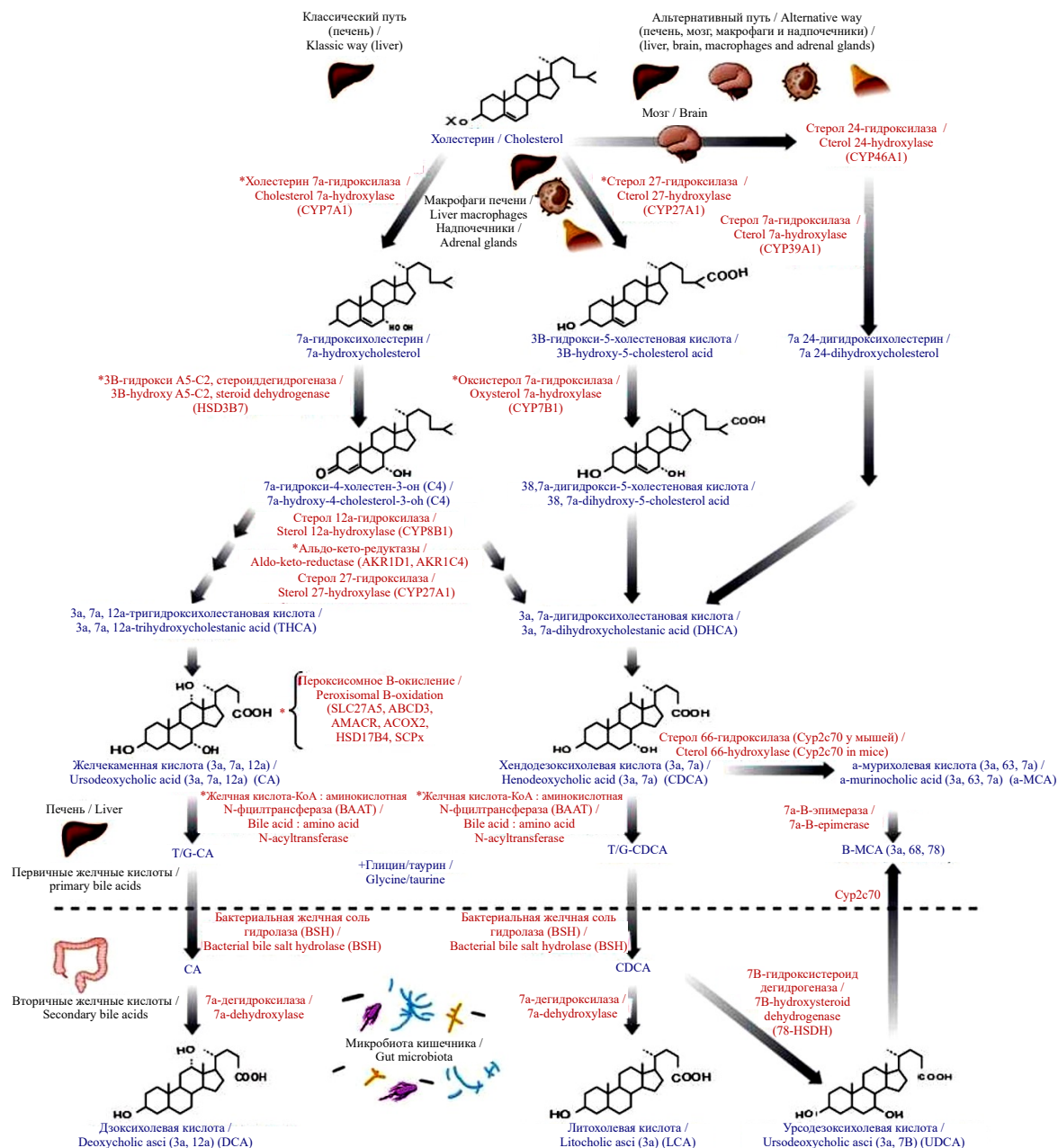


Рис. 1. Пути синтеза жёлчных кислот. В печени холестерин катаболизируется до жёлчных кислот двумя путями с участием ~17 ферментов. Классический путь синтеза жёлчных кислот инициируется CYP7A1 в печени, а альтернативный путь синтеза жёлчных кислот инициируется CYP27A1 в печени, макрофагах и надпочечниках и CYP46A1 в головном мозге. Показаны ключевые ферменты, участвующие в модификации стероидного кольца, пероксисомальном β-окислении, расщеплении боковой цепи стероида и конъюгации с жёлчными кислотами [21] /

Fig. 1. Bile acid synthesis pathways. In the liver, cholesterol is catabolized to bile acids by two pathways involving ~17 enzymes. The classic bile acid synthesis pathway is initiated by CYP7A1 in the liver, and the alternative bile acid synthesis pathway is initiated by CYP27A1 in the liver, macrophages, and adrenal glands, and CYP46A1 in the brain. Key enzymes involved in steroid ring modification, peroxisomal β-oxidation, cleavage of the steroid side chain, and bile acid conjugation are shown [21] /

Наиболее точно общий пул ЖК отражает содержимое жёлчного пузыря [29]. В толстой кишке же большинство жёлчных кислот свободны от аминокислот [30].

Пулы жёлчных кислот у животных. Пулы ЖК у животных разных видов сильно

различаются. На это необходимо обращать внимание при проведении анализов, данные исследования помогут в понимании патофизиологии болезней гепатобилиарной системы и их диагностики [4, 22, 31].

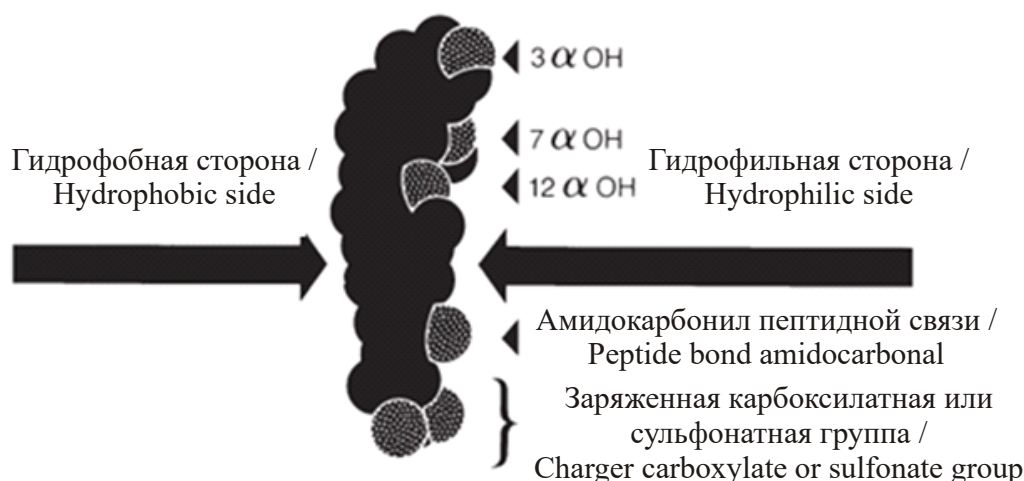


Рис. 2. Силуэт молекулы C24 конъюгированной жёлчной кислоты, подчеркивающий наличие у нее гидрофобной и гидрофильной сторон. Общие сайты гидроксирования в дополнение к структуре по умолчанию находятся в C-6, C-12 и C-16; все они находятся на гидрофильной стороне молекулы [20] /

Fig 2. Silhouette of the C24 molecule of conjugated bile acid, emphasizing the presence of its hydrophobic and hydrophilic sides. Common hydroxylation sites are by default located at C-6, C-12, and C-16; they are all located on the hydrophilic side of the molecule [20]

Увеличение размера пула жёлчных кислот или гидрофобности жёлчных кислот вызывает холестериновую жёлчнокаменную болезнь и холестатическое поражение печени. Кормление мышей холиевой кислотой увеличивает размер и гидрофобность пула жёлчных кислот и вызывает стеатоз печени и холестаз [32]. Блокирование секреции жёлчных кислот вызывает накопление жёлчных кислот в гепатоцитах и повреждение печени [33, 34]. С другой стороны, секвестранты жёлчных кислот уменьшают размер пула жёлчных кислот, стимулируют синтез жёлчных кислот и снижают уровень холестерина в сыворотке у животных с гиперхолестеринемией.

Холестаз функционально определяется нарушением оттока жёлчи, вызванным либо механической обструкцией жёлчных протоков, либо дефектами печеночных транспортеров. Во время холестаза уровни внутрипеченочных и плазменных жёлчных кислот будут увеличиваться, и только ограниченное количество жёлчных кислот достигнет кишечника для модификации кишечным микробиомом [35, 36]. Это, в сочетании с нарушением синтеза жёлчных кислот в печени, приводит к изменению состава и локализации жёлчных кислот и, следовательно, к нарушению передачи сигналов жёлчных кислот во время холестаза. Очевидно, жёлчные кислоты оказывают влияние на иммунную систему при холестазе и тем самым воздействуют на прогрессирование заболевания различными сложными путями [37, 38].

Нарушения как иммунитета, так и метаболизма жёлчных кислот проявляются при первичном билиарном холангите (ПБХ) и первичном склерозирующем холангите (ПСХ). При обоих заболеваниях сильная воспалительная реакция в жёлчных протоках вызывает прогрессирующий билиарный фиброз, приводящий к восходящему холестазу. ПБХ характеризуется преобладанием у самок, наличием антимитохондриальных антител (АМА) и поражением внутрипеченочных жёлчных протоков. ПСХ, с другой стороны, поражает как внутрипеченочные, так и внепеченочные жёлчные протоки и связан с воспалительным заболеванием кишечника у большинства животных с патологией. Как при ПБХ, так и ПСХ в портальных полях можно обнаружить возвращение клеток врожденного и адаптивного иммунитета, таких как клетки Th17 и моноциты. Было высказано предположение, что Т-клетки слизистой оболочки кишечника возвращаются в печень в ответ на экспрессию молекул, направляющих кишечник, и хемокинов в печеночных синусоидах при ПСХ, что может объяснить его связь с воспалительным заболеванием кишечника. При ПБХ количество клеток Th17 увеличивается во время прогрессирования заболевания, что приводит к высвобождению IL17, который запускает хемотаксис и гранулопоэз. При прогрессирующем фиброзе клетки Th17 будут накапливаться в печени. Клетки Treg уменьшаются в ПБХ, тогда как фолликулярные хелперные Т-клетки (Tfh), которые

управляют гуморальным иммунитетом, увеличиваются. Кроме того, врожденный иммунитет индуцируется активацией клеток Купфера, макрофагов и увеличением Т-клеток естественных киллеров (НКТ-клеток) при ПБХ, а также увеличением количества клеток Купфера и перисинусоидальных макрофагов при ПСХ. В целом активация иммунных клеток при ПБХ и ПСХ приводит к смещению иммунного баланса в сторону воспалительного фенотипа. Накопление цитотоксических, особенно гидрофобных жёлчных кислот в печени больных ПБХ и ПСХ дополнительно усугубляет иммунный ответ, способствуя развитию фиброза и, возможно, прогрессированию в злокачественное новообразование [39, 40].

В ряде исследований сообщалось о явных различиях в уровнях и составе жёлчных кислот в различных биологических образцах мышинных моделей, а также у пациентов с метаболически-ассоциированной жировой болезнью печени или стеатогепатитом. Например, конъюгированные с таурином  $\beta$ -мури-холевая кислота вместе с таурохолатом были специфически повышены в сыворотке мышей, которых кормили диетой с дефицитом метионина и холина, установленной моделью для индуцирования ожирения печени у грызунов, в то время как после добавления метионина или холина их уровни нормализовались. Общее количество циркулирующих жёлчных кислот повышено у мышей с жировой дистрофией печени, вызванной диетой, и связано со степенью фиброза. Это указывает на системное воздействие потенциально цитотоксичных видов жёлчных кислот, которые в конечном итоге могут вызвать повреждение печени и/или опосредовать патогенез заболевания [41, 42].

Было предложено несколько механизмов действия, лежащих в основе терапевтических эффектов УДХК. УДХК может ингибировать кишечную абсорбцию эндогенных гидрофобных жёлчных кислот и, таким образом, повышать гидрофильность пула жёлчных кислот. УДХК вызывает холерез путем стимуляции секреции бикарбоната холангиоцитами, восстанавливая «бикарбонатный зонтик», который защищает холангиоциты от повреждений, вызванных жёлчными кислотами. «Теория холепеченочного шунта» объясняет гиперхолестеринемию, индуцированную УДХК, внутрипеченочным путем циркуляции, при котором УДХК реабсорбируется из жёлчи билиарным эпителием и возвращается в гепа-

тоциты для повторной секреции в жёлчь, индуцируя зависимый от жёлчных кислот поток жёлчи с каждым разом. Существование этого жёлчно-печеночного шунта у животных еще не продемонстрировано. Кроме того, УДХК увеличивает экспрессию гепатобилиарных транспортеров, возможно, за счет уменьшения стресса эндоплазматического ретикула, и предположительно защищает мембраны клеток печени, включая гепатоциты [43, 44].

Пул ЖК также характеризуется соотношением ЖК друг к другу. Так у мышей пул жёлчных кислот состоит из таурохолевой кислоты (~60 %),  $\alpha$ -тауромурихоловой и  $\beta$ -тауро-мурихоловой кислот (~40 %) [1, 12, 28].

*Экспериментальные данные об изучении пула жёлчных кислот.* В экспериментальном исследовании Winston J.A. и соавторов указывается, что мыши со сверхэкспрессией к ДНК холестерол-7 $\alpha$ -гидроксилазы (ген *Cyp7a1*) имеют увеличенный пул жёлчных кислот (увеличение в 2,5 раза), состоящий в основном из таурохенодезоксихолевой кислоты (в виде её натриевой соли, до 60 %) и тауромурихоловой кислоты (40 %). Вследствие ингибирования гена *Cyp8b1* таурохолевая кислота не является доминирующей в пуле. В подвздошной и толстой кишке мышей со сверхэкспрессией *Cyp7a1* повышена тауромурихоловая кислота и снижены церамиды. Эти мыши устойчивы к ожирению, вызванному диетой, вероятно, из-за активации печеночного фарнезоидного X-рецептора (FXR) с помощью таурохенодезоксихолевой кислоты для ингибирования липогенеза и противодействия кишечному FXR с помощью тауромурихоловой кислоты для снижения синтеза церамидов [1, 45, 46].

С другой стороны, мыши, не имеющие гена *Cyp7a1*, выведенные с чистым генетическим фоном C57BL/6J, имеют уменьшенный размер пула жёлчных кислот (примерно 60 % от дикого типа) с более гидрофильным пулом жёлчных кислот, содержащим уменьшенное количество таурохолевой кислоты, но увеличенное содержание тауромурихоловой. У мышей без гена *Cyp8b1* экспрессия *Cyp7a1* увеличивается, чтобы расширить размер пула жёлчных кислот с увеличением количества тауро-мурихоловой кислоты. Такие мыши устойчивы к рациону с высоким содержанием жиров, который индуцирует стеатоз печени. У мышей без гена *Cyp7b1* размер и состав пула жёлчных кислот в норме, но с дополнительным накоплением 25- и 27-гидроксихолестеролов [1, 47].

Таким образом, наличие двух путей синтеза жёлчных кислот важно для переключения между двумя путями для получения достаточного размера пула жёлчных кислот, хотя состав жёлчных кислот может быть изменен, что влияет на метаболизм в печени [1, 2, 48].

Среди остальных животных известно содержание ЖК в сыворотке крови у собак, коров и лошадей –  $2,45 \pm 2,34$  мкмоль/л,  $93,44 \pm 15,48$  и  $3,64 \pm 0,96$  мкмоль/л соответственно [4, 21].

У собак обнаружено 15 жёлчных кислот: холевая, хенодезоксихолевая, дезоксихолевая, гликохолевая, гликохенодезоксихолевая, гликодезоксихолевая, гликолитохолевая, гликоурсодезоксихолевая, литохолевая, таурохолевая, таурохенодезоксихолевая, тауродезоксихолевая, тауролитохолевая, тауроурсодезоксихолевая и урсодезоксихолевая [8, 31]. Таурохолевая, таурохенодезоксихолевая и тауродезоксихолевая кислоты регистрируются у всех собак. Остальные же могут отсутствовать. Данные три основные ЖК составляют следующее соотношение в жёлчном пузыре и сыворотке крови: таурохолевая 72,8 % (55,1 %); тауродезоксихолевая – 20,3 % (26,2 %); таурохенодезоксихолевая – 6,2 % (1,3 %) [4, 8, 24]. Первичные ЖК относятся к вторичным как 7:3, а соотношение холевой к хенодезоксихолевой равно 4:7. ЖК, связанные с таурином, составили 94,4 % от общего количества, ЖК, связанных с глицином, не было обнаружено в сыворотке крови, но небольшое их количество находится в жёлчном пузыре. У собак высокое содержание холевой кислоты обусловлено низкой степенью превращения холестерина в 26-гидрохолестерин, а активность 12 $\alpha$ -гидроксилазы всегда находится на высоком уровне. У собак в отличие от других видов животных N-ацетилтрансфераза имеет большую аффинность к таурину, чем к глицину [4, 49].

Две основные жёлчные кислоты у собак, холевая и хенодезоксихолевая, синтезируются из холестерина и конъюгируются с таурином или глицином в печени. После того, как собака принимает пищу, эти жёлчные кислоты высвобождаются из жёлчного пузыря в кишечник, где конъюгированные первичные жёлчные кислоты деконъюгируются и превращаются во вторичные жёлчные кислоты (дезоксихолевая, урсодезоксихолевая (иногда относится к третичным по классификации) и литохолевая) кишечной микробиоты [3, 12, 49].

Авторы одного исследования обнаружили, что жёлчные кислоты (таурохенодезоксихолевая и дезоксихолевая) стимулируют эпителиальные клетки жёлчного пузыря собак к ускорению секреции муцина. [9, 39, 43]. Englert E. с соавторами сообщают, что гиперсекреция слизи из эпителия жёлчного пузыря связана с увеличением концентрации неконъюгированных жёлчных кислот в жёлчном пузыре у собак с экспериментально индуцированными камнями в жёлчном пузыре [10, 37]. Кроме того, концентрации неконъюгированной хенодезоксихолевой кислоты и дезоксихолевой в жёлчном пузыре повышены у собак с экспериментально индуцированным гипердренокортицизмом, что считается одним из факторов риска развития мукоцеле жёлчного пузыря (МЖП) [8, 11].

В работе T. Kakimoto [8] исследовали содержимое жёлчного пузыря 57 собак: 18 – мукоцеле жёлчного пузыря (МЖП); 8 – с немобильным билиарным сладжем (н-БС); 17 – с мобильным билиарным сладжем (м-БС); 14 – здоровых собак (контрольная группа). Исследователи наблюдали за изменениями пула ЖК в содержимом жёлчного пузыря. Соотношения состава жёлчных кислот для каждой группы были суммированы (табл. 3 и 4).

Концентрации гликодезоксихолевой, гликохенодезоксихолевой, гликолитохолевой и литохолевой кислот были меньше нижнего предела обнаружения у всех собак или были выявлены у менее 3 собак в каждой группе. Концентрации большинства жёлчных кислот в группе МЖП были значительно ниже, чем концентрации в контрольной и м-БС. Концентрации таурохенодезоксихолевой, тауродезоксихолевой, тауролитохолевой и урсодезоксихолевой кислот были значительно ниже в группе н-БС, чем в контрольной [8].

Композиционное соотношение тауроурсодезоксихолевой кислоты в группе МЖП было значительно выше, чем в контрольной и м-БС группах, в группе н-БС, чем в контрольной. Фракция урсодезоксихолевой кислоты была значительно ниже в группах м-БС, н-БС и МЖП по сравнению с фракцией в контрольной группе. Композиционные соотношения гликохолевой, холевой и тауролитохолевой кислот в группе МЖП были значительно ниже, чем в контроле и м-БС. Фракция гликохолевой кислоты в группе н-БС была достоверно ниже по сравнению с фракцией в контрольной группе, а фракция тауролитохолевой кислоты досто-

верно ниже, чем в контроле и м-БС группе. Композиционные соотношения таурохолевой кислоты были значительно выше в группе н-БС, чем в контрольной группе, тогда как соотношение таурохенодезоксихолевой кислоты

в группе н-БС было значительно ниже, чем соотношение в контрольной. Композиционные соотношения для тауродезоксихолевой кислоты в группах н-БС и МЖП были значительно ниже, чем в контрольной и м-БС группах [8].

Таблица 3 – Концентрация жёлчных кислот (ммоль/л) в содержимом жёлчного пузыря 4 групп собак /  
Table 3 – Concentration of bile acids (mmol/l) in the contents of the gallbladder of 4 groups of dogs

| Жёлчная кислота* /<br>Bile acids               | Контроль /<br>Control | м-БС /<br>m-BS        | н-БС /<br>i-BS       | МЖП /<br>GBM        |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| GUDCA                                          | 0 (0-0,20)            | 0 (0-0,20)            | 0 (0-0,21)           | 0 (0-0,30)          |
| TUDCA                                          | 0,35 (0,10-0,80)      | 0,40 (0,10-0,80)      | 3,55 (0,05-21,50)    | 0,37 (0-57,00)      |
| UDCA                                           | 0,10 (0-0,20)         | 0,10 (0-0,10)         | 0 (0-0)              | 0 (0-0,20)          |
| GCA                                            | 1,55 (0-2,60)         | 2,20 (0-4,10)         | 0,25 (0-3,40)        | 0 (0-0,80)          |
| TCA                                            | 74,05 (55,70-154,00)  | 91,60 (50,80-172,50)  | 99,40 (0,43-212,10)  | 5,02 (0,03-107,20)  |
| CA                                             | 0,25 (0-3,00)         | 0,10 (0-6,70)         | 0 (0-0,40)           | 0 (0-0,02)          |
| TCDCA                                          | 16,80 (7,80-20,50)    | 13,00 (5,00-29,70)    | 6,50 (0,03-28,70)    | 1,20 (0-9,59)       |
| TDCA                                           | 31,10 (18,00-73,70)   | 36,20 (0,20-99,80)    | 0,30 (0-67,80)       | 0,03 (0-3,50)       |
| CDCA                                           | 0 (0-0)               | 0 (0-1,60)            | 0 (0-0)              | 0 (0-0,02)          |
| DCA                                            | 0 (0-0)               | 0 (0-0,40)            | 0 (0-0)              | 0 (0-0)             |
| TLCA                                           | 0,55 (0-1,50)         | 0,20 (0-4,40)         | 0 (0-1,00)           | 0 (0-0)             |
| Общие желчные<br>кислоты /<br>Total bile acids | 125,75 (85,50-229,70) | 172,60 (80,90-280,60) | 125,15 (0,96-314,00) | 11,95 (0,48-147,90) |

\*Значения выражены в виде средней величины (диапазона). Желчная кислота: GUDCA – гликоурсодезоксихолевая; TUDCA – тауроурсодезоксихолевая; UDCA – урсодезоксихолевая; GCA – гликохолевая; TCA – таурохолевая; CA – холевая; TCDCA – таурохенодезоксихолевая; TDCA – тауродезоксихолевая; CDCA – хенодезоксихолевая; DCA – дезоксихолевая; TLCA – тауролитохолевая [8] /

\*Values are expressed as mean value (range). Bile acids: GUDCA – glycooursodeoxycholic; TUDCA – taurooursodeoxycholic; UDCA – ursodeoxycholic; – glycocholic; TCA – taurocholic; CA – cholic; TCDCA – taurochenodeoxycholic; TDCA – taurodeoxycholic; CDCA – chenodeoxycholic; DCA – deoxycholic; TLCA – tauroolithocholic [8]

Таблица 4 – Композиционные соотношения жёлчных кислот (%) в содержимом жёлчного пузыря 4 групп собак /  
Table 4 – Compositional ratios of bile acids (%) in the contents of the gallbladder of 4 groups of dogs

| Жёлчная кислота* /<br>Bile acids | Контроль /<br>Control | м-БС /<br>m-BS    | н-БС /<br>i-BS    | МЖП /<br>GBM    |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| GUDCA                            | 0 (0-0,23)            | 0 (0-0,10)        | 0 (0-0,12)        | 0 (0-0,20)      |
| TUDCA                            | 0,27 (0,05-0,65)      | 0,21 (0,11-26,09) | 7,10 (0,13-14,47) | 18,78 (0-93,55) |
| UDCA                             | 0,08 (0-0,22)         | 0,04 (0-0,09)     | 0 (0-0)           | 0 (0-0,14)      |
| GCA                              | 1,13 (0-1,75)         | 1,32 (0-2,76)     | 0,15 (0-1,08)     | 0 (0-0,54)      |
| CA                               | 0,23 (0-2,43)         | 0,08 (0-3,49)     | 0 (0-35,40)       | 0 (0-0,03)      |
| CDCA                             | 0 (0-0)               | 0 (0-0,81)        | 0 (0-0)           | 0 (0-0,02)      |
| DCA                              | 0 (0-0)               | 0 (0-0,23)        | 0 (0-0)           | 0 (0-0)         |
| TLCA                             | 0,49 (0-1,24)         | 0,24 (0-1,81)     | 0 (0-0,32)        | 0 (0-0)         |

\* Название кислот см. в табл. 3

Композиционные соотношения вторичных гидрофобных жёлчных кислот, таких как тауродезоксихолевая и тауролитохолевая, были значительно ниже в группах МЖП и н-БС, чем в контрольной и м-БС. Более низкое композиционное соотношение тауродезоксихолевой кислоты, которая является одной из основных жёлчных кислот у собак, было особенно примечательно. Тауродезоксихоливая кислота представляет собой конъюгированную с таурином форму дезоксихолевой кислоты, которая вырабатывается кишечной микробиотой из холевой кислоты и составляет 20,3 % от общего количества жёлчных кислот в жёлчном пузыре здоровых собак. Эффект низкой концентрации тауродезоксихолевой кислоты на патогенез МЖП не ясен. Жёлчные кислоты действуют как сигнальные молекулы, контролирующие секрецию жидкости в просвет жёлчного пузыря [8].

Эти результаты позволили авторам предположить, что снижение фракций вторичных жёлчных кислот, таких как тауродезоксихолевая, тауролитохолевая и урсодезоксихолевая, в жёлчном пузыре собак с МЖП и неподвижным билиарным сладжем может быть связано с холестазом [8, 50].

В исследовании концентрации некоторых жёлчных кислот, в том числе гликохолевой, холевой, таурохолевой и таурохенодезоксихолевой, были значительно ниже в группе МЖП по сравнению с концентрациями в контрольной группе и м-БС. Как упоминалось ранее, избыточная секреция и накопление муцина является одной из наиболее заметных особенностей МЖП, и муцин играет роль в защите эпителия жёлчного пузыря от воздействия жёлчной кислоты в просвете. Низкие концентрации жёлчных кислот в группе МЖП могли быть связаны с эффектом разбавления муцина. Эти результаты свидетельствуют о том, что маловероятно, что стенка жёлчного пузыря подвергалась воздействию концентрированных жёлчных кислот в случаях МЖП, а изменения концентрации жёлчных кислот в группе МЖП считались вторичными признаками [8, 51].

Высокие композиционные отношения таурохолевой кислоты и низкие композиционные соотношения таурохенодезоксихолевой были обнаружены н-БС по сравнению с результатами в контрольной группе. Композиционные соотношения тауроурсодезоксихолевой кислоты были выше в группах МЖП и н-БС [8, 19, 26].

У крупного рогатого скота (КРС) обнаружили 11 ЖК: таурохолевую, гликохолевую, холевую, таурохенодезоксихолевую, гликохенодезоксихолевую, тауродезоксихолевую, гликодезоксихолевую, хенодезоксихолевую, дезоксихолевую, тауролитохолевую и гликолитохолевую. Основными ЖК являются: холевая 41,4 %, таурохолевая 21,6 % и гликохолевая 20,5 %. Соотношение холевой и хенодезоксихолевой кислот равно 26:1. Несвязанные ЖК составляют 44,7 % от общего числа [4, 41, 50].

У лошадей обнаружили 5 ЖК: таурохолевую, урсодезоксихолевую, холевую, таурохенодезоксихолевую и гликохенодезоксихолевую. Основными ЖК являются: таурохенодезоксихолевая 61,4 %, таурохолевая 23,9 % и гликохенодезоксихолевая 7,0 %. Соотношение холевой и хенодезоксихолевой кислот равно 1:3. Преобладают ЖК, связанные с таурином (85,3 %) [4, 25, 39].

Также у КРС и лошадей были зарегистрированы несколько не идентифицированных ЖК, которые могут быть алобилиарными кислотами, изомерами обычных ЖК [4, 10].

Особый интерес представляет изменение пула жёлчных кислот в зависимости от половых циклов. На примере крупного рогатого скота было показано, что холевая кислота и гликохолевая являются доминирующими ЖК в фолликулярной жидкости независимо от стадии цикла эструса. Профиль различных подвидов ЖК в крови, собранной во время сеансов сбора яйцеклеток, показал аналогичные значения по сравнению с таковыми в крови, собранной во время физиологических циклов эструса. Наибольшие количества были определены для холевой кислоты и ее аминокислотных конъюгатов. Более того, хенодезоксихолевая кислота имела наименьшую концентрацию в фолликулярной жидкости в течение всего полового цикла [12, 52].

**Заключение.** Исходя из описанных выше данных, можно заключить, что на синтез и метаболизм ЖК влияют заболевания печени. Поэтому ЖК по отдельности и их пул изучают и используют в качестве диагностических и прогностических маркеров. Однако еще не выяснено, как этиология заболеваний печени влияет на состав ЖК.

У разных животных наблюдаются различия в пуле ЖК, а также в характере их метаболизма. Это свидетельствует о различиях в специфичности, аффинности и активности ферментов, участвующих в синтезе ЖК. Таким образом, и ЖК влияют на этиопатогенез забо-

леваний гепатобилиарной системы уникально для каждого вида животных, и, наоборот, этиопатогенетические факторы изменяют пул ЖК в зависимости от индивидуальных особенностей вида.

Исследование пула ЖК на лабораторных животных, которых использовали в качестве экспериментальных моделей, поможет ученым грамотно спроецировать полученные результаты на другие виды животных.

### References

1. Winston J. A., Rivera A., Cai J., Patterson A. D., Theriot C. M. Secondary bile acid ursodeoxycholic acid alters weight, the gut microbiota, and the bile acid pool in conventional mice. *PLoS One*. 2021;16(2):e0246161. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246161>
2. Кузнецов Ю. Е., Лунегов А. М., Понамарев В. С., Ромашова Е. Б. Жёлчные кислоты как диагностический показатель состояния гомеостаза: систематический описательный анализ. *Международный вестник ветеринарии*. 2022;(1):52-56. DOI: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.52>
3. Kuznetsov Yu. E., Lunegov A. M., Ponomarev V. S., Romashova E. B. Bile acids as a diagnostic indicator of the state of homeostasis: a systematic descriptive analysis. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine. 2022;(1):52-56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.52>
4. Li J., Dawson P. A. Animal models to study bile acid metabolism. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*. 2019;1865(5):895-911. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2018.05.011>
5. Washizu T., Tomoda I., Kaneko J. J. Serum bile acid composition of the dog, cow, horse and human. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 1991;53(1):81-86. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.53.81>
6. Watanabe M., Horai Y., Houten S. M., Morimoto K., Sugizaki T., Arita E., Matakai C., Sato H., Tanigawara Y., Schoonjans K., Itoh H., Auwerx J. Lowering bile acid pool size with a synthetic farnesoid X receptor (FXR) agonist induces obesity and diabetes through reduced energy expenditure. *The Journal of biological chemistry*. 2011;286(30):26913-26920. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.M111.248203>
7. Stroeve J. H., Brufau G., Stellaard F., Gonzalez F. J., Staels B., Kuipers F. Intestinal FXR-mediated FGF15 production contributes to diurnal control of hepatic bile acid synthesis in mice. *Lab Invest*. 2010;90(10):1457-1467. DOI: <https://doi.org/10.1038/labinvest.2010.107>
8. Watanabe M., Houten S. M., Matakai C., Christoffolete M. A., Kim B. W., Sato H., Messaddeq N., Harney J. W., Ezaki O., Kodama T., Schoonjans K., Bianco A. C., Auwerx J. Bile acids induce energy expenditure by promoting intracellular thyroid hormone activation. *Nature*. 2006;439(7075):484-489. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature04330>
9. Kakimoto T., Kanemoto H., Fukushima K., Ohno K., Tsujimoto H. Bile acid composition of gallbladder contents in dogs with gallbladder mucocele and biliary sludge. *American Journal of Veterinary Research*. 2017;78(2):223-229. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.78.2.223>
10. Klinkspoor J. H., Kuver R., Savard C. E., Oda D., Azzouz H., Tytgat G. N. J., Groen A. K., Lee S. P. Model bile and bile salts accelerate mucin secretion by cultured dog gallbladder epithelial cells. *Gastroenterology*. 1995;109:264-274. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(95\)90293-7](https://doi.org/10.1016/0016-5085(95)90293-7)
11. Englert E., Harman C. G., Freston J. W., Straight R. C., Wales E. E. Studies on the pathogenesis of diet-induced dog gallstones. *Am J Dig Dis*. 1977;22:305-314. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01072187>
12. Suga T., Yamaguchi H., Ogura J., Shoji S., Maekawa M., Mano N. Altered bile acid composition and disposition in a mouse model of non-alcoholic steatohepatitis. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2019;379:114664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.114664>
13. Blaschka C., Sánchez-Guijo A., Wudy S. A., Wrenzycki C. Profile of bile acid subspecies is similar in blood and follicular fluid of cattle. *Vet Med Sci*. 2020;6(2):167-176. DOI: <https://doi.org/10.1002/vms3.217>
14. Понамарев В. С., Попова О. С. Влияние препарата «Гепатон» на реакции перекисного окисления липидов. *Международный вестник ветеринарии*. 2020;(2):112-115. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2020.2.112>
15. Ponomarev V. S., Popova O. S. The effect of the drug «Hepaton» on the reaction of lipid peroxidation. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine. 2020;(2):112-115. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2020.2.112>
16. Snyder H. Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*. 2019;104:333-339. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2019.07.039>
17. Mauriz J. L., Cuevas M. J., El-Mir M. Y., Almar M., Collado P. S., Gonzales-Gallego J. Enhancement of Bile Acid Pool Size, Synthesis and Secretion by Epomediol in the Rat. *Digestive Diseases and Sciences*. 2000;45(7):1433-1438. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1005528725319>
18. Naugler W. E., Tarlow B. D., Fedorov L. M., Taylor M., Pelz C., Li B., Darnell J., Grompe M. Fibroblast Growth Factor Signaling Controls Liver Size in Mice with Humanized Livers. *Gastroenterology*. 2015;149(3):728-740.e15. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.05.043>
19. Ocvirk S., O'keefe S. J. D. Dietary fat, bile acid metabolism and colorectal cancer. *Seminars in Cancer Biology*. 2021;73:347-355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.10.003>

18. Stepanov I. S., Kalugniy I. I., Markova D. S., Yashin A. V., Prusakov A. V., Ponamarev V. S., Lunegov A. M. Development and application of new methods of correction and prevention of metabolic diseases in Holstein cattle. IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. 2021;723:022030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022030>
19. Понамарёв В. С., Андреева Н. Л., Королева Е. С., Кострова А. В. Биохимические показатели крови экспериментальных животных при лечении препаратом «Гепатон» и препаратами сравнения токсического поражения печени, вызванного дихлорэтаном. Биотехнология: взгляд в будущее: сб.тр. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет, 2020. С. 19-21.
- Ponamarev V. S., Andreeva N. L., Koroleva E. S., Kostrova A. V. Biochemical blood parameters of experimental animals in the treatment with the drug "Hepaton" and comparison drugs of toxic liver damage caused by dichloroethane. Biotechnology: a look into the future: sat.tr. Stavropol': *Stavropol'skiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet*, 2020. pp. 19-21.
20. Boesjes M., Brufau G. Metabolic effects of bile acids in the gut in health and disease. Current Medicinal Chemistry. 2014;21(24):2822-2829. DOI: <https://doi.org/10.2174/0929867321666140303142053>
21. Ferrell J. M., Chiang J. Y. L. Bile acid receptors and signaling crosstalk in the liver, gut and brain. Liver Research. 2021;5(3):105-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livres.2021.07.002>
22. Kalugniy I. I., Markova D. S., Yashin A. V., Prusakov A. V., Ponamarev V. S., Andreeva N. L. Diagnosis of hepatopathy in Holstein cattle with metabolic disorders. IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. 2021;723:022029. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022029>
23. Шило Р. С., Могилевец Э. В., Шейбак В. М., Ващенко В. В. Обоснование эффективности фотодинамической терапии экспериментального острого холангита на основании оценки аминокислотного пула плазмы крови. Здравоохранение (Минск). 2021;(9(894)):43-49.
- Shilo R. S., Mogilevets E. V., Sheybak V. M., Vashchenko V. V. Providing the efficiency of the photodynamic therapy in experimental acute cholangitis on the basis of the estimation of the amino acid pool in blood plasma. *Zdravookhranenie (Minsk) = Healthcare*. 2021;(9(894)):43-49. (In Belarus).
24. Понамарев В. С. Изучение эмбриотоксического и тератогенного действия препарата «Гепатон». Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы XIII Международ. научн.-практ. конф. молодых ученых. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. С. 85-86.
- Ponamarev V. S. Study of the embryotoxic and teratogenic effects of the drug "Hepaton". Innovative trends in the development of Russian science: Proceedings of the XIII International scientific and practical Conference of young scientists. Krasnoyarsk: *Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*, 2020. pp. 85-86.
25. Хавкин А. И., Волинец Г. В., Никитин Н. А. Взаимосвязь кишечного микробиома и метаболизма желчных кислот. Вопросы практической педиатрии. 2020;15(1):53-60. DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2020-1-53-60>
- Khavkin A. I., Volynets G. V., Nikitin N. A. The relationship of the gut microbiome and metabolism of bile acids. *Voprosy prakticheskoy pediatrii = Clinical Practice in Pediatrics*. 2020;15(1):53-60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2020-1-53-60>
26. Плотникова Е. Ю., Сухих А. С. Липиды: гепатопротекторы, точки приложения, фармакологические эффекты. Гастроэнтерология. Приложение к журналу Consilium Medicum. 2016;(1):5-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26211002>
- Plotnikova E. Yu., Sukhikh A. S. Lipids: hepatoprotectors, the point of application, the pharmacological effects. *Gastroenterologiya. Prilozhenie k zhurnalu Consilium Medicum*. 2016;(1):5-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26211002>
27. Вахрушев Я. М., Лукашевич А. П., Пенкина И. А., Сучкова Е. В. Сравнительный анализ спектра желчных кислот при неалкогольной жировой болезни печени и желчнокаменной болезни. Терапевтический архив. 2019;91(2):48-51. DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.02.000105>
- Vakhrushev Ya. M., Lukashevich A. P., Penkina I. A., Suchkova E. V. Comparative analysis of bile acid spectrum in non-alcoholic fatty liver disease and cholelithiasis. *Terapevticheskiy arkhiv = Therapeutic archive*. 2019;91(2):48-51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.02.000105>
28. Anselm V., Novikova S., Zgoda V. Re-adaption on earth after spaceflights affects the mouse liver proteome. International Journal of Molecular Sciences. 2017;18(8):1763. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18081763>
29. Веремеева С. А., Козлова С. В., Краснолобова Е. П., Сидорова К. А. К вопросу о терапии при мукоцеле у собак мелких пород. Вестник КрасГАУ. 2021;(11(176)):138-143. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-138-143>
- Veremeeva S. A., Kozlova S. V., Krasnolobova E. P., Sidorova K. A. On the issue of mucocoele therapy in small breed dogs. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2021;(11(176)):138-143. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-138-143>
30. Doden H. L., Wolf P. G., Gaskins H. R., Anantharaman K., Alves J. M. P., Ridlon J. M. Completion of the gut microbial epi-bile acid pathway. Gut Microbes. 2021;13(1):1907271. DOI: <https://doi.org/10.1080/19490976.2021.1907271>

31. Natalini B., Sardella R., Gioiello A., Ianni F., Di Michele A., Marinozzi M. Determination of bile salt critical micellization concentration on the road to drug discovery. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2014;87:62-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.06.029>
32. Буторова Л. И., Ардатская М. Д., Осадчук М. А., Дробышева А. Э., Загребина Е. А., Кадникова Н. Г., Калашникова М. А., Лукьянова Е. И., Павлова Л. Н., Плавник Р. Г., Саятина Е. В., Топчий Т. Б., Трунова С. Н., Туаева Е. М., Шустова Н. Ю. Сравнительная эффективность препаратов урсодезоксихолевой кислоты в лечении билиарного сладжа. *Терапевтический архив*. 2020;92(8):60-65. DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2020.08.000700>
- Butorova L. I., Ardatskaya M. D., Osadchuk M. A., Drobysheva A. E., Zagrebina E. A., Kadnikova N. G., Kalashnikova M. A., Luk'yanova E. I., Pavlova L. N., Plavnik R. G., Sayutina E. V., Topchiy T. B., Trunova S. N., Tuaeva E. M., Shustova N. Yu. Comparative effectiveness of ursodeoxycholic acid preparations in the treatment of biliary sludge. *Terapevticheskiy arkhiv* = Therapeutic archive. 2020;92(8):60-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2020.08.000700>
33. Ponamarev V., Popova O., Baryshev V. The new in the enteral dysbiosis correction intensified by heavy metals and mycotoxins. *FASEB Journal*. 2022;36(S1):3059. DOI: <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3059>
34. Horodyska J., Hamill R. M., Reyer H., Trakooljul N., Lawlor P. G., McCormack U. M., Wimmers K. RNA-seq of liver from pigs divergent in feed efficiency highlights shifts in macronutrient metabolism, hepatic growth and immune response. *Frontiers in genetics*. 2019;10:117. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00117>
35. Baryshev V. A., Popova O. S., Ponamarev V. S. New methods for detoxification of heavy metals and mycotoxins in dairy cows. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 2022;12(2):81-88. DOI: <https://doi.org/10.51227/ojafr.2022.11>
36. Xu J., Li X., Zhang F., Tang L., Wei J., Lei X., Wang H., Zhang Y., Li D., Tang X., Li G., Tang S., Wu H., Yang H. Integrated UPLC-Q/TOF-MS technique and MALDI-MS to study of the efficacy of Yixinshu capsules against heart failure in a rat model. *Frontiers in Pharmacology*. 2019;10:1474. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01474>
37. Heinken A., Ravcheev D. A., Baldini F., Heirendt L., Fleming R. M. T., Thiele I. Systematic assessment of secondary bile acid metabolism in gut microbes reveals distinct metabolic capabilities in inflammatory bowel disease. *Microbiome*. 2019;7(1):75. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0689-3>
38. Berezovsky V. A., Nikula T. D., Dymnik O. B. A pool of bile acids as a regulator of human gallbladder filling. *Fiziologichnyi Zhurnal*. 1993;39(4):103-107.
39. Тюрюмин Я. Л., Шантуров В. А., Тюрюмина Е. Э. Физиология обмена холестерина (обзор). *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012;(2-1(84)):153-158. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17930145>
- Tyuryumin Ya. L., Shanturov V. A., Tyuryumina E. E. Physiology of cholesterol metabolism (the review). *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* = Acta Biomedica Scientifica. 2012;(2-1(84)):153-158. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17930145>
40. Wang C., Zhu C., Shao L., Ye Ju., Shen Yi., Ren Yu. Role of bile acids in dysbiosis and treatment of nonalcoholic fatty liver disease. *Mediators of Inflammation*. 2019;2019:7659509. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/7659509>
41. Chiang J. Y. L., Ferrell J. M. Bile acid receptors FXR and TGR5 signaling in fatty liver diseases and therapy. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2020;318(3):G554-G573. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00223.2019>
42. Chiang J. Y. L., Ferrell J. M. Bile Acids as Metabolic Regulators and Nutrient Sensors. *Annual Review of Nutrition*. 2019;39:175-200. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082018-124344>
43. Lutton C., Souidi M., Dubrac S., Parquet M. Liver sterol 27 hydroxylase in hamster: Modulation by steroids and diets. *Atherosclerosis*. 2000;151(1):318. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(00\)81450-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(00)81450-1)
44. Merlen G., Bidault-Jourdainne V., Kahale N., Glenisson M., Ursic-Bedoya J., Doignon I., Garcin I., Humbert L., Rainteau D., Tordjmann T. Hepatoprotective impact of the bile acid receptor TGR5. *Liver International*. 2020;40(5):1005-1015. DOI: <https://doi.org/10.1111/liv.14427>
45. Di Gregorio M. C., Cautela J., Galantini L. Physiology and physical chemistry of bile acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(4): 1780. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22041780>
46. Baghdasaryan A., Trauner M., Chiba P. Clinical application of transcriptional activators of bile salt transporters. *Molecular Aspects of Medicine*. 2014;37:57-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2013.12.001>
47. Попова О. С., Агафонова Л. А. Особенности метаболизма желчных кислот у рыб. *Международный вестник ветеринарии*. 2022;(1):61-65. DOI: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.61>
- Popova O. S., Agafonova L. A. Features of bile acid metabolism in fish. *Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine. 2022;(1):61-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.61>
48. Di Ciaula A., Garruti G., Baccetto R. L., Molina-Molina E., Bonfrate L., Wang D. Q-H., Portincasa P. Bile acid physiology. *Annals of hepatology*. 2018;16(S1):S4-S14. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.5493>

49. Вэнг Г., Ор Я. С., Шень Ж., Син С., Лун Ц., Дай П., Грейнджер Б., Хэ Ц. Производные жёлчных кислот в качестве агонистов FXR/TGR5 и способы их применения: пат. № 2712099 Российская Федерация. № 2017134013: заявл. 30.03.2016; опубл. 24.01.2020. Бюл. 3. 122 с.

Weng G., Or Ya. S., Shen J., Xing S., Lun C., Day P., Granger B., Khe C. Derivatives of bile acids as FXR/TGR5 agonists and methods of their application: Patent RF, no. 2712099, 2020.

50. Гриневиц В. Б., Кравчук Ю. А., Арапханова М. М., Кон В. Е., Михайлова Л. В., Ратникова А. К. Роль жёлчных кислот в многообразии механизмов формирования печеночных проявлений метаболического синдрома. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2020;183(11):20-24.

DOI: <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-183-11-20-24>

Grinevich V. B., Kravchuk Yu. A., Arapkhanova M. M., Kon V. E., Mikhailova L. V., Ratnikova A. K. The role of bile acids in the variety of mechanisms of the formation of hepatic manifestations of metabolic syndrome. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* = Experimental and Clinical Gastroenterology. 2020;183(11):20-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-183-11-20-24>

51. Ильченко А. А. Жёлчные кислоты в норме и при патологии. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2010;(4):3-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15217896>

Ilchenko A. A. Bile acids are normal and pathological. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* = Experimental and Clinical Gastroenterology. 2010;(4):3-13. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15217896>

52. Evangelakos I., Heeren J., Verkade E., Kuipers F. Role of bile acids in inflammatory liver diseases. *Semin Immunopathol.* 2021;43:577-590. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00281-021-00869-6>

#### Сведения об авторах

**Кузнецов Юрий Евгеньевич**, доктор вет. наук, доцент, доцент кафедры паразитологии имени Якимова В. Л., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Черниговская ул., 5, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9095-7049>

**Лунегов Александр Михайлович**, кандидат вет. наук, доцент, зав. кафедрой фармакологии и токсикологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Черниговская ул., 5, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4480-9488>

✉ **Понамарёв Владимир Сергеевич**, кандидат вет. наук, ассистент кафедры фармакологии и токсикологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Черниговская ул., 5, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6852-3110>, e-mail: [psevdopyos@mail.ru](mailto:psevdopyos@mail.ru)

**Ромашова Елизавета Борисовна**, аспирант кафедры паразитологии имени Якимова В. Л., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Черниговская ул., 5, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0443-4079>

#### Information about the authors

**Yury E. Kuznetsov**, DSc in Veterinary Science, associate professor, associate professor at the Department of Parasitology named after Yakimov V. L., St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernihiv St., 5, Saint-Petersburg, Russian Federation, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9095-7049>

**Alexander M. Lunegov**, PhD in Veterinary Science, associate professor, Head of the Department of Pharmacology and Toxicology, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernihiv St., 5, Saint-Petersburg, Russian Federation, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4480-9488>

✉ **Vladimir S. Ponomarev**, PhD in Veterinary Science, teaching assistant at the Department of Pharmacology and Toxicology, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernihiv St., 5, Saint-Petersburg, Russian Federation, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6852-3110>, e-mail: [psevdopyos@mail.ru](mailto:psevdopyos@mail.ru)

**Elizabeth B. Romashova**, post-graduate student at the Department of Parasitology named after Yakimov V. L., St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernihiv St., 5, Saint-Petersburg, Russian Federation, 196084, e-mail: [secretary@spbguv.ru](mailto:secretary@spbguv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0443-4079>

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Репродуктивно-респираторный синдром свиней в свиноводческих предприятиях (обзор)

© 2022. А. А. Глазунова<sup>1</sup>✉, Е. В. Корогодина<sup>1</sup>, Т. А. Севских<sup>1</sup>,  
Е. А. Краснова<sup>1</sup>, С. А. Кукушкин<sup>2</sup>, А. А. Блохин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», Владимирская обл., пос. Вольгинский, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ООО «Берингер Ингельхайм», г. Москва, Российская Федерация

Репродуктивно-респираторный синдром свиней (РРСС) вызывает существенные экономические потери в свиноводстве во многих странах мира. Вирус высококонтагиозен и распространяется как аэрозольно, так и со всеми биологическими выделениями, а само заболевание характеризуется лихорадкой, снижением веса и абортацией плодов. Данная болезнь свиней является относительно новой. Первые клинические признаки были описаны в 1986, а в 1991 году был выделен возбудитель. Главными проблемами, препятствующими борьбе с вирусом, в настоящее время остаются: недостаточная эффективность существующих вакцин, высокая генетическая изменчивость возбудителя, способность вируса РРСС подавлять иммунную систему хозяина и длительное вирусоносительство у переболевших животных. В обзоре по репродуктивно-респираторному синдрому свиней представлены данные о генетическом разнообразии штаммов вируса, различающихся по степени вирулентности и патогенности, источниках инфекции и путях передачи вируса. Также в статье собраны данные по распространению РРСС в мире и России. Отмечается, что болезнь регистрировалась во многих странах-производителях свиней, где после фазы активного распространения заболевание становилось эндемичным. В 2021 году, по данным Международного Эпизоотического Бюро (МЭБ), вспышки вируса РРСС были выявлены у домашних свиней в Эквадоре, Уругвае, Непале, Китае, Бахрейне, Швейцарии и Украине, а также у кабанов в Бахрейне, Швейцарии и Украине. По опубликованным данным мониторинговых исследований, проведенных в период с 2012 по 2017 гг., на территории России выявлялись только единичные территориально ограниченные вспышки. Более ранние исследования свидетельствуют о широком распространении возбудителя РРСС на территории России. Подробно описана эффективность различных вариантов живых и инактивированных вакцин и установлено, что наиболее эффективны против РРСС живые аттенуированные вакцины. Проанализированы особенности охраны территории ряда государств (Норвегия, Швеция, Финляндия, Швейцария) от заноса возбудителя, которые к настоящему моменту остаются свободными от РРСС, а также опыт Венгрии по эрадикации заболевания. Все профилактические мероприятия в свиноводческом хозяйстве в случае выявления вируса должны включать в себя общие, ветеринарно-санитарные и специальные мероприятия. Для диагностики лучше использовать современные РТ-ПЦР тест-системы, позволяющие различать генотипы РРСС, в сочетании с серологическими тестами, а для вакцинопрофилактики необходимо выбирать зарегистрированную и разрешенную к применению вакцину, исходя из генетических характеристик циркулирующего в данной местности возбудителя.

**Ключевые слова:** РРСС, диагностика, ликвидация, вакцинация, профилактические мероприятия.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-0451-2021-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Глазунова А. А., Корогодина Е. В., Севских Т. А., Краснова Е. А., Кукушкин С. А., Блохин А. А. Репродуктивно-респираторный синдром свиней в свиноводческих предприятиях (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):600-610. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.600-610>

Поступила: 27.07.2022

Принята к публикации: 30.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Reproductive and respiratory syndrome of pigs in pig breeding enterprises (review)

© 2022. Anastasia A. Glazunova<sup>1</sup>✉, Elena V. Korogodina<sup>1</sup>, Timofey A. Sevskikh<sup>1</sup>,  
Elena A. Krasnova<sup>1</sup>, Sergey A. Kukushkin<sup>2</sup>, Andrey A. Blokhin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center for Virology and Microbiology, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation

<sup>2</sup>Boehringer Ingelheim, Moscow, Russian Federation

Porcine Reproductive Respiratory Syndrome (PRRS) causes significant economic losses in pig production around the world. The virus is highly contagious and spreads both by aerosol and with all biological secretions, and the disease itself is characterized by fever, weight loss and abortion of fetuses. This swine disease is relatively new, for the first-time clinical signs were described in 1986, and in 1991 the pathogen was isolated. The main problems hindering the fight against the virus currently remain: the insufficient effectiveness of existing vaccines, the high genetic variability of the pathogen, the ability of PRRSV to suppress the host's immune system, and long-term virus carriers in recovered animals. The review on porcine reproductive and respiratory syndrome presents data on the genetic diversity of virus strains that differ in the degree of virulence and pathogenicity,

*sources of infection and ways of transmission of the virus. The article also contains data on the spread of PRRS in the world and in Russia. It is noted that the disease has been reported in many swine-producing countries, where, after a phase of active spread, the disease became endemic. And in 2021, according to the International Epizootic Bureau (OIE), outbreaks of PRRSV were detected in domestic pigs in Ecuador, Uruguay, Nepal, China, Bahrain, Switzerland and Ukraine, as well as in wild boars in Bahrain, Switzerland and Ukraine. According to the published data of monitoring studies conducted in the period from 2012 to 2017, only single territorially limited outbreaks were detected in Russia. Earlier studies indicate a wide distribution of the PRRS pathogen in Russia. The effectiveness of various variants of live and inactivated vaccines is described in detail, and it has been established that live attenuated vaccines are most effective against PRRS. The features of the protection of the territory of a number of states (Norway, Sweden, Finland, Switzerland) from the introduction of the pathogen, which by now remain free from PRRS, as well as the experience of Hungary in the eradication of the disease, are analyzed. All preventive measures in the pig farm in case of detection of the virus should include general, veterinary-sanitary and special measures, for diagnosis it is better to use modern RT-PCR test systems that allow distinguishing PRRS genotypes, in combination with serological tests, and for vaccination choose a registered and approved vaccine based on the genetic characteristics of the pathogen circulating in the area.*

**Key words:** PRRS, diagnostics, eradication, vaccination, preventive measures

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme No. FGNM-0451-2021-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Glazunova A. A., Korogodina E. V., Sevsikh T. A., Krasnova E. A., Kukushkin S. A., Blokhin A. A. Reproductive and respiratory syndrome of pigs in pig breeding enterprises (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):600-610. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.600-610>

Received: 27.07.2022 Accepted for publication: 30.09.2022 Published online: 26.10.2022

Репродуктивно-респираторный синдром свиней (РРСС, «болезнь синего уха») является карантинным заболеванием, которое выражается нарушением репродуктивной функции у свиноматок и пневмониями различной тяжести у поросят дорастивания и откорма. Синдром вызывается РНК-вирусом рода *Betaarterivirus*, который принадлежит к семейству *Arteriviridae* отряда *Nidovirales*. Выделяют два генотипа вируса РРСС: *Betaarterivirus* 1 (PRRSV-1, референтный штамм *Lelystad*) – «европейский» и *Betaarterivirus* 2 (PRRSV-2, референтный штамм VR-2332) – «североамериканский» [1]. Геномные последовательности штаммов PRRSV-1 и PRRSV-2 идентичны примерно на 60 % [2, 3].

Болезнь приводит к гибели молодняка, недополучению мясной продукции от возрастных групп животных и ощутимым затратам на лечебные и профилактические мероприятия.

Первые клинические признаки заболевания впервые были описаны в США в 1986-1987 годах, в Европе в 1990 году в Германии. Возбудитель был выделен в Нидерландах в 1991 году в институте г. Лелистад, в честь которого и был назван первый штамм вируса. С тех пор болезнь широко распространилась во многих странах-производителях свиней, где после фазы активного распространения заболевание стало эндемичным [2].

В настоящее время РРСС – одна из самых распространенных болезней свиней в мире.

Например, в США ежегодные убытки от РРСС оцениваются в 560 миллионов долларов. Недавние масштабные эпизоотии РРСС с высокой (~20 %) смертностью привели к серьезным экономическим и санитарным потерям в Китае, затронув более 2 миллионов свиней в 25 провинциях из 34 [4]. В России, по наблюдениям специалистов компании «Boehringer Ingelheim», из-за наличия РРСС-позитивных хозяйств, объем недополученной продукции от свинины за год составляет 320028 тонн [5].

Вирус в большинстве случаев летален лишь для поросят, редко вызывая смерть у взрослых животных с сопутствующими инфекциями. Однако за счет рекомбинаций и мутаций вирус может существенно повышать летальность. Так, в 2006 году в Китае новый вариант вируса РРСС характеризовался средней летальностью в 20 % у всех возрастных групп свиней, в то время как в отдельных стадах отмечалась 100%-ная гибель поголовья без привязки к возрасту и статусу животного [6].

По последним данным отчета МЭБ (июль-декабрь 2021 года)<sup>1</sup>, вспышки вируса РРСС были выявлены у домашних свиней в Эквадоре, Уругвае, Непале, Китае, Бахрейне, Швейцарии и Украине, а также у кабанов в Бахрейне, Швейцарии и Украине. Среди домашних свиней остаются активными очаги в Китае, Эквадоре, Непале, Уругвае. За указанный период данные в МЭБ по вспышкам РРСС на территории Российской Федерации отсутствуют.

<sup>1</sup>World Organisation for Animal Health. [Электронный ресурс]. URL: <https://wahis.woah.org/#/event-management> (дата обращения: 18.02.2022).

Вирус РРСС инфицирует свиней всех половозрастных групп. Пути передачи инфекции включают в себя трансплацентарный, воздушно-капельный, с экскретами и секретами, в том числе спермой хряков [5]; чаще всего передача вируса происходит при непосредственном контакте и через выделения экскретов и секретов от больных восприимчивых животных<sup>2</sup>.

Переболевшие или бессимптомные инфицированные свиньи могут выступать переносчиками заболевания до полугода, способствуя дальнейшему распространению болезни и поддерживая его циркуляцию в стаде, что сильно усложняет реализацию борьбы с инфекцией.

На сегодняшний день вакцинопрофилактика позволяет повысить показатели воспроизводства животных, но не решает вопрос с искоренением болезни полностью. По данным проведенных мониторинговых исследований по распространению вируса РРСС, на территории России за 2012-2017 гг. при серологическом исследовании в 14 хозяйствах 10 регионов было выявлено 12,7 % серопозитивных животных, у 6,1 % свиней в крови детектировали РНК вируса методом ПЦР<sup>3</sup>.

Болезнь является высоколетальной для молодняка свиней, угнетает иммунную систему зараженных животных, типичен длительный период вирусоносительства переболевших особей. Все эти особенности заболевания обуславливают актуальность ликвидации данной инфекции в неблагополучных регионах и разработку особых мер по контролю болезни на крупных свиноводческих предприятиях и репродукторах.

**Цель работы** – изучение распространения репродуктивно-респираторного синдрома свиней на территории Российской Федерации и анализ успешного зарубежного опыта ликвидации болезни.

**Материалы и методы.** Данные по вспышкам РРСС за 2019-2021 гг. были получены из ФГБУ «Центр ветеринарии» и с сайта автоматизированной системы реестра по надзорным структурам «Цербер» Россельхознадзора. Собранный материал содержал следующие сведения: дату вспышки РРСС с указанием административного района субъекта РФ; количество неблагополучных пунктов и заболевших животных в них; данные о диаг-

ностических исследованиях и профилактических вакцинациях от РРСС в регионах за год.

С целью анализа эпизоотологических данных по заболеванию и опыта ликвидации болезни на ранее неблагополучных территориях в мире был произведен поиск литературных источников путем запроса в базах PubMed, Web of Science и Scopus по ключевым словам: вирус РРСС, распространение в мире, ликвидация, вакцинация. Дополнительные документы были найдены путем ручного поиска на порталах Россельхознадзора и в справочных правовых системах РФ.

**Основная часть. Характеристика вируса РРСС.** Вирус РРСС – один из самых мутирующих РНК-вирусов [7]. Как уже было сказано, выделяют 2 генотипа ВРРСС: тип 1 вируса РРСС изначально циркулировал в странах Европы, тип 2 – в странах Северной Америки и Юго-Восточной Азии, однако в настоящее время во всех этих регионах циркулируют оба генотипа вируса. При этом даже самые вирулентные его штаммы могут вызывать только относительно слабый гуморальный и клеточный иммунный ответ [8, 9].

Внутри основных генотипов выделяют также стабильные подтипы вируса, отличающиеся по степени вирулентности и патогенности. Так, в первом генотипе выделяют три основных подтипа, из которых подтип 2 (штамм *Bor*) и подтип 3 (штамм *Lena*) наиболее вирулентны. Внутри второго генотипа выделяют девять устойчивых подтипов [10, 11].

РРСС инфицирует все виды хозяйств, включая фермы с высоким и низким статусом биобезопасности, с экстенсивным или интенсивным видом производственной системы.

К вирусу РРСС восприимчивы домашние свиньи всех пород и возрастных групп, а также кабаны, которые могут выступать в роли источника и резервуара возбудителя инфекции [1, 12]. Однако клинические проявления этой болезни регистрируют чаще всего у свиноматок и поросят от первых дней жизни до конца дорастивания, а иногда и в период откорма. Наиболее восприимчивы к инфекции 4-8-недельные поросята, для них также характерна продолжительная виремия и более интенсивное выделение вируса в окружающую среду, чем у свиней старшего возраста [13].

<sup>2</sup>Global PRRS Solutions. [Электронный ресурс] URL: <https://www.prrs.com/#/prrs-transmission> (дата обращения: 14.02.2022).

<sup>3</sup>Булгаков А. Д. Распространенность основных вирусных респираторных инфекций в свиноводческих хозяйствах РФ. Автореферат дис. ...канд. вет. наук. М., 2018. 24 с.

URL: <https://viev.ru/dissertationnyiy-sovet/zashhita-dissertatsiy/bulgakov-aleksandr-dmitrievich-2/>

*Основные источники возбудителя.* Источником возбудителя являются больные, переболевшие или павшие от РРСС свиньи, их органы, кровь, ткани, секреты и экскреты. Основным путем передачи возбудителя является контактный, также трансмиссия может осуществляться половым, аэрогенным и трансплацентарными путями<sup>4</sup> [7, 14].

Источниками возбудителя в первую очередь являются живые инфицированные свиньи и сперма от зараженных хряков, также ими могут быть трупы павших свиней, продукты убоя, отходы, полученные при переработке сырья животного происхождения, корма, вода, почва, подстилка, навоз, инвентарь и иные материально-технические средства, контаминированные возбудителем [15].

Насекомые – комары (*Aedes vexans*) и домашние мухи (*Musca domestica*) могут служить механическими векторами вируса РРСС в течение нескольких часов (вирус не реплицируется внутри этих видов насекомых) [16].

*Статистические данные по регистрации вспышек РРСС в РФ.* На территории Российской Федерации вирус был впервые обнаружен в 1991 году в Курской области в ходе широкомасштабных мониторинговых исследований. В нашей стране в основном циркулирует вирус европейского типа [17].

По данным Реестра поднадзорных объектов «Чербер», в 2019 году заболевание регистрировалось в Орловской области (1 н. п., заболело 45 голов) и в Алтайском крае (2 н. п., заболело 32 головы). В 2020 году неблагополучный пункт был выявлен в Южном федеральном округе – в Краснодарском крае (1 н. п., заболело 3 головы).

Помимо этого, в 2020 году на территории Липецкой области в ООО «Черкизово» произошла крупная вспышка РРСС. Заболевание также регистрировалось на объектах ООО «Черкизово» в Воронежской, Тамбовской и Пензенской областях. По результатам проведенных лабораторных исследований была установлена циркуляция вируса РРСС генотипа 1 (Европейский, *Lelystad*), РРСС 1 – дикого типа и вакцинного варианта. До эпизотии вакцинировали только молодых свинок до перевода в цех осеменения. В качестве

вакцины в ООО «Черкизово» использовали вакцину Порцилис РРРС производства компании MSD (Boxmeer, Нидерланды) на основе штамма DV вируса РРСС1 [18].

В 2021 году болезнь официально регистрировали в начале года на территориях Южного федерального округа в Ростовской области (2 н. п., заболело 94 головы) и Сибирского федерального округа в Республике Хакасия (1 н. п., заболело 5 голов). В середине года был выявлен еще один очаг в Иркутской области (заболела 1 голова).

Данные официальной статистики за 2019-2021 гг. по распространению РРСС в РФ сильно контрастируют с ранее проведенными мониторинговыми исследованиями. Так, по данным ФГБУ «ВНИИЗЖ», в период с 1997 по 2007 год было исследовано 513 хозяйств из 54 субъектов Российской Федерации, из них 355 (69,2 %) хозяйств из 51 (94,4 %) региона страны являлись положительными по РРСС. По данным официальной статистики, на 2019-2021 гг. неблагополучными по РРСС являлись 11,8 % субъектов. Эти противоречия наглядно демонстрируют, что многие позитивные хозяйства и случаи вспышек остаются за пределами официальной статистики.

*Методы мониторинга РРСС.* В основе мониторинга свиноводческих хозяйств по РРСС лежит серологический скрининг. Целевыми группами для отбора проб в каждом официально зарегистрированном хозяйстве или стаде должны быть не только племенные животные (свиноматки, поросята, племенные хряки), но и свиньи на откорме. По результатам обследований хозяйства и стада получают соответствующий статус. В случае выявления в хозяйствах серопозитивных по РРСС животных на фоне отсутствия вакцинации их признают неблагополучными и в них проводятся мероприятия, изложенные в п. 4.2. ветеринарных правил. Повторный отбор проб и проведение лабораторных исследований осуществляют в течение последующих 14-21 суток<sup>5</sup>.

По данным ФГБУ «Центр ветеринарии», всего за 2021 год в России было проведено 82082 диагностических исследования свиней на РРСС (табл. 1).

<sup>4</sup>Кукушкин С. А. Разработка средств специфической профилактики репродуктивно-респираторного синдрома свиней. Автореферат дис. ... д-ра вет. наук. М., 2009. 35 с. URL: <https://new-disser.ru/avtoreferats/01004564441.pdf>

<sup>5</sup>Приказ № 625 от 26.10.2020 г. «Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов репродуктивно-респираторного синдрома свиней (РРСС). Электронный фонд правовых нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566135215> (дата обращения: 20.02.2022).

Таблица 1 – Данные по мониторинговым исследованиям и профилактической вакцинации против РРСС за 2021 год в России, гол. /

Table 1 – Data on monitoring studies and preventive vaccination against RRS for 2021 in Russia, heads

| Федеральный округ РФ /<br>Federal district of Russia | Поголовье<br>свиней на 2020 г. /<br>Number of pigs<br>for 2020 | Количество / Number                                 |                                                       |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                      |                                                                | вакцинированных<br>животных /<br>vaccinated animals | диагностических<br>исследований /<br>diagnostic tests |
| Центральный / Central                                | 13 417472                                                      | 4 730851                                            | 67781                                                 |
| Северо-Западный / Northwest                          | 2 164183                                                       | 65397                                               | 563                                                   |
| Южный / South                                        | 1 432231                                                       | 377006                                              | 7594                                                  |
| Северо-Кавказский / North-Caucasian                  | 414599                                                         | 1425                                                | 0                                                     |
| Приволжский / Privolzhsky                            | 3 963473                                                       | 809415                                              | 3486                                                  |
| Уральский / Uralsky                                  | 1 523563                                                       | 855573                                              | 2208                                                  |
| Сибирский / Siberian                                 | 2 453082                                                       | 856881                                              | 433                                                   |
| Дальневосточный / Far Eastern                        | 481544                                                         | 17521                                               | 17                                                    |

Диагноз на РРСС ставится на основании эпизоотологических, клинических, патолого-анатомических данных и результатов лабораторных исследований. Наличия одних лишь клинических признаков заболевания недостаточно для постановки диагноза, поскольку похожие респираторные и репродуктивные симптомы могут быть вызваны вирусами гриппа и парвовируса свиней, болезни Ауески и целым рядом других возбудителей. Постановка диагноза на РРСС серьезно осложняется развитием вторичных инфекций на фоне снижения иммунитета. Для проведения лабораторных исследований чаще используют цельную кровь, сыворотку крови, а также пробы легких и лимфатических узлов от больных, павших и подозреваемых в заражении животных<sup>6</sup> [19].

Одним из методов лабораторной диагностики вируса РРСС является полимеразная цепная реакция (ПЦР) с обратной транскрипцией в различных ее вариантах [20]. Данный метод может использоваться для выявления возбудителя РРСС в различных тканях и органах, сперме животных, цельной крови и сыворотке крови. Для количественной оценки вируса РРСС в пробе можно использовать метод ПЦР в реальном времени (Real-time PCR).

По действующим ветеринарным правилам от 26.10.2020 года №625 для диагностики РРСС используют серологические тесты, которые просты в постановке и обладают высокой специфичностью и чувствительностью.

По литературным данным, в качестве «золотого стандарта» в мире используют коммерческий диагностический набор ИФА «HerdCheck PRRS antibody ELISA X3» (IDEXX), позволяющий выявлять антитела к вирусу РРСС обоих генотипов [21].

В научных целях также применяют выделение вируса в культуре клеток, иммунопероксидазное окрашивание (ИПО), зараженного вирусом монослоя культуры клеток [22] и непрямой иммунофлуоресцентный анализ (метод флуоресцирующих антител, МФА) [23], основанные на специфическом связывании антител с антигенами вируса, размноженного в альвеолярных макрофагах свиней или в культуре клеток MA104. Однако эти методы довольно трудоемки и не используются в рутинной диагностике.

Следует отметить, что серологические методы диагностики могут осложняться антигенной вариабельностью штаммов, поэтому для подтверждения диагноза требуется обнаружить генетический материал возбудителя в ПЦР. При использовании живых вакцин в хозяйстве также необходимо проведение секвенирования для определения принадлежности вируса к вакцинному штамму или полевому изоляту.

При подозрении на заболевание до начала вакцинации необходимо обязательно проводить лабораторные исследования с целью подтверждения циркуляции полевого вируса РРСС в стаде [3, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

<sup>6</sup>Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс].

URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 02.03.2022).

*Иммунопрофилактика РРСС.* На сегодняшний день для иммунизации животных против РРСС в мире широко применяют различные варианты живых и инактивированных вакцин, которые безопасны с точки зрения реверсии вируса к дикому типу и передачи вакцинных штаммов невакцинированным животным. Однако их эффективность относительно живых модифицированных вакцин значительно ниже. Особо следует отметить, что ослабленные живые вакцины против РРСС способны вызывать иммунный ответ против генетически гомологичных штаммов, что может снизить экономические потери, но обеспечивать лишь частичную защиту от гетерологичных инфекционных штаммов [10, 11, 30].

Эффективность ослабленных живых вакцин обусловлена тем, что они обеспечивают развитие не только гуморального, но и клеточного иммунного ответа против вируса РРСС. Однако у живых вакцин есть и существенные недостатки. Так, после иммунизации живыми вакцинами у свиней развивается виремия и в течение нескольких недель с секретами выделяется вакцинный вирус [10, 31, 32], который может прямо или опосредованно передаваться восприимчивым невакцинированным животным. Это вызывает опасения в связи с высокой изменчивостью вируса: вакцинные штаммы способны рекомбинировать с вирулентными штаммами, что гипотетически может привести к их реверсии к вирулентному типу [10, 30, 33, 34]. При этом рекомбинации происходят как между полевым и вакцинным штаммами [33, 35, 36], так и между штаммами из разных вакцин [37, 38].

Основная проблема любой вакцины против вируса РРСС состоит в том, что она должна защищать от полевых штаммов вируса РРСС, которые демонстрируют значительное генетическое разнообразие [39]. Решением могло бы быть применение поливалентных (содержащих несколько штаммов) вакцин, но по опубликованным данным, такая поливалентная вакцина менее эффективна по сравнению с одноштаммовой. Также было отмечено появление лимфоидных гиперплазий у свиней, вакцинированных поливалентной вакциной, что вызывает опасения по поводу безопасности таких вакцин [40]. В качестве альтернативы состав вакцины следует регулярно адаптировать к фактически циркулирующим штаммам, как в случае с вакцинами против вируса гриппа, но в реальности это трудновы-

полнимо [18]. В настоящее время в Евросоюзе ЕМА (Европейское медицинское агентство) запрещено одновременное использование в одном хозяйстве/стаде нескольких живых вакцин. Вся популяция стада должна быть привита живой вакциной, произведённой только из одного вакцинного штамма.

На использование живых вакцин против РРСС существует ряд ограничений, обусловленных рисками, связанными с их применением: возможная реверсия вакцинного вируса РРСС в вирулентное состояние, дальнейшая его персистенция и экскреция во внешнюю среду, трансплацентарная передача, выделение со спермой у хряков. Поэтому применять живые аттенуированные вакцины против РРСС (независимо от их производителя и места регистрации) запрещено в негативных хозяйствах, т. е. в стадах с отсутствием циркуляции полевого вируса [9, 24]. Применение живых вакцин внутри неблагополучного хозяйства должно обязательно сопровождаться определением генотипической принадлежности вакцинного и циркулирующего в хозяйстве вируса РРСС с помощью метода секвенирования генов. При этом степень родства вакцинного и полевого вируса не коррелирует с эффективностью вакцин и не является критерием выбора той или иной вакцины в пределах одного генотипа вируса РРСС.

Оптимистично выглядят результаты использования синтетической вакцины, содержащей в себе антигены из наиболее распространенных штаммов обоих генотипов. Данная вакцина продемонстрировала наиболее высокий уровень гетерологичной защиты среди кандидатных препаратов [38]. Хотя в настоящее время подобные вакцины не нашли широкого применения в полевой практике и около 98 % всех мировых продаж вакцин против РРСС приходится на живые препараты [5].

Согласно нормативным документам и рекомендациям, профилактические мероприятия в свиноводческом хозяйстве в случае выявления вируса РРСС включают в себя общие, ветеринарно-санитарные и специальные мероприятия.

*Подходы к ликвидации вируса РРСС.* В Европе только 5 стран имеют статус свободных от вируса РРСС: Норвегия, Швеция, Финляндия, Швейцария и Венгрия. Скандинавские страны и Швейцария изначально были негативными в отношении РРСС, так как в этих странах существуют жесткие меры защиты

от заноса возбудителя. Были зарегистрированы единичные заносы вируса РРСС в Швецию, где заболевание ликвидировали путем уничтожения всех животных в первичных очагах. Венгрия сумела ликвидировать заболевание благодаря национальной программе по борьбе с РРСС, где изначально 73% стад были негативными и 27% позитивными. Европейские программы ликвидации РРСС, как правило, основаны на территориальном принципе, который успешно реализовывался, например, в Дании на протяжении многих лет [40]. Принцип этого метода состоит в следующем: поголовье на зараженной ферме ликвидируют полностью или частично, и производят повторное заселение животных в более крупных масштабах.

Данный подход также привел к успешной ликвидации заболевания в Швеции, где болезнь была впервые выявлена в рамках национальной программы эпиднадзора над РРСС в 2007 году. Немедленная мобилизация ветеринарных властей, полевых ветеринаров и свиноводов была необходимым условием для предотвращения распространения болезни. В течение 10 дней семь стад по стране были подтверждены как зараженные. Принятые в отношении инфицированных стад меры включали убой всех свиней в стаде, очистку помещений, дезинфекцию и 3-недельный карантинный период перед повторным заселением стад. Для оценки эффективности этих мер был проведен повторный национальный серологический мониторинг.

Таким образом, это, пожалуй, единственный подход, с помощью которого можно с высокой вероятностью избежать распространения заболевания и повторного инфицирования поголовья свиней, свободных от вируса РРСС [41].

Примечателен пример Венгрии, где программа ликвидации вируса РРСС, основанная на регионализации и «ферма-ориентированном» подходе, началась в 2014 году. Программу проводили в 5 регионах, где на старте программы вирусом РРСС были поражены 27,9% свиноводческих комплексов (62 комплекса), на которых содержалось 31,9% всех свиноматок (25 461 гол.). В ходе реализации программы эрадикации вируса, 33 фермы были оздоровлены методом депопуляции с последующей дезинфекцией помещений и репопуляцией здоровыми животными; 18 ферм переклЮчилились исключительно на откорм животных, без полного цикла воспроизведения; на остав-

шихся 11 фермах оздоровление было достигнуто применением вакцинации, тестирования и выемки зараженных животных. Для ликвидации заболевания использовался подход, заключавшийся в 4 последовательных действиях:

1) для откорма разрешалось использовать только свиней из ферм, достоверно свободных от РРСС;

2) после поступления нового поголовья производился карантин всего стада на 60 дней;

3) ПЦР-тест на РРСС проводили через 48 часов после поступления животных на откорм;

4) проводили выборочный серологический тест всех половозрастных групп на РРСС в конце периода карантина.

Если любой диагностический тест давал положительный результат, его повторно подтверждали другим тестом. В случае повторного положительного результата всех животных отправляли на убой в течение 15 дней. После завершения механической очистки и дезинфекции помещений проводили репопуляцию животными, здоровыми по РРСС. К концу 2019 года все действующие фермы Венгрии были оздоровлены от РРСС [38, 42].

Однако описанные приемы ликвидации оказывались действенными только в странах с низкой плотностью популяции домашних свиней и малым размером стад. В регионах с высокой плотностью свиней, крупными размерами хозяйств и эндемичностью заболевания основным методом контроля остается вакцинация в сочетании с технологическими приемами и биобезопасностью [5].

Ликвидация РРСС в масштабах страны, по сути, состоит из трех этапов: разработка, организация и проведение кампании по искоренению.

Первым подготовительным элементом является определение статуса восприимчивого поголовья во всей стране, который включает в себя получение четкой информации о локализации и поголовье стад, выявлении инфицированных животных (хозяйств, популяций), их распределении по хозяйствам различных форм собственности и типа производства (свиноводческие комплексы, КФХ, ЛПХ, откормочные, репродукторы и т. п.).

Необходимо определить местонахождение в стране крупных племенных стад свиней, инфицированных вирусом РРСС. Этот метод требует установления строгих критериев, которые бы четко определяли, какие свиньи считаются инфицированными, подозреваемыми

в заражении или свободными от вируса РРСС. На основе этих критериев необходимо сформулировать четкие требования для определения статуса крупных племенных хозяйств в отношении РРСС [5].

Важным моментом, который стоит отметить, является то, что существующие примеры успешного искоренения основаны, прежде всего, на «ферма-ориентированном» подходе. По результатам классификации хозяйств в плане определяются территории, в которых планируются мероприятия по искоренению заболевания в соответствии с общим планом. Но наряду с этим разрабатываются и отдельные планы искоренения РРСС для каждого свиноводческого хозяйства, включая крупные племенные свиноводческие фермы. Такие планы ликвидации утверждаются ветеринарной администрацией региона.

Согласно действующим правилам, в основе обследования свиноводческих хозяйств лежит серологический мониторинг. Целевыми группами должны быть не только племенные животные (свиноматки, свинки, племенные хряки), но и свиньи на откорме в каждом хозяйстве и стаде, зарегистрированном ветеринарным органом. По результатам обследований, хозяйства и стада получают соответствующий статус. В случае выявления в личных подсобных хозяйствах серологически позитивных по РРСС животных, их признают неблагополучными и проводят депопуляцию стад.

На крупных племенных свиноводческих комплексах методология искоренения РРСС может реализовываться по нескольким сценариям в зависимости от возможностей собственника и уровня инфицирования поголовья:

- полная депопуляция-репопуляция [40], изоляция хозяйства с сохранением воспроизводства и постепенной выбраковкой [28];
- систематическое тестирование и выбраковка позитивных животных и групп [24];
- ужесточение общехозяйственных и ветеринарно-санитарных норм, направленных на прерывание эпизоотической цепи [3, 40];
- вакцинация для всех или определенных половозрастных групп [31, 33].

Однако, как показывает мировая практика, самым эффективным является подход с применением полной депопуляции-репопуляции.

Метод изоляции хозяйства с постепенной депопуляцией-репопуляцией, а также ужесточения общехозяйственных и ветеринарно-санитарных норм не являются эффективными,

поскольку происходит заражение молодняка от взрослых, и это приводит к тому, что хозяйство становится стационарно неблагополучным.

Метод систематического тестирования и выбраковки, реализуемый в течение многих лет, является эффективным, если вирус РРСС, заражающий стадо, имеет низкую вирулентность и не вызывает выраженных клинических признаков. При таких условиях меры по борьбе с РРСС и иммунизация не позволяют вирусу широко циркулировать в стаде.

Сценарий искоренения РРСС, основанный на применении одной лишь вакцинации, вне зависимости от типа применяемых вакцин, в отсутствии постоянного лабораторного мониторинга и мер борьбы, базирующихся на снижении/предотвращении циркуляции и передачи полевого вируса в стаде, также имеет низкую эффективность [38].

**Закключение.** Распространение РРСС в России, согласно официальным данным, ограничено отдельными территориями. Тем не менее, новые вспышки выявляются каждый год в разных областях, что свидетельствует о более широкой циркуляции вируса в популяции домашних свиней и недостаточности применяемых мер для полной ликвидации заболевания. Особую опасность вирус представляет для крупных комплексов с полным циклом воспроизводства поголовья.

Повысить эффективность мероприятий против РРСС может использование современных РТ-ПЦР тест-систем, позволяющих различать генотипы РРСС, в сочетании с серологическими тестами для точного определения иммунного статуса стада. Информация о генотипе штамма и степени распространения инфекции в стаде поможет выбрать наиболее подходящую стратегию контроля заболевания в данном хозяйстве/области. Зараженные стада рекомендуется подвергнуть депопуляции в случае наличия необходимых условий, в первую очередь низких рисков повторного инфицирования. Важно отметить, что в настоящее время наиболее эффективны против РРСС живые аттенуированные вакцины, поэтому их дальнейшая разработка и совершенствование остаются актуальными вопросами биотехнологии.

Генетические характеристики возбудителя должны учитываться при определении статуса хозяйства и рекомендуемых к использованию вакцин. Поэтому целесообразно регулярно проводить секвенирование выделенных изолятов для подтверждения генотипа вируса в пораженных популяциях и своевременного

применения необходимых профилактических мер. Изучение генетических характеристик отечественных изолятов вируса РРСС также представляет большой научный и практиче-

ский интерес для лучшего понимания особенностей возбудителя, вызываемого им заболевания и дальнейшего совершенствования методов контроля.

### References

1. Щербаков А. В., Кукушкин С. А., Тимина А. М., Байбилов Т. З., Ковалишин В. Ф., Каньшина А. В., Бьядоевская О. П., Прохвятилова Л. Б., Ручнова О. И., Бакунов И. Н., Бабкин М. В. Мониторинг инфекционных болезней среди диких кабанов. Вопросы вирусологии. 2007;52(3):29-32.
- Shcherbakov A. V., Kutyshkin S. A., Timina A. M., Baybikov T. Z., Kovalishin V. F., Kanshina A. V., Bjyadoeskaia O. P., Prokhvatilova L. B., Ruchnova O. I., Bakunov I. N., Babkin M. V. Monitoring of infectious diseases among wild boars. *Voprosy virusologii* = Problems of Virology. 2007;52(3):29-32. (In Russ.).
2. Albina E. Epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): An overview. *Veterinary Microbiology*. 1997;55(1-4):309-316. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(96\)01322-3](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(96)01322-3)
3. Berton P., Normand V., Martineau G-P., Bouchet F., Lebret A., Waret-Szkuta A. Evaluation of porcine reproductive and respiratory syndrome stabilization protocols in 23 French farrow-to-finish farms located in a high-density swine area. *Porcine Health Manag.* 2017;(3):11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0058-1>
4. Kimmman T. G., Cornelissen L. A., Moormann R. J., Rebel J. M., Stockhofe-Zurwieden N. Challenges for porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) vaccinology. *Vaccine*. 2009;27(28):3704-3718. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.04.022>
5. Кукушкин С. А. РРСС: новые ответы на старый вызов. Животноводство России. 2022;(2):26-27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=47832579>
- Kukushkin S. A. PRRS: new answers to the old challenge. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022;(2):26-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=47832579>
6. An T. Q., Tian Z. J., Leng C. L., Peng J. M., Tong G. Z. Highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus, Asia. *Emerging infectious diseases*. 2011;17(9):1782-1784. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1709.110411>
7. Fernstrom A., Goldblatt M. Aerobiology and Its Role in the Transmission of Infectious Diseases. *J. Pathog.* 2013;2013:493960. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/493960>
8. Diaz I., Darwich L., Papaterra G., Pujols J., Mateu E. Different European-type vaccines against porcine reproductive and respiratory syndrome virus have different immunological properties and confer different protection to pigs. *Virology*. 2006;351(2): 249-259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2006.03.046>
9. Zuckermann F. A., Garcia E. A., Luque I. D., Christopher-Hennings J., Doster A., Brito M., Osorio F. Assessment of the efficacy of commercial porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) vaccines based on measurement of serologic response, frequency of gamma-IFN-producing cells and virological parameters of protection upon challenge. *Vet. Microbiol.* 2007;123(1-3): 69-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.02.009>
10. Charerntantanakul W. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Immunogenicity, efficacy and safety aspects. *World J. Virol.* 2012;1(1):23-30. DOI: <https://doi.org/10.5501/wjv.v1.i1.23>
11. Roca M., Gimeno M., Bruguera S., Segales J., Diaz I., Galindo-Cardiel I. J., Martinez E., Darwich L., Fang Y., Maldonado R., March R., Mateu E. Effects of challenge with a virulent genotype II strain of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on piglets vaccinated with an attenuated genotype I strain vaccine. *Vet. J.* 2012;193(1):92-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.11.019>
12. Horter D. C., Pogranichniy R. M., Chang C. C., Evans R. B., Yoon K. J., Zimmerman J. J. Characterisation of carrier state in porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection. *Vet. Microbiol.* 2002;86(3):213-228. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00013-5)
13. Klinge K. L., Vaughn E. M., Roof M. B., Bautista E. M., Murtaugh M. P. Age-dependent resistance to Porcine reproductive and respiratory syndrome virus replication in swine. *Virol J.* 2009;6:177. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-422X-6-177>
14. Wasilk A., Callahan J. D., Christopher-Hennings J., Gay T. A., Fang Y., Dammen M., Reos M. E., Torremorell M., Polson D., Mellencamp M., Nelson E., Nelson W. M. Detection of U.S., Lelystad, and European-Like Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Viruses and Relative Quantitation in Boar Semen and Serum Samples by Real-Time PCR. *Journal of Clinical Microbiology*. 2004;42(10):4453-4461. URL: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/JCM.42.10.4453-4461.2004>
15. Rosendal T., Dewey C., Friendship R., Wootton S., Young B., Poljak Z. Spatial and temporal patterns of porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) genotypes in Ontario, Canada, 2004-2007. *BMC Vet. Res.* 2014;10:83. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-6148-10-83>
16. Pitkin A., Deen J., Otake S., Moon R., Dee S. Further assessment of houseflies (*Musca domestica*) as vectors for the mechanical transport and transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus under field conditions. *Can J Vet Res.* 2009;73(2): 91-96. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2666325/>
17. Орлянкин Б. Г. Диагностика и специфическая профилактика репродуктивно-респираторного синдрома свиней. *Ветеринария*. 2000;(10):16-19.

Orlyankin B. G. Diagnostics and specific prevention of reproductive and respiratory syndrome of pigs. *Veterinariya* = Veterinary. 2000;(10):16-19. (In Russ.).

18. Havas K. A., Makau D. N., Shapovalov S., Tolkova E., VanderWaal K., Tkachyk T., Spronk G. D., Heron B., Dee S. A., Perez A. A Molecular and Epidemiological Description of a Severe Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Outbreak in a Commercial Swine Production System in Russia. *Viruses* 2022;14(2):375. DOI: <https://doi.org/10.3390/v14020375>

19. Botner A., Strandbygaard B., Sorensen K. J., Have P., Madsen K. G., Madsen E. S., Alexandersen S. Appearance of acute PRRS-like symptoms in sow herds after vaccination with a modified live PRRS vaccine. *Vet. Rec.* 1997;141(19):497-499. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.141.19.497>

20. Kono Y., Kanno T., Shimizu M., Yamada S., Ohashi S., Nakamine M., Shirai J. Nested PCR for detection and typing of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus in pigs. *J. Vet. Med. Sci.* 1996;58(10):941-946. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.58.10.941>

21. Sattler T., Wodak E., Revilla-Fernández S., Schmoll F. Comparison of different commercial ELISAs for detection of antibodies against porcine respiratory and reproductive syndrome virus in serum. *BMC Vet Res.* 2014;10:300. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0300-x>

22. Drew T. W., Meulenberg J. J. M., Sands J. J., Paton D. J. Production, characterization and reactivity of monoclonal antibodies to porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Gen. Virol.* 1995;76(6):1361-1369. DOI: <https://doi.org/10.1099/0022-1317-76-6-1361>

23. Nelson E., Christopher-Hennings J., Drew T., Wensvoort G., Collins J. E., Benfield D. A. A Differentiation of US and European Isolates of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by monoclonal antibodies. *J. Clin. Microbiol.* 1993;31(12):3184-3189. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.31.12.3184-3189.1993>

24. Dee S. A. Elimination of porcine reproductive and respiratory syndrome virus from 30 farms by test and removal. *J. Swine Health Prod.* 2004;12(3):129-133. URL: <https://www.aasv.org/shap/issues/v12n3/v12n3p129.pdf>

25. Hanada K., Suzuki Y., Nakane T., Hirode O., Gojobori T. The origin and evolution of porcine reproductive and respiratory viruses. *Mol. Biol. Evol.* 2005;22(4):1024-1031. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msi089>

26. Philips R. C., Dee S. A. Evaluation of Mass Vaccination and Unidirectional Flow for Elimination of PRRS. 4th International Symposium on Emerging and Re-emerging Pig Diseases, Rome. 29 June - 2 July 2003.

27. Rathkjen P. H., Dall J. Maximising the chances of success for PRRSV area-regional control and elimination programmes: A 5-step process in practice. *J. Microb. Biochem. Technol.* 2018;10:8-11. DOI: <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000387>

28. Toman M., Celer V., Smola J. Successful elimination of PRRS virus from an infected farrow-to-finish herd by vaccination. *Vet. Med. (Praha)*. 2017;62:553-558. DOI: <https://doi.org/10.17221/68/2017-VETMED>

29. Torremorell M., Christianson W. T. PRRS eradication by herd closure. *Adv. Pork Prod.* 2002;13:169-176.

30. Wang C., Wu B., Amer S., Luo J., Zhang H., Guo Y., Dong G., Zhao B., He H. Phylogenetic analysis and molecular characteristics of seven variant Chinese field isolates of PRRSV. *BMC Microbiol.* 2010;10:146. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-146>

31. Martínez-Lobo F. J., Carrascosa de Lome L., Díez-Fuertes F., Segalés J., García-Artiga C., Simarro I., Castro J. M., Prieto C. Safety of porcine reproductive and respiratory syndrome modified live virus (MLV) vaccine strains in a young pig infection model. *Vet. Res.* 2013;44:115. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-115>

32. Wang R., Xiao Y., Opriessnig T., Ding Y., Yu Y., Nan Y., Ma Z., Halbur P. G., Zhang Y.-J. Enhancing neutralizing antibody production by an interferon-inducing porcine reproductive and respiratory syndrome virus strain. *Vaccine* 2013;31(47):5537-5543. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2013.09.023>

33. Lu W., Wei Z., Zhang G., Li Z., Ma J., Xie Q., Sun B., Bi Y. Complete genome sequence of a novel variant porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) strain: Evidence for recombination between vaccine and wild-type PRRSV strains. *J. Virol.* 2012;86(17):9543. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.01341-12>

34. Madsen K. G., Hansen C. M., Madsen E. S., Strandbygaard B., Botner A., Sorensen K. J. Sequence analysis of porcine reproductive and respiratory syndrome virus of the American type collected from Danish swine herds. *Arch. Virol.* 1998;143:1683-1700. DOI: <https://doi.org/10.1007/s007050050409>

35. Marton S., Szalay D., Kecskemeti S., Forro B., Olasz F., Zadori Z., Szabo I., Molnar T., Banyai K., Balint A. Coding-complete sequence of a vaccine-derived recombinant porcine reproductive and respiratory syndrome virus strain isolated in Hungary. *Arch. Virol.* 2019;164:2605-2608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-019-04338-2>

36. Zhou L., Kang R., Yu J., Xie B., Chen C., Li X., Xie J., Ye Y., Xiao L., Zhang J., Yang X., Wang H. Genetic Characterization and Pathogenicity of a Novel Recombined Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus 2 among Nade30-Like, Jxa1-Like, and Mlv-Like Strains. *Viruses*. 2018;10(10):551. DOI: <https://doi.org/10.3390/v10100551>

37. Eclercy J., Renson P., Lebret A., Hirchaud E., Normand V., Andraud M., Paboeuf F., Blanchard Y., Rose N., Bourry O. A Field Recombinant Strain Derived from Two Type 1 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV-1) Modified Live Vaccines Shows Increased Viremia and Transmission in SPF Pigs. *Viruses*. 2019;11(3):296. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11030296>

38. Vu H. L. X., Pattnaik A. K., Osorio F. A. Strategies to broaden the cross-protective efficacy of vaccines against porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Vet Microbiol.* 2017;206:29-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.09.014>

39. Meng X. J. Heterogeneity of porcine reproductive and respiratory syndrome virus: implications for current vaccine efficacy and future vaccine development, *Vet Microbiol.* 2000;74(4):309-329.

DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(00\)00196-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(00)00196-6)

40. Mengeling W. L., Lager K. M., Vorwald A. C., Brockmeier S. Comparison among strains of porcine reproductive and respiratory syndrome virus for their ability to cause reproductive failure. *Am. J. Vet. Res.* 1996;57(6):834-839.

41. Pileri E., Mateu E. Review on the transmission porcine reproductive and respiratory syndrome virus between pigs and farms and impact on vaccination. *Vet Res.* 2016;47(1):108. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13567-016-0391-4>

42. Szabó I., Bognár L., Molnár T., Nemes I., Bálin A. PRRS eradication from swine farms in five regions of Hungary. *Acta Veterinaria Hungarica.* 2020;68(3):257-262. DOI: <https://doi.org/10.1556/004.2020.00043>

#### Сведения об авторах

✉ Глазунова Анастасия Александровна, заместитель руководителя группы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Российская Федерация, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5615-1903>, e-mail: [GlazunovaAA@outlook.com](mailto:GlazunovaAA@outlook.com)

Корогодина Елена Владимировна, заместитель руководителя группы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Российская Федерация, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>

Севских Тимофей Александрович, заместитель руководителя НОЦ, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Российская Федерация, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2053-286X>

Краснова Елена Анатольевна, кандидат биол. наук, ученый секретарь, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Российская Федерация, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>

Кукушкин Сергей Анатольевич, доктор вет. наук, руководитель технического отдела продуктов для свиноводства в странах СНГ, ООО «Берингер Ингельхайм», Ленинградское шоссе, 16А, строение 3, г. Москва, Российская Федерация, 125171

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Российская Федерация, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

#### Information about the author

✉ Anastasia A. Glazunova, deputy head of the group, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Academician Bakulov str., bldg. 1, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation, 601125,

e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5615-1903>, e-mail: [GlazunovaAA@outlook.com](mailto:GlazunovaAA@outlook.com)

Elena V. Korogodina, deputy head of the group, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Academician Bakulov str., bldg. 1, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation, 601125,

e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>

Timofey A. Sevsikh, deputy head of the REC, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Academician Bakulov str., bldg. 1, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2053-286X>

Elena A. Krasnova, PhD in Biological Science, scientific secretary, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Academician Bakulov str. bldg., 1, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>

Sergey A. Kukushkin, DSc in Veterinary Science, head of the technical department of products for pig breeding in the CIS countries, Boehringer Ingelheim, Leningradskoe shosse, 16A, building 3, Moscow, Russian Federation, 125171

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Academician Bakulov str., bldg., 1, Volginsky, Vladimir region, Russian Federation, 601125, e-mail: [info@ficvim.ru](mailto:info@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор)

© 2022. В. В. Володин<sup>1</sup>✉, А. А. Шубаков<sup>1</sup>, С. О. Володина<sup>1</sup>, Н. Н. Шергина<sup>1,2</sup>, Р. Г. Васильев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар, Российская Федерация,

<sup>3</sup>ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Российская Федерация

*В обзоре проведен анализ состояния проблемы накопления и утилизации коры и кородревесных отходов деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных производств. Систематизированы методы утилизации, которые различаются для «свежей» коры и кородревесных отходов длительного срока хранения. Более детально описана сущность биотехнологических методов глубокой биотрансформации кородревесных отходов длительного срока хранения: компостирование с применением минеральных удобрений; стимуляция аборигенной микрофлоры; использование активного ила и искусственных консорциумов микроорганизмов; создание биотехнических систем в теле короотвалов; твердофазная ферментация кородревесных отходов ксилотрофными грибами. Приведены успешные примеры реализации методов утилизации кородревесных отходов длительного хранения на короотвалах целлюлозно-бумажных предприятий Пермского края. Предложен алгоритм биоконверсии кородревесных отходов твердофазной ферментацией с помощью ксилотрофных грибов на короотвале ООО «Сыктывкарский ЛДК» (Республика Коми) с целью получения почвоподобных субстратов и удобрений, плодовых тел съедобных ксилотрофных грибов и ценных грибных метаболитов для медицины.*

**Ключевые слова:** механическая переработка, химические технологии, биотехнологии, биоконверсия, биотехнические системы, твердофазная ферментация, компостирование, консорциумы микроорганизмов, ксилотрофные грибы

**Благодарности:** исследования выполнены по теме НИР Института биологии ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» № гос. регистрации 1021051101411-4-1.6.23 при частичной поддержке НИИЦ «Курчатовский институт» в рамках тематического плана.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Володин В. В., Шубаков А. А., Володина С. О., Шергина Н. Н., Васильев Р. Г. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):611-632. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632>

Поступила: 07.06.2022

Принята к публикации: 05.10.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Trends in the development of methods of disposal of bark and bark-wood waste of long-term storage (review)

© 2022. Vladimir V. Volodin<sup>1</sup>✉, Anatoly A. Shubakov<sup>1</sup>, Svetlana O. Volodina<sup>1</sup>, Nina N. Shergina<sup>1,2</sup>, Raif G. Vasilov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation,

<sup>2</sup>Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russian Federation,

<sup>3</sup>National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russian Federation

*The present review analyzes the problem of accumulation and utilization of bark and bark-wood waste from wood-working and pulp and paper industries. The methods of utilization are systematized, which differ for "fresh" bark and bark-wood waste of a long shelf life. The essence of biotechnological methods of deep biotransformation of bark-wood waste of long shelf life is described in more detail: composting with the use of mineral fertilizers, stimulation of native microflora, use of activated sludge and artificial consortia of microorganisms, creation of biotechnical systems in the body of bark dumps, solid-phase fermentation of bark-wood waste by xylotrophic fungi. Successful examples of the implementation of methods of biotransformation of bark-wood waste of long-term storage in the bark dumps of pulp and paper enterprises of the Perm Region of Russian Federation are given. The algorithm of utilization of bark-wood waste by solid-phase fermentation with the help of xylotrophic fungi at the bark dumps of Syktyvkar woodworking plant (Republic of Komi, Russia) is proposed in order to obtain soil-like substrates and fertilizers, fruit bodies of edible xylotrophic fungi and valuable fungal metabolites for medicine.*

**Keywords:** mechanical processing, chemical technologies, biotechnologies, bioconversion, bio-technical systems, solid-phase fermentation, composting, consortia of microorganisms, xylotrophic fungi

**Acknowledgement:** the research was carried out on the topic of research of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, State Registration No. 1021051101411-4-1.6.23 with the partial support of the Kurchatov Institute Research Center as part of the thematic plan.

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interests:** the authors stated that there was no conflict of interests.

**For citation:** Volodin V. V., Shubakov A. A., Volodina S. O., Shergina N. N., Vasilov R. G. Trends in the development of methods of disposal of bark and bar-wood waste of long-term storage (review article). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):611-632. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.611-632>

Received: 07.06.2022 Accepted for publication: 05.10.2022 Published online: 26.10.2022

В России сосредоточены крупнейшие запасы лесных ресурсов. По запасам древесины Российская Федерация занимает второе место в мире после Бразилии (соответственно 81,5 и 126,2 млрд м<sup>3</sup>), затем следуют США – 47, Канада – 33 и Китай – 15 млрд м<sup>3</sup>. По объемам заготовки Российская Федерация занимает пятое место в мире. Поскольку современные технологии лесозаготовок концентрируются на заготовке стволов как на самой ценной части древесины, то в местах лесозаготовок остаются многочисленные порубочные отходы в виде вершинок, веток, остатков стволов и коры [1]. В результате интенсивной заготовки древесины в XX веке мировые запасы лесов значительно снизились. По оценкам исследователей, в Российской Федерации ежегодно образуется порядка 35,5 млн м<sup>3</sup> древесных отходов, что представляет собой серьезную экологическую проблему [2, 3]. В результате проведенного анализа хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий Европейского Севера России выявлено, что при заготовке древесины практически не использованными на лесосеке остаются 16-22 % порубочных отходов от общего объема заготовленной и вывезенной для реализации древесины [4, 5]. В целом, в мире образуется ежегодно до 140 Гт отходов биомассы. Комплексное использование лесных ресурсов предусматривает утилизацию всей биомассы дерева, включая многочисленные вышеупомянутые отходы, которые могут служить сырьем для производства многих ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью, к которым относятся строительные материалы, продукты лесохимии технического назначения, биотопливо, белково-углеводные кормовые добавки, биологически активные вещества и ферментные препараты для медицины, ветеринарии и сельского хозяйства [6, 7, 8].

Одним из мало используемых до настоящего времени отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности является кора, причем как кора свежезаготовленной

древесины, так и кородревесные отходы длительного хранения [1].

**Цель обзора** – систематизировать научно-техническую информацию, касающуюся оценки современного состояния проблемы утилизации, переработки коры и длительно хранимых кородревесных отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

**Материал и методы.** Изучены данные 90 источников по проблемам утилизации и переработки коры и кородревесных отходов длительного хранения, из них 39 источников на иностранном языке. Научные публикации на русском и английском языках были отобраны путем запроса в научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU, на портал Scienced Direct, международные базы данных Web of Science и Scopus; поиск патентов проводили в Информационно-поисковой системе Федерального института промышленной собственности. Глубина поиска научной и патентной литературы ограничивалась в основном периодом с 2000 по 2022 год. Доля научных материалов составляет 98 %. Привлечение публикаций и патентов со сроком опубликования больше, чем 5 лет, обусловлено необходимостью раскрыть тенденции развития научных и технологических подходов к утилизации коры и кородревесных отходов во временном аспекте. Основным критерием включения и исключения источников в настоящий обзор послужила необходимость фокусирования внимания на проблеме утилизации кородревесных отходов длительного хранения биотехнологическими методами.

### **Основная часть.**

1. *История проблемы и традиционные методы переработки коры.* Кора дерева осуществляет транспорт ассимилятов, синтезированных в листьях, и защищает дерево от неблагоприятных условий окружающей среды. Кора имеет сложную структуру и состоит из комплекса тканей: внутренний слой, прилегающий к камбию (луб), и наружный (корка). Соотношение зон этих слоев разное у различных

пород деревьев и может меняться у деревьев одного и того же вида в зависимости от эколого-географических условий произрастания. Доля корки в коре составляет от 20 до 80 %. С возрастом деревьев доля коры в объеме ствола уменьшается [9].

Химический состав коры существенно отличается от состава древесины соответствующей древесной породы. Это отличие обусловлено разным анатомическим строением коры и древесины и их различной ролью в жизнедеятельности деревьев. Кора содержит гораздо меньше целлюлозы и значительно больше экстрактивных и минеральных веществ. В свою очередь, клетки тканей луба отличаются от клеток корки повышенным содержанием урсонических кислот и пентозанов, отсутствием суберина, который содержится в корке. В корке березы (бересте), кроме суберина, содержится бетулин. Оболочки ситовидных клеток состоят из целлюлозы, гемицеллюлоз, но не содержат лигнин<sup>1</sup> [10].

Объемы накопления коры ежегодно в Российской Федерации составляют около 30 млн м<sup>3</sup> [11], в мире – 300-400 млн м<sup>3</sup> [12]. Наибольшее количество коры скапливается на крупных целлюлозно-бумажных и деревоперерабатывающих предприятиях. Кора составляет от 7 до 15 % объема перерабатываемой древесины.

Существенные различия в химическом составе древесины и коры требуют отдельного проведения процессов переработки отходов этих компонентов деревьев. Причиной неэффективного промышленного использования «свежей» коры является своеобразное анатомическое строение и химический состав, которые в совокупности обуславливают ее высокую влажность и повышенную зольность. Эти свойства коры ограничивают, например, ее использование в качестве топлива. Вместе с тем «свежая» кора, и особенно ее лубяной слой, содержит большое количество полезных компонентов и имеет немалую потенциальную ценность в технологиях ближайшего будущего. К сожалению, несмотря на то, что из коры выделено значительное количество биологически активных соединений, разработанные способы и технологии их извлечения и полу-

чения на их основе полезных продуктов являются до настоящего времени недостаточно рентабельными. Примеры вовлечения коры некоторых пород деревьев в промышленную переработку ограничиваются получением пробки, дубильных веществ, дегтя и бетулина из бересты, бальзама из коры растущих деревьев пихты и некоторыми другими продуктами [13, 14, 15].

В настоящее время в России активно проводятся исследования по разработке более эффективных методов извлечения из коры ценных веществ, находящихся как в свободном, так и связанном состоянии (например, это касается фенольных соединений). В работах [16] было показано, что кратковременная активация коры хвойных пород древесины (пихты и лиственницы) водяным паром при повышенной температуре (200-240 °C) с резким сбросом давления приводит к существенному увеличению степени извлечения экстрактивных веществ спиртом и водой. Извлечение экстрактивных веществ повышается при использовании добавок хлорида алюминия, являющегося промотором реакций гидролиза лигноуглеводных связей [17]. Однако в России вовлечение коры в производственные процессы остается еще на низком уровне.

Таким образом, к основным методам и направлениям утилизации, переработки коры и кородревесных отходов, которые применяются в настоящее время, относятся следующие:

*Вывоз в отвалы.* Используется на предприятиях, у которых нет возможности перерабатывать отходы.

*Производство древесноволокнистых и древесностружечных плит* [18].

*Производство пробки из коры пробкового дуба (*Quercus suber* L.)* [12].

*Получение активных древесных углей.* В результате нагрева коры без доступа воздуха получается уголь-сырец, активацию которого проводят термохимическим способом или перегретым паром. Древесные угли изготавливают обычно из древесины березы, однако исследования, проведенные в СибГТУ (г. Красноярск), показали пригодность для этих целей коры пихты. Выход активных углей из пихтовой коры составил 32-33 % от массы коры при температуре пиролиза 750 °C [19].

<sup>1</sup>Химический состав древесины и коры. Характеристика органических веществ. Зооинженерный факультет МСХА. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.activestudy.info/ximicheskij-sostav-drevesiny-i-kory-xarakteristika-organicheskix-veshhestv/> (дата обращения: 16.05.2022).

*Получение сорбентов нефти и нефтепродуктов.* В качестве исходного сырья для получения сорбентов используют подвергнутой механическому размолу и очищенную от загрязняющих и водорастворимых веществ древесную кору или кородревесные отходы. Отходы подвергают гидрофобизации сульфатным мылом, которое используется в количестве 0,5-5,0 % от массы коры [20].

*Получение топливных брикетов.* На этот способ переработки коры утверждены ТУ 13-7-785-84 [21].

*Использование в медицине.* В Государственный реестр лекарственных средств, разрешенных к медицинскому применению в Российской Федерации, включено 260 видов лекарственного растительного сырья. Из них только у четырех официальных видов растений используется кора. Кора дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и дуба скального (*Q. petraea* Liebl.) содержит дубильные вещества и используется в качестве вяжущего средства. Кора крушины ольховидной (*Frangula alnus* Mill.) включает антрагликозиды, тритерпеноиды, флавоноиды, алкалоиды, дубильные вещества и используется в качестве слабительного средства. Кора калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) содержит дубильные вещества и тритерпеновые гликозиды, применяется в качестве адаптогенного и противовоспалительного средства<sup>2</sup>. В народной и научной медицине, а также при производстве биологически активных добавок и косметических средств используется кора хвойных и лиственных пород деревьев (ели, сосны, лиственницы, березы и осины), подлежащих заготовке. Однако масштабы переработки коры в указанных целях в России незначительны.

В Европе концентрированный водный экстракт коры тропической лианы (*Chondrodendron tomentosum* Ruiz & Pavon) содержит кураре, который используется при некоторых хирургических операциях. Кора цинхоны красной (*Cinchona pubescens* Vahl.) и цинхоны аптечной (*Cinchona officinalis* L.) содержит хинин, который долгое время использовался как единственное лекарство от малярии. Кора коричника китайского (*Cinnatomo cassia* (L.) J. Presl.) является не только пряностью, но и обладает антибактериальным и противогрибковым действием; кроме того, она стимулирует аппетит. Кору конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) используют при диарее, геморрое и проблемах с кожей. Кору и листья африканского перечного дерева (*Warburgia salutaris* (Bertol. f.) Chiov.) традиционно применяют для симптоматической терапии при бронхолегочных заболеваниях. Отвар коры робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* L.) используется для лечения язвы желудка и кишечника при повышенной кислотности. Кора магнолии (*Magnolia officinalis* Rehder & E. H. Wilson) традиционно востребована в китайской и японской медицине. Кора *Caesalpinia brasiliensis* L. широко используется в Бразилии для лечения диабета. Содержащиеся в коре цейлонского дуба (*Careya arborea* Roxb.) терпеноиды, флавоноиды, алкалоиды, сапонины и танины обладают положительным гепатотропным эффектом. Кора древесного кустарника акантопанакса сидячцеветкового (*Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. & Maxim.) Seem) обладает противоопухолевым действием. Обнаружен антибактериальный эффект коры дуба каменного (*Quercus ilex* L.). Эти и другие многочисленные примеры использования древесной коры в медицине зарубежных стран описаны в обзоре [12]. В народной и научной медицине Вьетнама используется кора некоторых видов деревьев рода *Vitex* L. [22]. Например, настойка из коры *Vitex quinata* повышает аппетит и улучшает пищеварение, ее варят и пьют в виде чая как тонизирующее средство [23].

*Использование в сельском хозяйстве.* Наиболее широкое использование коры в сельском хозяйстве – мульчирование, которое приводит к уменьшению испарения с поверхности почвы и способствует размножению полезных почвенных микроорганизмов. При использовании коры в качестве мульчи требуется меньше минеральных удобрений. Кора, смешанная с тяжелой почвой, способствует азириванию почвы, предотвращает уплотнение, увеличивает водопоглощение и уменьшает эрозию почвы [12].

*Использование в качестве топлива.* Кора – это низкосортное топливо с высоким содержанием влаги, золы и низкими сыпучими свойствами. Перед сжиганием требуется специальная подготовка коры, включающая измельчение и обезвоживание [7, 24]. В настоящее время вместе с основным топливом сжигается около 40 % текущих запасов коры.

<sup>2</sup>Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издание. В 4-х томах. М.: 2018.

Эффективная утилизация кородревесных отходов термическими способами с получением тепловой энергии или технологического пара на производственные нужды возможна только в случае, если влажность отходов будет составлять не более 60 %. Следовательно, термические методы обезвреживания неприменимы к кородревесным отходам длительного срока хранения, накопленным на короотвалах [25].

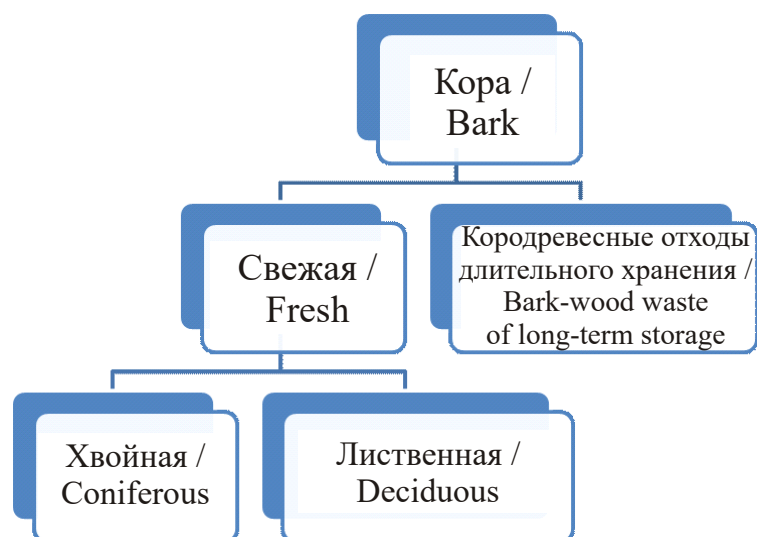


Рис. Классификация коровых отходов деревообрабатывающих производств /

Fig. Classification of bark waste from woodworking industries

2. *Компостирование коры и короотходов.* Значительная часть почвенного покрова природно-техногенных экосистем представлена деградированными почвами и техногенными поверхностными образованиями. Для повышения биологической активности техногенно-нарушенных почв можно использовать внесение в такие почвы органических веществ. Источником органического вещества могут служить кородревесные отходы, относящиеся к IV классу опасности для объектов окружающей среды и размещаемые в больших объемах на короотвалах целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятий. Методом биотестирования на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) установлено повышение биологической активности нарушенных почв за счет внесения кородревесных отходов в дозировках 5-15 % по массе [26].

Наиболее простым и малозатратным способом утилизации древесной коры является ее компостирование. Интерес к получению таких компостов обусловлен разнообразием, доступностью и дешевизной сырья. На динамику процессов биodeградации кородревесных

Таким образом, несмотря на имеющиеся методы переработки свежей коры, в Российской Федерации пока отсутствуют масштабные, наукоемкие, экономически рентабельные технологии по ее переработке, и недостаточно развит рынок потребления продуктов ее переработки, что приводит к образованию свалок кородревесных отходов длительного срока хранения, к утилизации и переработке которых должны применяться особенные подходы и технологии (рис.).

отходов значительное влияние оказывает видовая принадлежность коры. Показано, что удобрительные композиции с осиновой корой разлагаются быстрее, чем на основе коры хвойных пород. В результате возникает необходимость сортировки отходов древесной коры перед закладкой компостных буртов. Для ускорения разложения древесных отходов предлагается внесение в компостную смесь заквасок микроорганизмов. Вносимые микроорганизмы должны быть способны к деструкции целлюлозы и лигнина, направленной трансформации продуктов их разложения в гумусовые вещества [27, 28].

В исследованиях А. Н. Девятловской с соавторами [29, 30] по влиянию различных факторов на потребительские свойства получаемого корокомпоста получены практические рекомендации по его приготовлению, которые заключаются в следующем. Перед компостированием кору предварительно сортируют на хвойные и лиственные породы, так как они отличаются по анатомическому строению, химическому составу и устойчивостью к микробиологическому разложению. Кору реко-

мендовано измельчать до размеров частиц 3-10 мм с помощью мельниц при 70%-ной влажности субстрата. Компостирование проводят в буртах шириной 3 метра и высотой до 1,5 метра. Для ускорения процесса разложения коры и обогащения компоста питательными веществами в нее вносятся азотсодержащие и другие добавки. Лучшими источниками азота являются аммонийные формы удобрений. Оптимальной для коры хвойных пород древесины рекомендована доза азота 0,8-1,0 % по массе, для лиственных – 1,5-2,0 %. В условиях регионов, приравненных к Северу, следует вносить на 1 м<sup>3</sup> коры 4,3 кг мочевины (соответствует 1 % азота) и 3 кг простого или 1,5 кг двойного суперфосфата и 0,7 кг калийных удобрений. Измельченная и обогащенная азотом, фосфором и калием кора с влажностью до 75 % компостируется в буртах в течение 3-4 месяцев. За это время массу два-три раза перелопачивают бульдозером или с помощью экскаватора, что сокращает сроки созревания компоста и улучшает его качество. Для повышения качества компоста и ускорения его созревания рекомендовано, кроме еженедельного перемешивания коры, измерять температуру на глубине 50 см и поддерживать влажность субстрата не менее 60 %. Начавшийся в бурте микробиологический окислительный процесс разложения коры сопровождается энергичным выделением тепла и идет успешно при любой температуре наружного воздуха. Однако формировать новые бурты из свежей не разогретой коры следует при температуре не ниже 15 °С. Такой компост имеет кислотность, равную 5,5-6,0 единиц pH, пористость 80-90 %, обладает способностью удерживать до 300 г воды на каждые 100 г сухого вещества. Компост считается готовым, когда содержание азота в 1 м<sup>3</sup> компоста достигает 300 г. О микробиологических процессах судят по изменениям, происходящим в коре при ее хранении по соотношению углерода и азота (C:N).

Для понимания закономерностей в изменении содержания азота при биологической деструкции полезно привлечь данные из литературы, касающиеся изучению микробиологических процессов, протекающих в мертвой древесине и коре (пни, валеж) в природе. В работе [10] установлено, что по мере дест-

рукции древесины и прикрепленной к пню коры концентрация азота (на единицу сухой массы) в первые 10 лет увеличивается, что связано с низкой скоростью его вымывания, а также с фиксацией азота из атмосферы азотфиксирующими бактериями или его переносом филаментными грибами из других природных резервуаров (например, из почвы) в зону биодеструкции (разрушения). Изучение динамики биогенных элементов в процессе разложения валежа в среднетаежных ельниках исследованы в диссертации И. В. Ромашкина<sup>3</sup>.

Роль коры в процессе разложения древесины в природных условиях описана в работе [31].

О стимуляции процессов азотфиксации при разложении мертвой древесины и коры сообщается в статьях [32, 33, 34]. Американские исследователи [34, 35], изучая потенциал азотфиксации, отметили, что в древесине, пораженной бурой деструктивной гнилью, процессы азотфиксации проходят активнее, вероятно, в связи с тесной взаимосвязью между микоризобразующими и азотфиксирующими организмами. В работах У. Меррилла и Е. Коулинга [36], а также М. Ларсена [35] с соавторами отмечено, что это явление, вероятно, позволяет сглаживать недостаток азота, необходимого для вегетативного роста и генеративного развития грибов, заселяющих разлагающуюся древесину. Во многих исследованиях феномен накопления азота в процессе разложения кородревесных субстратов обусловлен именно деятельностью азотфиксирующих бактерий [37, 38]. Предполагается, что влияние азотфиксации на процессы разложения в валеже и других кородревесных субстратах может быть весьма существенным [39, 40].

Кородревесные субстраты имеют высокие исходные значения соотношения C:N по сравнению с опадом. Снижение этого показателя происходит по большей части в связи накоплением азота параллельно с потерей углеродосодержащих соединений [41, 42]. Это предполагает, что скорость разложения кородревесных субстратов и взаимосвязанная с ним динамика азота обусловлены видоспецифичными особенностями древесных растений, в частности, соотношением коры и древесины и их исходным химическим составом [43], а также видовым составом дереворазрушающей биоты и ксилофильного сообщества в целом [44].

<sup>3</sup>Ромашкин И. В. Динамика биогенных элементов в процессе разложения валежа в среднетаежных ельниках: дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2021. 167 с.

Факт того, что содержание азота в коре значительно выше по сравнению с этим показателем в древесине, обусловлено большим количеством живых клеток в составе флоэмы<sup>4,5</sup> [45]. Наибольшие значения концентрации азота на единицу массы и объема коры найдены у березы (0,95 и 0,69 % соответственно). Далее эти показатели снижались в ряду: осина (0,74 и 0,46 %) > сосна и ель (0,61 и 0,31 %) > лиственница (0,20 и 0,11 %). Концентрация азота увеличивается при возрастании доли флоэмы в составе коры [46]. Кора хвойных видов имеет меньшие концентрации N по сравнению с корой лиственных [47, 48]. В процессе разложения валежа концентрация азота в нем возрастала или оставалась без изменений в зависимости от видовой принадлежности (хвойные и лиственные), фракции ствола (кора и древесина) и способа расчета (на единицы массы и объема)<sup>6</sup>.

Микробиологические и биохимические процессы, происходящие при разложении коры и валежа в природных условиях, аналогичны процессам, протекающим в кородревесных отходах, длительно хранящихся в отвалах, а также в свежей коре при компостировании в буртах с добавлением азота, только указанные процессы в отвалах идут значительно медленнее. По данным авторов [45, 49], соотношение C:N в зрелом компосте – 68, в свежей коре – 140, коре с отвалов – около 70. Таким образом, по величинам соотношения C:N, кору с отвалов можно считать незрелым коровым компостом и после соответствующей подготовки использовать в качестве грунта. Чем дольше кора пролежала в отвалах, тем меньше требуется азота для достижения рекомендуемого соотношения C:N. После просеивания данного продукта от неразложившихся остатков получают высококачественный компост, содержащий азот, фосфор, калий, кальций и гумус. Причем в полученном таким образом корокомпосте гумусообразующих веществ на 20 % больше, чем в торфе, а наличие в нем большого количества кальция (в пересчете на оксид кальция) способствует улучшению кислых почв. Содержащийся в компосте азот находится

в «медленно действующей форме», так что приготовленные на его основе удобрения обладают пролонгированным действием. Приготовленный таким способом корокомпост применялся авторами в тепличных хозяйствах для выращивания огурцов. В качестве опытных образцов использовали чистый корокомпост и корокомпост с добавлением торфяного субстрата в различных соотношениях. Проведенные исследования показали, что частичная замена торфа коровыми компостами позволила повысить урожайность огурцов до 25 %. Выращенные на грунтах с добавкой компостированной коры овощи отличались повышенной питательной ценностью и устойчивостью к корневым гнилям. По итогам своих исследований авторы рекомендуют шире использовать отходы коры деревоперерабатывающих предприятий для нужд сельского и тепличного хозяйств.

Следует отметить, что перечисленные выше методы и примеры компостирования кородревесных отходов были основаны на стимуляции естественной микробиоты.

Как правило, короотходы, находящиеся в отвалах, характеризуют следующими показателями: реакция среды солевой вытяжки (ГОСТ 27979-88); содержание золы (ГОСТ 26714-85), органического вещества расчетным методом, общего азота (ГОСТ 26715-853), общего фосфора (ГОСТ 26717-85); минерализация органического вещества (ГОСТ 26715-85), интенсивность разложения целлюлозы<sup>7</sup>. Для определения фитотоксичности водной вытяжки короотходов, а также короотходов, внесенных в почву, используют метод проростков<sup>8</sup>.

3. *Промышленные биотехнологии трансформации кородревесных отходов длительного хранения.* Заслуживает внимания крупномасштабный опыт утилизации кородревесных отходов длительного хранения, накопленный в Пермском крае. Разработаны способы использования ресурсного потенциала кородревесных отходов на короотвале, занимающем площадь 20,7 га вместимостью 8 млн м<sup>3</sup> на предприятии ОАО «Соликамскбумпром», ориентированном на производство продукции из хвойной древесины.

<sup>4</sup>Апостолов С. А. Новый справочник химика и технолога. Ч. 2: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ: справочное издание. Под ред. В. А. Столярова. СПб.: Профессional, 2006. 1142 с.

<sup>5</sup>Фаустова Н. М. Химический состав коры и древесины осины: дис. ... канд. хим. наук. СПб., 2005. 208 с.

<sup>6</sup>Ромашкин И. В. Указ. соч.

<sup>7</sup>Определение интенсивности разложения целлюлозы в почве по методу Е. Н. Мишустина и А. Н. Петровой.

[Электронный ресурс]. URL: [https://studref.com/370317/agropromyshlennost/opredelenie\\_intensivnosti\\_razlozheniya\\_tsellyulozy\\_pochve\\_metodu\\_mishustina\\_petrovoy](https://studref.com/370317/agropromyshlennost/opredelenie_intensivnosti_razlozheniya_tsellyulozy_pochve_metodu_mishustina_petrovoy) (дата обращения: 20.04.2022).

<sup>8</sup>Биотест на проростках семян редиса [Электронный ресурс]. URL: [https://studbooks.net/855109/estestvoznaniye/biotest\\_prorostkah\\_semyan\\_redisa#:~:text=Биотест%20на%20проростках%20семян%20редиса,с%20контролем%20выращенное%20в%20процентах](https://studbooks.net/855109/estestvoznaniye/biotest_prorostkah_semyan_redisa#:~:text=Биотест%20на%20проростках%20семян%20редиса,с%20контролем%20выращенное%20в%20процентах) (дата обращения: 20.04.2022).

Исследован химический состав и фитотоксичность кородревесных отходов различного срока хранения: 1-3 года; 3-5; 5-10 и более 10 лет. Установлена безопасность отходов по содержанию тяжелых металлов. Показано наличие биогенных элементов в составе кородревесных отходов (азота, фосфора, калия), отсутствие угнетения роста и размножения растений при выращивании их на почвенных смесях, содержащих кородревесные отходы. Наилучшие результаты для роста растений были показаны при использовании в составе почвенных смесей кородревесных отходов 3-5-летнего срока хранения. Разработана технологическая схема получения рекультивационных материалов, мелиорантов и органоминеральных удобрений, главным образом, для озеленения территорий [50].

Проведены многолетние исследования по биотехнологической переработке кородревесных отходов Краснокамского ЦБК в Пермском крае. Несмотря на то, что комбинат был закрыт в 2005 г., на территории г. Краснокамск в прибрежной полосе рек Кама и М. Ласьва остается неликвидированным короотвал площадью 22,3 га. Заслуживает высокой оценки предложенный авторами алгоритм исследования. На первом этапе было проведено исследование толщ короотвала путем бурения. В отобранных на разных глубинах короотвала пробах определяли минеральный состав, влажность и кислотность, а также исследован состав аэробной микробиоты в поверхностных слоях короотвала. Вопреки ожидаемому увеличению степени гумификации кородревесных отходов с глубиной и временем их хранения, в толще короотвала не обнаружен грунтоподобный материал с полностью гумифицированной твердой фазой, что связали с нахождением на глубине 8,5-11,0 метров в толще короотвала водоносных пластов и оводнением материала (вероятно, вначале отходы складировались в низины, которые впоследствии были затоплены водой). Во всех этих случаях, как отмечают авторы, в исследуемых образцах наблюдали сохранение древесной структуры. Например, материал образца, поднятого с глубины 18 м, был менее подвержен биодеструкции, чем более свежие поверхностные слои кородревесных отходов. Полученные данные свидетельствовали о глубоком торможении процессов биологического разложения субстрата в условиях сильного оводнения и отсутствия кислорода. Особенность состояния субстрата в условиях оводнения сказалась на его химическом составе, отобранном на

различных глубинах. Была показана нехватка азота и фосфора, что, в свою очередь, негативно сказалось на развитии микробиоты. Авторами был предложен алгоритм интенсификации процессов биодеструкции, заключающийся в оптимизации минерального состава и кислотности среды в пластах кородревесных отходов и интенсификации массообменных процессов, включая принудительную аэрацию и увлажнение; изучение аборигенной микробиоты; создание искусственных консорциумов микроорганизмов-биодеструкторов из родов *Streptomyces* и *Cellulomonas* [51].

Этим же авторским коллективом проведена оценка безопасности и эффективности применения искусственных грунтов, полученных путем биоконсервации кородревесных отходов длительного хранения, для выращивания культурных растений. Была показана эффективность использования биотрансформированных кородревесных отходов для роста томатов, однако потребовалась предпосевная обработка семян фунгицидным препаратом «Инканон» вследствие наличия в искусственном питательном субстрате повышенного титра микромицетов, присутствие которых неблагоприятно отражается на развитии растений [52].

Разработан метод утилизации и переработки материала короотвала – кородревесных отходов целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств с получением органического удобрения. Способ переработки кородревесных отходов заключается в том, что в толщу короотвала вводили активирующий раствор, содержащий биогенные элементы и искусственные ассоциации микроорганизмов с целлюлолитической и лигнинолитической активностями, а также проводилась аэрация среды атмосферным воздухом. Технологическая линия представляет собой сеть биореакторов, связанных между собой трубопроводами и погруженных в тело короотвала. Сами биореакторы представляют собой цилиндрические перфорированные емкости, снабженные системой подводящих труб, через которые периодически подается активирующий раствор и производится аэрация. Периодически откачиваемая из внутренней части биореакторов образующаяся оживленная фаза представляет собой жидкое биоудобрение. Таким образом, переработка кородревесных отходов происходит непосредственно в теле короотвала, при этом многократно ускоряется процесс биодеструкции кородревесных отходов с получением органических удобрений [53].

Разработан иной способ переработки и утилизации короотвала, являющегося продуктом отхода на целлюлозно-бумажных комбинатах. В образованный короотвал вводили осадки сточных вод очистных сооружений (влажность 92-96 %, органическое вещество 62-66 масс.%; общий азот 5,6-7,3 масс.%, общий фосфор 4,8-6,5 масс.%) в соотношении кора:реагент соответственно 8:2 с последующей аэрацией короотвала атмосферным воздухом, при этом в качестве разбавителя для реагента использовали дренажные воды короотвала, а для получения органического удобрения процесс прокачки тела короотвала реагентом и воздухом повторяли несколько раз. Предложенный способ позволяет сократить время ликвидации тела короотвала и получить на основе кородревесных отходов органические удобрения [54].

На наш взгляд, для ускоренной биотрансформации кородревесных отходов длительного срока хранения целесообразно применять положительный опыт по твердофазной ферментации соломы, рисовой шелухи, опилок и других сельскохозяйственных и древесных отходов с помощью ксилотрофных грибов, который успешно применялся для получения белково-углеводных кормовых добавок для сельскохозяйственных животных [55, 56].

4. *Ксилотрофные грибы – природные деструкторы древесины, перспективные агенты для биотрансформации кородревесного сырья.* Грибы, развивающиеся на древесине, известны как дереворазрушающие, ксилотрофы, ксилофилы, ксилофиты, лигнофилы, ксилобионты. С таксономической точки зрения, группа ксилотрофных грибов достаточно разнообразна и включает виды различной систематической принадлежности (*Ascomycota*, *Deuteromycota*, *Basidiomycota*). Ксилотрофы проявляют экологическую гетерогенность, связанную с обитанием грибов на древесине разной степени разложения и продуктах биологического распада древесины, образуя узкоспециализированные группы (бурой гнили, белой гнили, мягкой гнили, смешанной гнили и пр.) [57].

Ведущая роль в разрушении лигноцеллюлозного комплекса растений принадлежит ксилотрофным базидиальным грибам, которые обладают широким спектром специфических окислительных ферментов и поэтому успешно колонизируют древесные субстраты. Значительное разнообразие биоты этой трофической

группы грибов отмечает М. А. Сафонов [58]. Например, в горной части Урала насчитывается 944 вида, в Финляндии и Эстонии описано 744 вида, в Южном Приуралье отмечено 307 видов дереворазрушающих базидиомицетов [58]. Для лесных экосистем лесостепи правобережного Поволжья описано 249 видов ксилотрофных базидиомицетов, относящихся к 99 родам, 40 семействам, 10 порядкам и 3 классам: *Agaricomycetes*, *Dacrymycetes*, *Tremellomycetes*<sup>9</sup>. Для Республики Коми известно 392 вида дереворазрушающих базидиомицетов [59].

Ведущая роль в природных экосистемах принадлежит афиллофоровым грибам, которые составляют более половины известных дереворазрушающих грибов. По данным Гильбертсона [32], среди ксилотрофных базидиомицетов Северной Америки афиллофоровые грибы составляют 57 % от общего числа видов, шляпочные – 37 %. По подсчетам В. А. Мухина [60], 75 % всех дереворазрушающих базидиомицетов, известных на территории бывшего СССР, составляют афиллофоровые грибы, 23 % – агариковые.

Благодаря современным методам молекулярного анализа (SDS-PAGE, RAPD, RFLP, видоспецифическая праймирующая ПЦР, секвенирование ITS-рДНК, метабаркодирование ДНК) видовой состав дереворазрушающих грибов расширяется и уточняется [61, 62]. Ф. Крах с соавторами [63] провели комплексный филогенетический анализ с использованием базы данных по типам гниения и деревьям-хозяевам и установили 1157 видов из 14 отрядов базидиомицетов (126 видов грибов, вызывающих бурую гниль, и 1031 вид грибов, вызывающих белую гниль).

В настоящее время активно проводятся исследования по скринингу и оценке лигнолитического и деградационного потенциалов грибов белой гнили с целью выбора наиболее перспективных штаммов для утилизации древесных и кородревесных отходов.

Для проведения биотехнологических исследований штаммы дереворазрушающих грибов, охватывающие широкий таксономический и географический диапазоны со сходными экологическими нишами, в основном получают из различных коллекций культур для изучения общих закономерностей морфологических признаков, биохимических и физиологических

<sup>9</sup>Ильина Г. В. Эколого-физиологический потенциал природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Саратов, 2011. 48 с.

свойств грибов. Из коллекции культур Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург) были исследованы более 520 культур 330 видов высших грибов базидиомицетов, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам [64]. Из коллекции мицелиальных культур дереворазрушающих базидиомицетов Г. В. Ильина<sup>10</sup> исследовала 215 штаммов 44 видов ксилотрофных базидиомицетов, относящихся к разным семействам порядков: *Hymenochaetales*, *Polyporales*, *Russulales*, *Agaricales*, *Auriculariales*. Изучено 34 сапротрофных базидиомицетных изолята 20 видов, полученных из коллекции культур Лесной службы США в Центре исследований лесной микологии (в г. Мэдисон, штат Висконсин) [65].

Установлено, что грибы «белой гнили» более устойчивы к фунгитоксичным веществам фенольной природы, чем грибы, вызывающие «бурую гниль», вследствие продуцирования ими полифенолоксидаз, разрушающих лигнин [66]. Поэтому они являются наиболее перспективными претендентами, которые должны быть исследованы в первую очередь как агенты для разрушения кородревесных отходов.

Т. Ли с коллегами [67] провели анализ 8089 научных статей по дереворазрушающим грибам, опубликованных в журналах, входящих в Web of Science с 2013 по 2020 год, и показали, что исследования в этой области в основном проводятся в Северной Европе, США и Китае. По данной проблематике наиболее популярными категориями международной базы данных WoS были биотехнология, прикладная микробиология, науки об окружающей среде и микробиология (76,93 %). Двумя ведущими журналами с наибольшим количеством цитирований являются Bioresource Technology и Applied Environmental Microbiology. Авторы приходят к выводу, что дереворазрушающие грибы наиболее активно применяются в процессах промышленного производства и в целях ремедиации загрязненных почв.

Примеры использования ксилотрофных грибов в биотехнологии обобщены нами в таблице.

Обращает на себя факт, что в зарубежной литературе отсутствуют статьи, конкретно касающиеся использования грибов в процессе биоконверсии кородревесных отходов длительного хранения. Причиной этого может быть факт отсутствия в развитых зарубежных странах полигонов с длительно хранящимися отходами древесины и коры. Наиболее близ-

кими и полезными для анализа являются работы по проведению экспериментов по разложению валежника и мертвой древесины в природных условиях. Например, большой интерес для разработки промышленных биотехнологий переработки кородревесных отходов представляют собой результаты упомянутой выше совместной работы российских и финских специалистов по изучению разложения коры в составе порубочных остатков после сплошных рубок в среднетаежных лесах. К сожалению, в работе не исследован вклад ксилотрофных грибов в эти процессы [10].

При масштабировании процессов биотрансформации кородревесных отходов с участием ксилотрофных грибов возможно использование метода твердофазной ферментации (ТФФ).

При ТФФ микробиологические процессы происходят на поверхности твердых субстратов с относительно низким содержанием влаги. В таких условиях ксилотрофные грибы успешно вовлекаются в процессы биоконверсии растительного сырья для получения различных продуктов, включая ферменты, органические кислоты, биоудобрения, биопрепараты, биосурфактанты, биоэтанол, ароматические соединения, корма для животных, пигменты, витамины и антибиотики [75, 76, 77].

Биоконверсия лигноцеллюлозных субстратов методом ТФФ с использованием культур съедобных базидиомицетов позволяет эффективно совмещать технологии утилизации лигноцеллюлозных отходов с получением кормовых и высококачественных пищевых продуктов, а также биологически активных метаболитов, при этом отработанные ферментированные субстраты, обогащенные мицелиальной биомассой, могут быть использованы в качестве биоудобрений [68]. Предложен способ приготовления селективных субстратов, в том числе для получения плодовых тел базидиомицетов. Способ включает кислотную обработку лигноцеллюлозного сырья – отходов сельского хозяйства и лесоперерабатывающей промышленности – водными растворами минеральных или органических кислот с концентрацией 0,5-5 масс.% при температуре 80-135 °C и соотношении сырья к раствору кислоты от 1:2 до 1:8 в течение 30-60 мин, промывание водой и добавление к модифицированному лигноцеллюлозному сырью источника азота в концентрации 10-20 масс.% и мела или гипса в концентрации 2 масс.%.

<sup>10</sup>Там же.

Таблица – Биотехнологическое использование некоторых видов дереворазрушающих грибов /  
Table – Biotechnological use of selected species of wood-destroying fungi

| Вид / Species                              | Таксономическое положение / Taxonomic position                                                     | Штамм / Strain            | Аспекты исследований и сфера применения / Aspects of research and scope of application                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Источник / References        |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm | Basidiomycota<br>Agaricomycotina<br>Agaricomycetes                                                 | Не указан / Not specified | Получение биоудобрений в результате твердофазного культивирования на опилках / Obtaining biofertilizers as a result of solid-phase cultivation on sawdust                                                                                                                                                                                                                                         | [68]                         |
| <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.,  | Agaricomycotina<br>Agaricales<br>Pleurotaceae                                                      | PP-3.2                    | Активность лакказы и марганец-пероксидазы / Activity of laccase and manganese peroxidase. Биодеградация триклозана / Biodegradation of triclosan                                                                                                                                                                                                                                                  | [69]                         |
| <i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quél.       | Pleurotaceae<br>Pleurotus                                                                          | Не указан / Not specified | Биоконверсия субстратов на основе древесной зелени пихты и биомассы тополя балзамического для использования в качестве белковой кормовой добавки / Biosconversion of substrates based on fir tree greens and balsamic poplar biomass for use as a protein feed additive                                                                                                                           | [70]                         |
| <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd      | Basidiomycota<br>Agaricomycotina<br>Agaricomycetes<br>Polyporales<br>Polyporaceae<br>Trametes      | Не указан / Not specified | Получение биоудобрений в результате твердофазного культивирования на опилках / Obtaining biofertilizers as a result of solid-phase cultivation on sawdust                                                                                                                                                                                                                                         | [68]                         |
|                                            |                                                                                                    |                           | Создание технологии биосинтеза фермента лакказы / Development of the technology of biosynthesis of the enzyme laccase                                                                                                                                                                                                                                                                             | Т. В. Русинова <sup>11</sup> |
|                                            |                                                                                                    |                           | Активность лакказы и марганец-пероксидазы / Activity of laccase and manganese peroxidase. Биодеградация триклозана / Biodegradation of triclosan                                                                                                                                                                                                                                                  | [69]                         |
|                                            |                                                                                                    |                           | Разложение гидрофобных пестицидов / Decomposition of hydrophobic pesticides. Биоремедиация сред, загрязненных гидрофобными пестицидами / Bioremediation of the environment contaminated with hydrophobic pesticides                                                                                                                                                                               | [71]                         |
| <i>Trametes hirsute</i> (Wulfen) Pilat     | Basidiomycota<br>Agaricomycotina<br>Agaricomycetes<br>Polyporales<br>Polyporaceae<br>Trametes      | ATCC 42530                | Удаление пестицидов из сточных вод грибом, иммобилизованным на древесной щепе / Removal of pesticides from wastewater by fungus immobilized on wood chips.                                                                                                                                                                                                                                        | [72]                         |
|                                            |                                                                                                    |                           | Очистка сельскохозяйственных сточных вод, содержащих пестициды / Treatment of agricultural wastewater containing pesticides                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              |
|                                            |                                                                                                    |                           | Комплексное сравнительное исследование секретомов, протеомов и транскриптомов при его культивировании на средах различного состава / A comprehensive comparative study of secretomes, proteomes and transcriptomes during cultivation on the media of various compositions                                                                                                                        |                              |
|                                            |                                                                                                    |                           | Создание технологии биосинтеза фермента лакказы / The development of laccase enzyme biosynthesis technology                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              |
| <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst. | Basidiomycota<br>Agaricomycotina<br>Agaricomycetes<br>Polyporales<br>Fomitopsidaceae<br>Fomitopsis | MT-17.24                  | Подбор питательной среды для получения ферментного препарата на основе гриба / Selection of a nutrient medium for obtaining an enzyme preparation based on the fungus.                                                                                                                                                                                                                            | [73]                         |
|                                            |                                                                                                    |                           | Биодеструкция полианонной целлюлозы, применяемой в качестве структурообразователя технологических жидкостей в процессе строительства и ремонта нефтяных и газовых скважин / Biodegradation of polyanion cellulose used as a structure-forming agent of process fluids during the construction and repair of oil and gas wells                                                                     |                              |
|                                            |                                                                                                    |                           | Изучены ростовые характеристики на целлюлозосодержащих агаризованных средах и растительных субстратах с добавлением твердой фазы после гидродинамической активации хвой пихты и опилок березы / Growth characteristics were studied on cellulose-containing agarized media and plant substrates with the addition of a solid phase after hydrodynamic activation of fir needles and birch sawdust |                              |
|                                            |                                                                                                    |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                              |

<sup>11</sup>Русинова Т. В. Разработка технологии биосинтеза фермента лакказы базидиальными грибами рода *Trametes*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2007. 20 с.

<sup>12</sup>Васина Д. В. Изучение организации мультигенного семейства лакказ базидиального гриба *Trametes hirsuta* – эффективного деструктора лигнина: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.

<sup>13</sup>Русинова Т. В. Указ. соч.

Селективный субстрат получен этим способом, обеспечивающим повышение урожайности плодовых тел базидиомицетов [78].

Метод твердофазной ферментации имитирует естественные микробиологические процессы, такие как компостирование и силосование, и открывает новые возможности биоконверсии твердых органических отходов путем производства биологически активных метаболитов как в лабораторных, так и промышленных масштабах [79].

Для биотрансформации отходов растительного сырья успешно применяются специальные биореакторы для твердофазной ферментации. Химический состав отходов и их физическое состояние обуславливают применение соответствующих по конструкции биореакторов. Выделяют шесть типов твердофазных ферментеров: 1) биореактор типа лотка; 2) биореактор с уплотненным слоем; 3) биореактор типа вращающегося барабана; 4) качающийся твердофазный биореактор; 5) биореактор в виде емкости, снабженной мешалкой; 6) твердофазный биореактор с псевдоожиженным слоем [80].

5. *Актуальность проблемы утилизации кородревесных отходов длительного хранения в Республике Коми.* Проблема утилизации кородревесных отходов длительного хранения остро стоит в Республике Коми. В черте г. Сыктывкар почти 100 лет с 1926 г. существует короотвал Сыктывкарского лесопильно-деревообрабатывающего комбината (в настоящее время ООО «Сыктывкарский ЛДК»). По информации администрации МО ГО «Сыктывкар», основное количество отходов производства (кора, опилки, щепа, обрезки досок) было накоплено в период 1950-2010 гг. С 1990-х по 2000-е годы на свалку, по-видимому, вывозили и смёт с улиц города – песок, камни, бытовой мусор, листья, ветки. В настоящее время короотвал занимает площадь примерно 10 гектаров высотой 20-25 метров. Объем кородревесных отходов оценивается около 1 млн м<sup>3</sup>.

По материалам Инфрагентства БНК<sup>14</sup>, в Республике Коми обсуждались различные варианты утилизации кородревесных отходов: сжигание на месте; сплав коры водным путем по р. Вычегда; сжигание на АО «Монди СЛПК»; использование полностью разложившихся кородревесных отходов в практических

целях в качестве искусственного питательного грунта. По проекту «Ликвидация склада коры» рядом с отвалом кородревесных отходов предполагалось строительство станции, которая бы сжигала опилки и кору, для производства тепла и электроэнергии. По сделанным в 2011-2012 гг. подсчетам, объема отходов свалки должно было хватить на 12-15 лет бесперебойной работы станции. Официально ТЭС была запущена в строй в ноябре 2015 г., станция работает и сейчас, но в качестве сырья использует свежие отходы лесопиления, а не отходы со свалки длительного хранения. Как оказалось, перегнившие кородревесные отходы не пригодны для сжигания. Тем не менее, согласно Стратегии экологической безопасности России до 2025 года необходимо ликвидировать накопленные отходы, возникшие результате хозяйственной деятельности и наносящие вред окружающей среде. Таким образом, судьба отвала кородревесных отходов сохраняет свою актуальность и сегодня.

Для оценки пригодности кородревесных отходов длительного хранения, накопленных на ООО «Сыктывкарский ЛДК» для получения полезных продуктов путем ее биоконверсии, необходимо решить следующие первоочередные задачи:

1. Определение состава органического вещества по градиенту высоты короотвала: целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза, гумус, влажность, кислотность, общий азот и фосфор и другие показатели.

2. Определение класса опасности образцов кородревесных отходов, отобранных на разных глубинах. Определение содержания фенола и тяжелых металлов.

3. Определение ферментативной активности в образцах отходов, отобранных на различных глубинах объекта.

4. Выделение и идентификация природных штаммов микроорганизмов, участвующих в биотрансформации кородревесных отходов в естественных условиях.

5. Разработка метода ТФФ кородревесных отходов с помощью целлюлолитических и лигнолитических микроорганизмов и ксилотрофных грибов с целью получения почвopodobных субстратов и удобрений для использования в сельском хозяйстве, дорожном строительстве для формирования откосов земляного полотна автомобильных дорог, рекультивации земель

<sup>14</sup>Сжечь, вывезти или оставить: как хотели и как собираются ликвидировать гигантскую свалку коры в сыктывкарском Лесозаводе. Информационное агентство БНК. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bnkom.ru/data/news/102305/> (дата обращения: 20.04.2021).

в нефтегазовой промышленности и других практически важных целях, таких как получение плодовых тел съедобных ксилотрофных грибов, белково-углеводных кормовых добавок и ценных метаболитов ксилотрофных грибов для медицины.

В лаборатории биохимии и биотехнологии Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН накоплен значительный опыт в использовании метода твердофазной ферментации целлюлозосодержащего сырья с помощью ксилотрофных грибов и смешанных культур по получению новых белково-углеводных кормовых добавок для жвачных животных [55], повышения реакционной способности лигноцеллюлозы к ферментативному гидролизу при получении биотоплива (биоэтанола) из непищевого сырья [75, 49], получения ценных биологически активных веществ из плодовых тел и мицелия ксилотрофных грибов. Этот опыт может быть использован при разработке научных основ технологии биотрансформации кородревесных отходов длительного хранения.

**Заключение.** Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы по вопросу утилизации коры и кородревесных отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

По данным Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины<sup>15</sup>, общее количество коры, получаемой на предприятиях при окорке древесины, с учетом потери коры в процессе лесозаготовок, изменяется от 7 до 15 % объема ликвидной древесины. Такой большой объем коры, образующийся в процессах деревообработки, определяет актуальность проблемы вовлечения коры как вторичного растительного сырья в процессы ее переработки или утилизации. В настоящее время используются различные методы применения коры и кородревесных отходов. К традиционным методам относят: вывоз в отвалы, производство древесноволокнистых и древесно-стружечных плит, топливных брикетов, активных углей; сорбентов нефти и нефтепродуктов, получение экстрактивных веществ технического, сельскохозяйственного и медицинского назначения. Кору пробкового дуба используют для производства пробки.

Хотя кора является низкосортным топливом с высоким содержанием влаги и золы,

сжигание является одним из основных методов утилизации коровых отходов. В настоящее время вместе с основным топливом сжигается около 40 % текущих запасов коры. Эффективная утилизация кородревесных отходов термическими способами с получением тепловой энергии или технологического пара на производственные нужды возможна только в случае, если влажность отходов будет составлять не более 60 %.

Несмотря на имеющиеся методы переработки свежей коры в Российской Федерации пока отсутствуют масштабные, наукоемкие, экономически рентабельные технологии по ее переработке, и недостаточно развит рынок потребления продуктов ее переработки, что приводит к образованию свалок кородревесных отходов длительного срока хранения. Поскольку кородревесные отходы длительного хранения имеют высокую влажность, к ним не применимы термические методы обезвреживания (сжигание).

Утилизация кородревесных отходов длительного срока хранения стала возможна с развитием биотехнологических методов. Наиболее простым в технологическом исполнении методом является биокомпостирование кородревесных отходов с применением минеральных солей с получением корокомпостов в качестве органического удобрения с высокими потребительскими свойствами. Данный метод основан на ускорении микробиологических процессов разложения кородревесного субстрата путем стимуляции природных консорциумов микроорганизмов. К современным биотехнологическим методам следует также отнести различные подходы, позволяющие интенсифицировать процессы биодеструкции кородревесных отходов в короотвалах длительного хранения за счет введения в толщу короотвала искусственных ассоциаций микроорганизмов – деструкторов коры и древесины, оптимизации минерального состава, кислотности среды, а также осуществление принудительной аэрации для роста микроорганизмов. Имеются примеры создания биотехнических комплексов, когда в тело короотвала вводится сеть связанных между собой биореакторов, в которые подается активирующий раствор, содержащий микроорганизмы-биодеструкторы и биофильные элементы.

<sup>15</sup>Отходы окорки. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru-ecology.info/term/28225/> (дата обращения: 20.04.2022).

Поскольку в биотехнологических разработках важны как биоинженерные решения, так и наличие высокоактивных штаммов-продуцентов, в отечественной и зарубежной литературе большое внимание уделяется исследованию ксилотрофных грибов-продуцентов ферментов лигнолитического комплекса и их использованию в процессах биоконверсии отходов лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Как показывает анализ литературы, в качестве метода вовлечения ксилотрофных грибов в процессы биотрансформации лигноцеллюлозного сырья весьма многообещающим видится твердофазная ферментация, аппаратное оформление которой позволяет масштабировать процессы на промышленном уровне.

Для решения проблемы утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения следует продолжить фундаментальные и прикладные исследования с непосредственным участием предприятий реального сектора экономики. На примере коротвала ООО «Сыктывкарский ЛДК» предложен алгоритм утилизации кородревесных отходов длительного срока хранения биотехнологическими методами с целью решения экологической проблемы загрязнения окружающей среды отходами деревообработки и получения ценных продуктов для сельского хозяйства, дорожного строительства, медицины и пищевой промышленности.

### Список литературы

1. Wenig C., Dunlop J. W. C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F. J., Horbelt N., Krauthausen K., Fratzl P., Eder M. Advanced materials design based on waste wood and bark. *Phil. Trans. R. Soc.* 2021;379(2206):20200345. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0345>
2. Альберг Н. И., Санжиева С. Е., Салхофер С. Комплексное устойчивое управление отходами. Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. 308 с.
3. Мохирев А. П., Безруких Ю. А., Медведев С. О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования. *Инженерный вестник Дона.* 2015;(2-2):13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24132495>
4. Михайлов К. Л., Гуцин В. А., Тараканов А. М. Организация сбора и переработки лесосечных отходов и дров на лесосеке. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.* 2016;(6):98-106. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.6.98>
5. Мосягин В. И. Проблемы экологизации лесного комплекса. СПб.: ЛТА, 1999. 375 с.
6. Singh A., Singh A. Microbial degradation and value addition to food and agriculture waste. *Current Microbiology.* 2022;79:119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00284-022-02809-5>
7. Tripathi N., Hills C. D., Singh R. S., Atkinson C. J. Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource. *Climate and Atmospheric Science.* 2019;2:35. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>
8. Kumar A., Gautam A., Dutt D. Biotechnological transformation of lignocellulosic biomass in to industrial products: An Overview. *Advanced in Bioscience and Biotechnology.* 2016;7(3):149-168. DOI: <https://doi.org/10.4236/abb.2016.73014>
9. Симонов М. Н., Торговников Г. И. Окорочные станки. Устройство и эксплуатация. М.: Лесная промышленность, 1990. 182 с.
10. Капица Е. А., Шорохова Е. В., Ромашкин И. В., Галибина Н. А., Никерова К. М., Казарцев И. А. Разложение коры в составе порубочных остатков после сплошных рубок в среднетаежных лесах. *Лесоведение.* 2019;(1):38-48. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>
11. Соболева С. В., Ченцова Л. И., Воронин В. М. Переработка коры осины с получением биологически активных веществ и кормовых продуктов: монография. Красноярск: СибГТУ, 2013. 77 с.
12. Pásztor Z., Mohácsiné I. R., Gorbacheva G., Börcsök Z. The utilization of tree bark. *BioResources.* 2016;11(3):7859-7888. URL: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/the-utilization-of-tree-bark/>
13. Белякова А. Ю., Погребняк А. В., Погребняк Л. В. Физико-химические и биологические свойства компонентов внешней коры березы. *Современные проблемы науки и образования.* 2015;(2-2):492. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24921354>
14. Дейнеко И. П., Дейнеко И. В., Белов Л. П. Исследование химического става коры сосны. *Химия растительного сырья.* 2007;(1):19-24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9482860>
15. Королев К. Г., Ломовский О. И. Способ получения биологически активной суммы тритерпеновых кислот: пат. № 2303589 Российская Федерация. № 2006107808/04: заяв. 13.03.2006; опубл. 27.07.2007. Бюл. № 21. 7 с.
16. Kuznetsov B. N., Efremov A. A., Levanskii V. A., Kuznetsova S. A., Polezhaeva N. I., Shilkina T. A., Krotova I. V. The using of non-isobaric pre-hydrolysis for the isolation of organic compounds from wood and bark. *Bioresource Technology.* 1996;58(2):181-188. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00097-1)

17. Левданский В. А., Полежаева Н. И., Шилкина Т. А., Кузнецов Б. Н. Выделение экстрактивных веществ из коры лиственницы и пихты, активированной водяным паром в присутствии хлорида аммония. Химия растительного сырья. 2001;(4):87-91. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9337191>
18. Jiang W., Adamopoulos S., Hosseinpourpia R., Žigon J., Petric M., Šernek M., Medved S. Utilization of partially liquefied bark for production of particleboards. Appl. Sci. 2020;10(15):5253. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155253>
19. Роденков В. П., Столяров В. Ф., Турбин В. В., Воробьев Е. А., Коновалов Н. М., Антонов А. Н. Способ получения активированного угля из древесных опилок и мелкой щепы и установка для его осуществления: пат. № 2104926 Российская Федерация. № 96113701/25: заяв. 04.07.1996; опубл. 20.02.1998.
20. Кочева Л. С., Карманов А. П., Кочанова А. В. Способ получения сорбента нефти и нефтепродуктов: пат. № 2638354 Российская Федерация. № 2016138920: заявл. 03.10.2016; опубл. 13.12.2017. Бюл. № 35. 7 с.
21. Lehtikangas P. Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. Biomass and Bioenergy. 2001;20(5):351-360. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00092-1](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00092-1)
22. Yao J.-L., Fang S.-M., Liu R., Oppong M. B., Liu E.-W., Fan G.-W., Zhang H. A Review on the Terpenes from Genus *Vitex*. Molecules. 2016;21:1179. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21091179>
23. Володин В. В., Ву Тхи Л., Володина С. О., Кузнецов А. Н. Экдистероидсодержащие растения национального парка Кук Фьонг (Северный Вьетнам). Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018;3(35):46-53. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35728633>
24. Kamperidou V., Lykidis C., Barmoutis P. Utilization of wood and bark of fast-growing hardwood species in energy production. J. For. Sci. 2018;64(4):164-170. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2017-JFS>
25. Ширинкина Е. С. Минимизация воздействия кородревесных отходов целлюлозно-бумажной промышленности на окружающую среду. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2014;(2):108-118. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21943543>
26. Кайгородов Р. В. Влияние кородревесных отходов на биологическую активность техногенных поверхностных образований придорожных пространств. Успехи современного естествознания. 2019;(11):83-88. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41435678>
27. Веприкова Е. В., Кузнецова С. А., Чесноков Н. В., Кузнецов Б. Н. Получение органоминеральных удобрений на основе древесной коры (обзор). Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2016;9(4):414-429. DOI: <https://doi.org/10.17516/1998-2836-2016-9-4-414-429>
28. Мокрушина Н. С., Тарасова Т. С., Дармов И. В. Выделение микромицетов, перспективных для разработки на их основе биопрепарата для ускоренной переработки древесных отходов в удобрение. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2010;(2-2):430-434. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15529284>
29. Девятловская А. Н. Использование древесной коры в качестве тепличного грунта. Вестник КрасГАУ. 2010;(2):25-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14999093>
30. Девятловская А. Н., Журавлева Л. Н., Девятловский Н. В. Утилизация древесной коры деревообрабатывающих предприятий. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010;(27):51-54. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22696779>
31. Dossa G. G. O., Schaefer D., Zhang J.-L., Tao J.-C., Cao K.-F., Corlett R. T., Cunningham A. B., Xu J.-C., Cornelissen J. H. C., Harrison R. D. The cover uncovered: bark control over wood decomposition. Journal of Ecology. 2018;106:2147-2160.
32. Gilbertson R. L. Wood-Rotting Fungi of North America. Mycologia. 1980;72(1):1-49. DOI: <https://doi.org/10.1080/00275514.1980.12021153>
33. Griffiths B. S., Caul S. Migration of bacterial-feeding nematodes, but not proto-zoa, to decomposing grass residues. Biology and Fertility of Soils. 1993;15:201-207. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00361612>
34. Jurgensen M. F., Larsen M. J., Spano S. D., Harvey A. E., Gale M. R. Nitrogen fixation associated with increased wood decay in Douglas-fir residue. Forest Science. 1984;30:1038-1044.
35. Larsen M. J., Jurgensen M. F., Harvey A. E. N<sub>2</sub> fixation associated with wood de-cayed by some common fungi in western Montana. Canadian Journal of Forest Research. 1978;8(3):341-345. DOI: <https://doi.org/10.1139/X78-050>
36. Merrill W., Cowling E. B. Role of nitrogen in wood deterioration – Amount and distribution of nitrogen in fungi. Phytopathology. 1966;56:1083-1090.
37. Alban D. H., Pastor J. Decomposition of aspen, spruce, and pine boles on two sites in Minnesota. Canadian Journal of Forest Research. 1993;23 (9):1744-1749. DOI: <https://doi.org/10.1139/X93-220>
38. Laiho R., Prescott C. E. The contribution of coarse woody debris to carbon, nitro-gen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests. Canadian Journal of Forest Research. 1999;29(10):1592-1603. DOI: <https://doi.org/10.1139/X99-132>
39. Larsen M. J., Jurgensen M. F., Harvey A. E. N<sub>2</sub> fixation in brown-rotted soil wood in an intermountain cedar-hemlock ecosystem. Forest Science. 1982;28(2):292-296.

40. Rinne K. T., Rajala T., Peltoniemi K., Chen J., Smolander A., Mäkipää R. Accumulation rates and sources of external nitrogen in decaying wood in a Norway spruce dominated forest. *Functional Ecology*. 2017;31(2):530-541. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12734>
41. Petrillo M., Cherubini P., Fravolini G., Marchetti M., Ascher-Jenull J., Schärer M., Synal H. A., Bertoldi D., Camin F., Larcher R., Egli M. Time since death and de-cay rate constants of Norway spruce and European larch deadwood in subalpine forests determined using dendrochronology and radiocarbon dating. *Biogeosciences*. 2016;13(5):1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-13-1537-2016>
42. Strukelj M., Brais S., Quideau S. A., Angers V. A., Kebli H., Drapeau P., Oh S.-W. Chemical transformations in downed logs and snags of mixed boreal species during decomposition. *Canadian Journal of Forest Research*. 2013;43(9):785-798. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJFR-2013-0086>
43. Laiho R., Prescott C. E. Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*. 2004;34(4):763-777. DOI: <https://doi.org/10.1139/X03-241>
44. Ruokolainen A., Shorohova E., Penttilä R., Kotkova V., Kushnevskaia H. A continuum of dead wood with various habitat elements maintains the diversity of wood-inhabiting fungi in an old-growth boreal forest. *European Journal of Forest Research*. 2018;137:707-718. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1135-y>
45. Дейнеко И. П., Фаустова Н. М. Элементный и групповой химический состав коры и древесины осины. *Химия растительного сырья*. 2015;(1):51-62. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24148922>
46. Полубояринов О. И., Сорокин А. М. Физические свойства сосновой коры и ее компонентов. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 1997;3:70-74. Режим доступа: [http://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT\\_ID=70809](http://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=70809)
47. Palviainen M., Finér L. Decomposition and nutrient release from Norway spruce coarse roots and stumps – a 40-year chronosequence study. *Forest Ecology and Management*. 2015;358:1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2015.08.036>
48. Palviainen M., Finér L., Laiho R., Shorohova E., Kapitsa E., Vanha-Majamaa I. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management*. 2010;259(3):390-398. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2009.10.034>
49. Донцов А. Г. Разработка концепта биоэтанольного производства на платформе технологии биопалпинга. *Бутлеровские сообщения*. 2021;68(12):95-102. Режим доступа: <https://butlerov.com/files/reports/2021/vol68/12/95/21-68-12-95-.pdf>
50. Курило О. Н., Ширинкина Е. С., Вайсман Я. И. Снижение негативного воздействия короотвала целлюлозно-бумажного предприятия на окружающую среду путем использования кородревесных отходов длительного срока хранения. *Экология и промышленность России*. 2015;19(1):45-49. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22811217>
51. Максимов А. Ю., Максимова Ю. Г., Шилова А. В., Колесова О. В., Симонетти Дж. Исследование свойств и микробиологического состава кородревесных отходов короотвала г. Краснокамск. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. 2018;(4):98-109. DOI: <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2018.4.08>
52. Максимов А. Ю., Шилова А. В., Лисовенко Н. Ю., Баландина С. Ю., Щетко В. А. Применение нового фунгицидного препарата инканон для предпосевной обработки семян при выращивании рассады томатов в искусственном грунте, полученном методом микробиологической переработки кородревесных отходов. *Вестник Пермского университета. Химия*. 2020;10(1):108-117. DOI: <https://doi.org/10.17072/2223-1838-2020-1-108-117>
53. Максимов А. Ю., Шилова А. В., Максимова Ю. Г. Способ переработки кородревесных отходов, биореактор и технологическая линия для осуществления способа: пат. № 2729366 Российская Федерация. № 2020111369: заяв. 18.03.2020; опубл. 06.08.2020. Бюл. № 22. 16 с.
54. Горелов В. В., Иларионов С. А., Басов В. Н., Кузовкина В. А., Басов А. В., Зонина Л. Д. Способ переработки короотвала и технологическая площадка для его осуществления: пат. № 2520022 Российская Федерация. № 2011136981/13: заявл. 08.09.2011; опубл. 20.06.2014. Бюл. 17. 9 с.
55. Биоконверсия целлюлозосодержащего сырья (Тр. Коми научного центра УрО Российской академии наук. № 125). Под ред. В. В. Володина. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1992. 73 с.
56. Куликова Н. А., Кляйн О. И., Степанова Е. В., Королева О. В. Использование базидиальных грибов в технологиях переработки и утилизации техногенных отходов: Фундаментальные и прикладные аспекты (Обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2011;47(6):619-634. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17238641>
57. Wendiro D., Wacoo A. P., Wise G. Identifying indigenous practices for cultivation of wild saprophytic mushrooms: responding to the need for sustainable utilization of natural resources. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2019;15:64. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0342-z>
58. Сафонов М. А. Комплексы дереворазрушающих базидиомицетов пойменных лесов Южного Предуралья (Оренбургская область). *Успехи современного естествознания*. 2015;(8):62-65. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24171678>

59. Паламарчук М. А. Ксилотрофные агарикоидные базидиомицеты Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал). Хвойные бореальной зоны. 2009;26(1):67-71.  
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12330615>
60. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 232 с.
61. Bari E., Karimi K., Aghajani H., Schmidt O., Zacheri S., Tajick-Ghanbary M. A., Juybari H. Z. Characterizations of tree-decay fungi by molecular and morphological investigations in an Iranian alandardeh forest. Maderas. Ciencia y tecnología. 2021;23(33). DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2021000100433>
62. Fukasawa Y. Ecological impacts of fungal wood decay types: A review of current knowledge and future research directions. Ecological Research Volume. 2021;36(6):910-931.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12260>
63. Krah F. S., Bässler C., Heibl C., Soghigian J., Schaefer H., Hibbett D. S. Evolutionary dynamics of host specialization in wood-decay fungi. BMC Evolutionary Biology. 2018;18:119.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1229-7>
64. Фёдорова Т. В., Шахова Н. В., Клайн О. И., Глазунова О. А., Малошенок Л. Г., Куликова Н. А., Псурцева Н. В., Королёва О. В. Сравнительный анализ лигнолитического потенциала базидиальных грибов, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам. Прикладная биохимия и микробиология. 2013;49(6):570-579. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20280611>
65. Lustenhouwer N., Maynard D. S., Bradford M. A., Lindner D. L., Oberle B., Zanne A. E., Crowther Th. W. A trait-based understanding of wood decomposition by fungi. PNAS. 2020;117(21):11551-11558.  
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1909166117>
66. Кононов Г. Н., Веревкин А. Н., Сердюкова Ю. В., Зайцев В. Д. Микелиз древесины, его продукты и их использование. I. Экологические аспекты микологического разрушения древесины. Лесной вестник. 2020;24(2):81-87. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-2-81-87>
67. Li T., Cui L., Song X., Cui X., Wei Yu., Tang L., Mu Ya., Xu Z. Wood decay fungi: an analysis of world-wide research. Journal of Soils and Sediments. 2022;22:1688-1702 DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03225-9>
68. Богородская А. В., Киселева О. В. Использование продуктов биоконверсии отходов деревообработки в качестве биоудобрений для ремедиации деградированных почв. Агрохимия. 2021;(2):86-93.  
DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188121020046>
69. Mallak A. M., Lakzian A., Khodaverdi E., Haghnia G. H., Mahmoudi S. Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* on triclosan biodegradation and activity of laccase and manganese peroxidase enzymes. Microbial Pathogenesis. 2020;149(6):104473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104473>
70. Mamaeva O. O., Isaeva E. V. Use of Post-Extraction Fir Wood Greenery Residues by the Bioconversion Method with the Production of Feed Additives. Forests. 2021;12(3):272. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12030272>
71. Hu K., Peris A., Toran J., Eljarrat E., Sarra M., Blanquez P., Caminal G. Exploring the degradation capability of *Trametes versicolor* on selected hydrophobic pesticides through setting sights simultaneously on culture broth and biological matrix. Chemosphere. 2020;250:126293.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126293>
72. Tišma M., Žnidaršič-Plazl P., Šelo G., Tolj I., Šperanda M., Bucić-Kojić A., Planinić M. *Trametes versicolor* in lignocellulose-based bioeconomy: State of the art, challenges and opportunities. Bioresour Technology. 2021;330:124997. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124997>
73. Зубченко А. В., Кожевникова Е. Ю., Барков А. В., Тополюк Ю. А., Шнырева А. В., Винокуров В. А., Магадова Л. А. Возможности использования базидиального гриба *Trametes hirsute* MT-17.24 в биодеструкции полианионной целлюлозы. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021;11(3):472-480.  
DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-472-480>
74. Павлов И. Н., Литовка Ю. А., Литвинова Е. А., Петренко С. М., Эназаров Р. Х. Перспективы глубинного культивирования *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. на гидродинамически активированных растительных отходах. Химия растительного сырья. 2020;(4):385-394.  
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44529560>
75. Володин В. В., Шергина Н. Н., Мартынов В. В., Володина С. О., Шубаков А. А., Кожевникова Е. Ю., Ширшова Т. И., Васильев Р. Г. Биотехнологический потенциал дереворазрушающих грибов для получения биотоплива. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. 2021;17(4):11-23.  
Режим доступа: <https://biorosinfo.ru/journal/>
76. Смирнов К. А., Алашкевич Ю. Л., Решетова Н. С. Особенности твердофазной ферментации. Химия растительного сырья. 2009;(3):161-164. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13008084&>
77. Sath P. K., Duhan S., Duhan J. S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. Bioresour. Bioprocess. 2018;5(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
78. Голышкин А. В., Альмяшева Н. Р., Краснополянская Л. М. Субстрат для культивирования ксилотрофных базидиомицетов и способ его получения с использованием методов химической модификации лигноцеллюлозного сырья: пат. № 2699991 Российская Федерация. № 2018139959: заяв. 13.11.2018; опубл. 11.09.2019. Бюл. № 26. 14 с.

79. Thomas L., Larroche C., Pandey A. Current developments in solid-state fermentation. *Biochem. Eng. J.* 2013;81:146-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.10.013>

80. Кулишов Б. А., Ле Ань Туан, Канарский А. В. Утилизация отходов переработки растительного сырья в биореакторах для твердофазной ферментации. *Вестник Казанского технологического университета.* 2015;18(3):286-290. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021888>

### References

1. Wenig C., Dunlop J. W. C., Hehemeyer-Cürten J., Reppe F. J., Horbelt N., Krauthausen K., Fratzl P., Eder M. Advanced materials design based on waste wood and bark. *Phil. Trans. R. Soc.* 2021;379(2206):20200345. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0345>

2. Alberg N. I., Sanzhieva S. E., Salkhofer S. Integrated sustainable waste management. Woodworking and pulp and paper industry. Moscow: Izdatel'skiy dom Akademii Estestvoznaniya, 2016. 308 p.

3. Mokhiev A. P., Bezrukikh Yu. A., Medvedev S. O. Recycling of wood wastes of timber industry, as a factor of sustainable resource management. *Inzhenernyy vestnik Dona* = Engineering Journal of Don. 2015;(2-2):13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24132495>

4. Mikhaylov K. L., Gushchin V. A., Tarakanov A. M. Collection and processing of logging residual and firewood in a felling area. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* = Bulletin of Higher Educational Institutions. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal). 2016;(6):98-106. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.6.98>

5. Mosyagin V. I. Problems of ecologization of the forest complex. Saint-Petersburg: LTA, 1999. 375 p.

6. Singh A., Singh A. Microbial degradation and value addition to food and agriculture waste. *Current Microbiology.* 2022;79:119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00284-022-02809-5>

7. Tripathi N., Hills C. D., Singh R. S., Atkinson C. J. Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource. *Climate and Atmospheric Science.* 2019;2:35. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>

8. Kumar A., Gautam A., Dutt D. Biotechnological transformation of lignocellulosic biomass in to industrial products: An Overview. *Advanced in Bioscience and Biotechnology.* 2016;7(3):149-168. DOI: <https://doi.org/10.4236/abb.2016.73014>

9. Simonov M. N., Torgovnikov G. I. Debarking machines. Device and operation. Moscow: *Lesnaya promyshlennost'*, 1990. 182 p.

10. Kapitsa E. A., Shorokhova E. V., Romashkin I. V., Galibina N. A., Nikerova K. M., Kazartsev I. A. Decomposition of bark as a part of logging slash after clear-cutting in mixed middle boreal forests. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science. 2019;(1):38-48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0024114819010066>

11. Soboleva S. V., Chentsova L. I., Voronin V. M. Processing of aspen bark to obtain biologically active substances and feed products: monograph. Krasnoyarsk: *SibGTU*, 2013. 77 p.

12. Páztory Z., Mohácsiné I. R., Gorbacheva G., Börcsök Z. The utilization of tree bark. *BioResources.* 2016;11(3):7859-7888. URL: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/the-utilization-of-tree-bark/>

13. Belyakova A. Yu., Pogrebnyak A. V., Pogrebnyak L. V. Physico-chemical and biological properties of the components of the outer birch bark. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2015;(2-2):492. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24921354>

14. Deyneko I. P., Deyneko I. V., Belov L. P. Investigation of the chemical composition of pine bark. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* = Chemistry of plant raw material. 2007;(1):19-24. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9482860>

15. Korolev K. G., Lomovskiy O. I. A method for obtaining a biologically active amount of triterpene cislol: Patent RF, no. 2303589, 2007.

16. Kuznetsov B. N., Efremov A. A., Levanskii V. A., Kuznetsova S. A., Polezhaeva N. I., Shilkina T. A., Krotova I. V. The using of non-isobaric pre-hydrolysis for the isolation of organic compounds from wood and bark. *Bioresource Technology.* 1996;58(2):181-188. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00097-1)

17. Levanskii V. A., Polezhaeva N. I., Shilkina T. A., Kuznetsov B. N. Extraction of extractive substances from the bark of larch and fir activated by water vapor in the presence of ammonium chloride. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* = Chemistry of plant raw material. 2001;(4):87-91. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9337191>

18. Jiang W., Adamopoulos S., Hosseinpourpia R., Žigon J., Petric M., Šernek M., Medved S. Utilization of partially liquefied bark for production of particleboards. *Appl. Sci.* 2020;10(15):5253. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155253>

19. Rodenkov V. P., Stolyarov V. F., Turbin V. V., Vorobev E. A., Konovalov N. M., Antonov A. N. A method for producing activated carbon from sawdust and small chips and an installation for its implementation: Patent RF, no. 2104926, 1998.

20. Kocheva L. S., Karmanov A. P., Kochanova A. V. Method of obtaining sorbent of oil and petroleum products: Patent RF, no. 2638354, 2017.

21. Lehtikangas P. Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. *Biomass and Bioenergy*. 2001;20(5):351-360. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00092-1](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00092-1)
22. Yao J.-L., Fang S.-M., Liu R., Oppong M. B., Liu E.-W., Fan G.-W., Zhang H. A Review on the Terpenes from Genus *Vitex*. *Molecules*. 2016;21:1179. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21091179>
23. Volodin V. V., Vu Tkhi L., Volodina S. O., Kuznetsov A. N. Ecdysteroid-containing plants of the national park Cuc Phuong (Northern Vietnam). *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN* = Proceedings of the Komi science centre Ural branch Russian academy of sciences. 2018;3(35):46-53. (Un Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35728633>
24. Kamperidou V., Lykidis C., Barmoutis P. Utilization of wood and bark of fast-growing hardwood species in energy production. *J. For. Sci.* 2018;64(4):164-170. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2017-JFS>
25. Shirinkina E. S. Minimization of the impact of bark-wood waste from the pulp and paper industry on the environment. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika* = Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Applied ecology. Urban development. 2014;(2):108-118. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21943543>
26. Kaygorodov R. V. Impact of wood waste on biological activity of technogenic surface formations of road-side areas. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2019;(11):83-88. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41435678>
27. Veprikova E. V., Kuznetsova S. A., Chesnokov N. V., Kuznetsov B. N. Obtaining of organomineral fertilizers on the basis of wood bark (review). *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Khimiya* = Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2016;9(4):414-429. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17516/1998-2836-2016-9-4-414-429>
28. Mokrushina N. S., Tarasova T. S., Darmov I. V. Isolation of micromycetes which are promising in developing a biopreparation for speeding up the composting of wood wastes into fertilizers. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo* = Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. 2010;(2-2):430-434. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15529284>
29. Devyatlovskaya A. N. Tree bark use as greenhouse soil. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2010;(2):25-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14999093>
30. Devyatlovskaya A. N., Zhuravleva L. N., Devyatlovskiy N. V. Utilization of wood bark of wood processing enterprises. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2010;(27):51-54. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22696779>
31. Dossa G. G. O., Schaefer D., Zhang J.-L., Tao J.-C., Cao K.-F., Corlett R. T., Cunningham A. B., Xu J.-C., Cornelissen J. H. C., Harrison R. D. The cover uncovered: bark control over wood decomposition. *Journal of Ecology*. 2018;106:2147-2160.
32. Gilbertson R. L. Wood-Rotting Fungi of North America. *Mycologia*. 1980;72(1):1-49. DOI: <https://doi.org/10.1080/00275514.1980.12021153>
33. Griffiths B. S., Caul S. Migration of bacterial-feeding nematodes, but not proto-zoa, to decomposing grass residues. *Biology and Fertility of Soils*. 1993;15:201-207. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00361612>
34. Jurgensen M. F., Larsen M. J., Spano S. D., Harvey A. E., Gale M. R. Nitrogen fixation associated with increased wood decay in Douglas-fir residue. *Forest Science*. 1984;30:1038-1044.
35. Larsen M. J., Jurgensen M. F., Harvey A. E. N<sub>2</sub> fixation associated with wood decayed by some common fungi in western Montana. *Canadian Journal of Forest Research*. 1978;8(3):341-345. DOI: <https://doi.org/10.1139/X78-050>
36. Merrill W., Cowling E. B. Role of nitrogen in wood deterioration – Amount and distribution of nitrogen in fungi. *Phytopathology*. 1966;56:1083-1090.
37. Alban D. H., Pastor J. Decomposition of aspen, spruce, and pine boles on two sites in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research*. 1993;23 (9):1744-1749. DOI: <https://doi.org/10.1139/X93-220>
38. Laiho R., Prescott C. E. The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 1999;29(10):1592-1603. DOI: <https://doi.org/10.1139/X99-132>
39. Larsen M. J., Jurgensen M. F., Harvey A. E. N<sub>2</sub> fixation in brown-rotted soil wood in an intermountain cedar-hemlock ecosystem. *Forest Science*. 1982;28(2):292-296.
40. Rinne K. T., Rajala T., Peltoniemi K., Chen J., Smolander A., Mäkipää R. Accumulation rates and sources of external nitrogen in decaying wood in a Norway spruce dominated forest. *Functional Ecology*. 2017;31(2):530-541. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12734>
41. Petrillo M., Cherubini P., Fravolini G., Marchetti M., Ascher-Jenull J., Schärer M., Synal H. A., Bertoldi D., Camin F., Larcher R., Egli M. Time since death and decay rate constants of Norway spruce and European larch deadwood in subalpine forests determined using dendrochronology and radiocarbon dating. *Biogeosciences*. 2016;13(5):1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-13-1537-2016>
42. Strukelj M., Brais S., Quideau S. A., Angers V. A., Kebli H., Drapeau P., Oh S.-W. Chemical transformations in downed logs and snags of mixed boreal species during decomposition. *Canadian Journal of Forest Research*. 2013;43(9):785-798. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJFR-2013-0086>

43. Laiho R., Prescott C. E. Decay and nutrient dynamics of coarse woody debris in northern coniferous forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*. 2004;34(4):763-777. DOI: <https://doi.org/10.1139/X03-241>
44. Ruokolainen A., Shorohova E., Penttilä R., Kotkova V., Kushnevskaia H. A continuum of dead wood with various habitat elements maintains the diversity of wood-inhabiting fungi in an old-growth boreal forest. *European Journal of Forest Research*. 2018;137:707-718. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1135-y>
45. Deyneko I. P., Faustova N. M. Elemental and group chemical composition of aspen bark and wood. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* = Chemistry of plant raw material. 2015;(1):51-62. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24148922>
46. Poluboyarinov O. I., Sorokin A. M. Physical properties of pine bark and its components. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* = Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal). 1997;3:70-74. (In Russ.). URL: [http://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT\\_ID=70809](http://lesnoizhurnal.ru/issuesarchive/?ELEMENT_ID=70809)
47. Palviainen M., Finér L. Decomposition and nutrient release from Norway spruce coarse roots and stumps – a 40-year chronosequence study. *Forest Ecology and Management*. 2015;358:1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2015.08.036>
48. Palviainen M., Finér L., Laiho R., Shorohova E., Kapitsa E., Vanha-Majamaa I. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management*. 2010;259(3):390-398. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2009.10.034>
49. Dontsov A. G. Development of the concept of a bioethanol plant based on the biopalping technology platform. *Butlerovskie soobshcheniya* = Butlerov Communications. 2021;68(12):95-102. (In Russ.). URL: <https://butlerov.com/files/reports/2021/vol68/12/95/21-68-12-95-.pdf>
50. Kurilo O., Shirinkina E., Vaisman Y. Reducing the Negative Impact of Pulp and Paper Industry Wood Waste Landfill on the Environment by Using the Bark and Wood Waste of the Prolonged Storage. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* = Ecology and Industry of Russia. 2015;19(1):45-49. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22811217>
51. Maksimov A. Yu., Maksimova Yu. G., Shilova A. V., Kolesova O. V., Simonetti Dzh. Evaluation of the prospects of biodegradation of cellulose-containing waste from Krasnokamsk woodworking enterprise (Perm region) based on the study of their physical and chemical properties and microbiota. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya* = Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Chemical Technology and Biotechnology. 2018;(4):98-109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2018.4.08>
52. Maksimov A. Yu., Shilova A. V., Lisovenko N. Yu., Balandina S. Yu., Shchetko V. A. Application of the new fungicide incanon for pre-sowing seed treatment when growing tomato seedlings in artificial soil obtained by microbiological processing of bark-wood waste. *Vestnik Permskogo universiteta. Khimiya* = Bulletin of Perm university. Chemistry. 2020;10(1):108-117. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17072/2223-1838-2020-1-108-117>
53. Maksimov A. Yu., Shilova A. V., Maksimova Yu. G. A method for processing bark-wood waste, a bioreactor and a technological line for implementing the method: Patent RF no. 2729366, 2020.
54. Gorelov V. V., Ilarionov S. A., Basov V. N., Kuzovkina V. A., Basov A. V., Zonova L. D. The method of processing the scrap metal and the technological platform for its implementation: Patent RF no. 2520022, 2014.
55. Bioconversion of cellulose-containing raw materials (Tr. Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. № 125). *Pod red. V. V. Volodina. Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN*, 1992. 73 p.
56. Kulikova N. A., Klyayn O. I., Stepanova E. V., Koroleva O. V. Use of Basidiomycetes in Industrial Waste Processing and Utilization Technologies: Fundamental and Applied Aspects (Review). *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2011;47(6):619-634. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17238641>
57. Wendi D., Wacoo A. P., Wise G. Identifying indigenous practices for cultivation of wild saprophytic mushrooms: responding to the need for sustainable utilization of natural resources. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2019;15:64. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0342-z>
58. Safonov M. A. Complexes of wood-destroying basidiomycetes of floodplain forests of the Southern Preurals (Orenburg region). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015;(8):62-65. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24171678>
59. Palamarchuk M. A. Xylotrophic agaricoid basidiomycetes of the Pechora-Ilych Reserve (Northern Urals). *Khvoynye boreal'noy zony* = Conifers of the boreal area. 2009;26(1):67-71. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12330615>
60. Mukhin V. A. Biota of xylotrophic basidiomycetes of the West Siberian Plain. Ekaterinburg: *UIF «Nauka»*, 1993. 232 p.
61. Bari E., Karimi K., Aghajani H., Schmidt O., Zacheri S., Tajick-Ghanbary M. A., Juybari H. Z. Characterizations of tree-decay fungi by molecular and morphological investigations in an Iranian alamdard forest. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 2021;23(33). DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2021000100433>
62. Fukasawa Y. Ecological impacts of fungal wood decay types: A review of current knowledge and future research directions. *Ecological Research* Volume. 2021;36(6):910-931. DOI: <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12260>

63. Krah F. S., Bässler C., Heibl C., Soghigian J., Schaefer H., Hibbett D. S. Evolutionary dynamics of host specialization in wood-decay fungi. *BMC Evolutionary Biology*. 2018;18:119. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1229-7>
64. Fedorova T. V., Shakhova N. V., Klyayn O. I., Glazunova O. A., Maloshenok L. G., Kulikova N. A., Psurtseva N. V., Koroleva O. V. Comparative analysis of the ligninolytic potential of basidiomycetes belonging to different taxonomic and ecological groups. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2013;49(6):570-579. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20280611>
65. Lustenhouwera N., Maynard D. S., Bradford M. A., Lindner D. L., Oberle B., Zanne A. E., Crowther Th. W. A trait-based understanding of wood decomposition by fungi. *PNAS*. 2020;117(21):11551-11558. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1909166117>
66. Kononov G. N., Verevkin A. N., Serdyukova Yu. V., Zaytsev V. D. Wood mycolysis, its products and their use. I. Ecological aspects of mycological wood destruction. *Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin*. 2020;24(2):81-87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-2-81-87>
67. Li T., Cui L., Song X., Cui X., Wei Yu., Tang L., Mu Ya., Xu Z. Wood decay fungi: an analysis of world-wide research. *Journal of Soils and Sediments*. 2022;22:1688-1702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03225-9>
68. Bogorodskaya A. V., Kiseleva O. V. Use of wood waste bioconversion products as biofertilizers for remediation of degraded soils. *Agrokhimiya*. 2021;(2):86-93. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188121020046>
69. Mallak A. M., Lakzian A., Khodaverdi E., Haghnia G. H., Mahmoudi S. Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* on triclosan biodegradation and activity of laccase and manganese peroxidase enzymes. *Microbial Pathogenesis*. 2020;149(6):104473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104473>
70. Mamaeva O. O., Isaeva E. V. Use of Post-Extraction Fir Wood Greenery Residues by the Bioconversion Method with the Production of Feed Additives. *Forests*. 2021;12(3):272. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12030272>
71. Hu K., Peris A., Toran J., Eljarrat E., Sarra M., Blanquez P., Caminal G. Exploring the degradation capability of *Trametes versicolor* on selected hydrophobic pesticides through setting sights simultaneously on culture broth and biological matrix. *Chemosphere*. 2020;250:126293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126293>
72. Tišma M., Žnidarič-Plazl P., Šelo G., Tolj I., Šperanda M., Bucić-Kojić A., Planinić M. *Trametes versicolor* in lignocellulose-based bioeconomy: State of the art, challenges and opportunities. *Bioresour Technology*. 2021;330:124997. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124997>
73. Zubchenko A. V., Kozhevnikova E. Yu., Barkov A. V., Topolyuk Yu. A., Shnyreva A. V., Vinokurov V. A., Magadova L. A. Potential use of basidiomycota *Trametes hirsuta* MT-17.24 in biodegradation of polyanionic cellulose. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(3):472-480. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-3-472-480>
74. Pavlov I. N., Litovka Yu. A., Litvinova E. A., Petrenko S. M., Enazarov R. Kh. Prospects for deep cultivation of *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. on hydrodynamic activated plant waste. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2020;(4):385-394. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44529560>
75. Volodin V. V., Shergina N. N., Martynov V. V., Volodina S. O., Shubakov A. A., Kozhevnikova E. Yu., Shirshova T. I., Vasilov R. G. Biotechnological potential of wood-destroying fungi for biofuel production. *Vestnik biotekhnologii i fiziko-khimicheskoy biologii im. Yu. A. Ovchinnikova = Bulletin of biotechnology and physico-chemical biology named after Yu. A. Ovchinnikov*. 2021;17(4):11-23. (In Russ.). URL: <https://biorosinfo.ru/journal/>
76. Smirnov K. A., Alashkevich Yu. L., Reshetova N. S. Features of solid state fermentation. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2009;(3):161-164. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13008084&>
77. Sadh P. K., Duhan S., Duhan J. S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess*. 2018;5(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
78. Golyshkin A. V., Almyasheva N. R., Krasnopolskaya L. M. A substrate for the cultivation of xylotrophic basidiomycetes and a method for its preparation using methods of chemical modification of lignocellulose raw materials: Patent RF no. 2699991. 2019.
79. Thomas L., Larroche C., Pandey A. Current developments in solid-state fermentation. *Biochem. Eng. J.* 2013;81:146-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.10.013>
80. Kulishov B. A., Le An Tuan, Kanarskiy A. V. Utilization of waste from the processing of plant raw materials in bioreactors for solid-phase fermentation. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015;18(3):286-290. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23021888>

*Сведения об авторах*

✉ **Володин Владимир Витальевич**, доктор биол. наук, профессор, зав. лабораторией биохимии и биотехнологии, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, д. 28. г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4329-821X>, e-mail: [vladimir131035@yandex.ru](mailto:vladimir131035@yandex.ru)

**Шубаков Анатолий Александрович**, кандидат биол. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, д. 28. г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-016X>

**Володина Светлана Олеговна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, д. 28. г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-4370>

**Шергина Нина Николаевна**, кандидат биол. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, д. 28. г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru); ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», Октябрьский проспект, д. 55, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167001, e-mail: [reception@syktsu.ru](mailto:reception@syktsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-4370>

**Василов Раиф Гаянович**, доктор биол. наук, профессор, ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», пл. Академика Курчатова, д. 1, г. Москва, Российская Федерация, 123182, e-mail: [nrcki@nrcki.ru](mailto:nrcki@nrcki.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3247-3502>

*Information about the authors*

✉ **Vladimir V. Volodin**, DSc in Biological sciences, Professor, Head. Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 28 Kommunisticheskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4329-821X>, e-mail: [vladimir131035@yandex.ru](mailto:vladimir131035@yandex.ru)

**Anatoly A. Shubakov**, PhD in Biological sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 28 Kommunisticheskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-016X>

**Svetlana O. Volodina**, PhD in Biological sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 28 Kommunisticheskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-4370>

**Nina N. Shergina**, PhD in Biological sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Biology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 28 Kommunisticheskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: [directorat@ib.komisc.ru](mailto:directorat@ib.komisc.ru); Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Oktyabrsky Prospekt, 55, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167001, e-mail: [reception@syktsu.ru](mailto:reception@syktsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-4370>

**Raif G. Vasilov**, DSc in Biological sciences, Professor, National Research Center «Kurchatov Institute», Academician Kurchatov Square, 1, Moscow, Russian Federation, 123182, e-mail: [nrcki@nrcki.ru](mailto:nrcki@nrcki.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3247-3502>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.633-640>

УДК 633.11:631.527

**Новый сорт ярового тритикале Слово для Центрального и Волго-Вятского регионов Российской Федерации**© 2022. С. Е. Скатова<sup>1</sup>, А. М. Тысленко<sup>1✉</sup>, Д. В. Зуев<sup>1</sup>, А. Г. Лачин<sup>1</sup>, С. И. Гриб<sup>2</sup>, В. Н. Буштевич<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», г. Суздаль, Российская Федерация<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Республика Беларусь

*Сорт ярового тритикале, адаптированный к условиям Нечерноземной зоны европейской части России, создан совместно с белорусскими учеными методом внутривидовой гибридизации экологически отдаленных форм. Представлены результаты его изучения в сортоиспытаниях 2015-2021 годах на серых лесных среднесуглинистых и дерново-подзолистых песчаных почвах Владимирской области Российской Федерации и дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Республики Беларусь. Новый сорт высокоурожайный – 6,06 т/га в среднем за семь лет сортоиспытания на серых лесных почвах. Прибавка урожайности к сорту-стандарту Норманн составила 0,81 т/га, или 13,3 %. Сорт интенсивного типа. В благоприятный год урожайность в сортоиспытании достигла 8,71 т/га, прибавка к стандарту – 17,1 %. Среднеспелый, среднерослый сорт Слово созревал на 1-3 дня раньше стандарта Норманн и сорта Доброе. Сорт Слово обладает групповой устойчивостью к болезням (мучнистая роса, виды ржавчины и головни), слабой восприимчивостью к септориозу листьев и колоса, стрессоустойчивостью к абиотическим стрессорам (устойчивость к засухе 8,2 балла, полеганию – 5 баллов). Новый сорт, как и стандартный Норманн, пригоден для возделывания по технологиям различной интенсивности, на разных по гранулометрическому составу и обеспеченности элементами минерального питания почвах. На песчаных дерново-подзолистых почвах средняя урожайность сорта Слово составила 4,20 т/га, стандарта – 4,15 т/га. Кроме высокой продуктивности, новый сорт характеризовался высоким качеством фуражного зерна, обеспечивал относительно стандарта Норманн дополнительный сбор протеина – до 114 кг/га. С 2022 года сорт Слово включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам РФ. Рекомендуются в кормопроизводстве для возделывания на зерно и монокорм.*

**Ключевые слова:** *X Triticosecale* Witt., селекция, сорт, зерно, продуктивность, устойчивость**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр» (тема 0616-2017-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Скатова С. Е., Тысленко А. М., Зуев Д. В., Лачин А. Г., Гриб С. И., Буштевич В. Н. Новый сорт ярового тритикале Слово. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):633-640.DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.633-640>

Поступила: 25.05.2022

Принята к публикации: 01.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

**The new variety of spring triticale Slovo for the Central and Volgo-Vyatka regions of the Russian Federation**© 2022. Svetlana E. Skatova<sup>1</sup>, Anatoly M. Tyslenko<sup>1✉</sup>, Denis V. Zuev<sup>1</sup>, Andrey G. Lachin<sup>1</sup>, Stanislav I. Grib<sup>2</sup>, Victor N. Bushtevich<sup>2</sup><sup>1</sup>Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Suzdal, Russian Federation<sup>2</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture, Zhodino, Republic of Belarus

*The variety of spring triticale adapted to the conditions of the Non-Chernozem zone of the European part of Russia was developed in cooperation with Belorussian scientists using the method of intraspecific hybridization of ecologically distant forms. The results of this variety study in the varietal tests of 2015-2020 on gray forest medium loamy and sod-podzolic sandy soils of the Vladimir region and in the Republic of Belarus are presented. The new variety had high yield of 6.06 t/ha, on average, over 7 years of variety testing on gray forest soils. Yield increase to the standard variety Normann was 0.81 t/ha or 13.3 %. An intensive type variety. In a favorable year the yield in the variety testing reached 8.71 t/ha, the increase to the standard variety was 17.1 %. A medium-ripened, medium-sized variety Slovo matured 1-3 days earlier than the standard Normann variety and the new Dobroye variety. The Slovo variety was characterized by group resistance to diseases (powdery*

*mildew, types of rust and smut), weak susceptibility to leaf and ear septoria, stress resistance to abiotic stressors (drought resistance 8.2 points, lodging resistance 5 points). The new variety like the standard Normann variety, is intended for cultivation using technologies of various intensity levels. It can be grown on different soils according to its granulometric texture and availability of mineral nutrition elements. On sandy sod-podzolic soils, the average yield was 4.20 t/ha, that of the standard variety was 4.15 t/ha. In addition to high productivity, the new variety was characterized by high quality of feed grain, the increase in protein per hectare to the standard Norman variety was 114 kg/ha. Since 2022, the Slovo variety has been included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in the Central (3) and Volga-Vyatka (4) regions of the Russian Federation. It is recommended in feed production for grain cultivation, as well as for monofodder.*

**Keywords:** *X Triticosecale* Witt., breeding, variety, grain, productivity, sustainability

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center (theme 0616-2017-0005).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Skatova S. I., Tyslenko A. M., Zuev D. V., Lachin A. G., Grib S. I., Bushtevich V. N. The new variety of spring triticale Slovo for the Central and Volgo-Vyatka regions of the Russian Federation *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):633-640. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.633-640>

Received: 25.05.2022

Accepted for publication: 01.09.2022

Published online: 26.10.2022

Отечественная селекция и семеноводство являются основой продовольственной защищённости страны, что и закреплено в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Президентом России<sup>1</sup>. Продукция зерновых культур в различных видах переработки служит главным источником питания населения. Она является значительной частью рациона для животных и птицы и, таким образом, обеспечивает население животным белком. Без зерна невозможно создать армейские резервы. В 2020-2021 гг. общий объем экспорта зерна стал одним из самых высоких в истории страны и превысил 48 млн тонн<sup>2</sup>.

Среди зерновых культур Нечерноземной зоны возделывание ярового тритикале целесообразно по ряду причин. В первую очередь, из-за достигнутого уровня потенциальной продуктивности новых сортов тритикале – свыше 10,0 т/га [1], а также относительно высокой, по сравнению с пшеницей, приспособленностью к условиям произрастания на кислых почвах с недостаточной обеспеченностью элементами питания [2, 3].

Пищевой, водный и температурный режимы, недостаточное применение минеральных удобрений, отсутствие известкования делают выращивание пшеницы на низкоплодородных почвах нерентабельным. В связи с недостаточной окупаемостью растениеводства

в Нечерноземной зоне часть земель выведена из сельскохозяйственного оборота. Например, во Владимирской области из 560 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения не используется 250 тыс. га менее плодородных, из которых 150 тыс. га заросли лесом и кустарником<sup>3</sup>. Яровое тритикале за счет своей большей стрессоустойчивости подходит для выращивания на низкоплодородных почвах, и увеличить его посевы возможно за счет рекультивации временно неиспользуемых пахотных земель без ущерба для посевных площадей пшеницы. Введение тритикале в культуру увеличит биологическое разнообразие и повысит стрессоустойчивость растениеводства [4], в том числе благодаря выносливости тритикале к засухе, будет способствовать не только прямому, но и опосредованному росту производства зерна в стране.

Успех селекции определяется правильным выбором ее приоритетов, а также и продуманной организацией [5]. Верхневолжский федеральный аграрный научный центр с 2003 года проводит селекционную работу с яровым тритикале. За это время 12 сортов получили допуск к производству в России, в том числе 2 – в странах ближнего зарубежья.

**Цель исследований** – анализ результатов конкурсного и экологического испытаний нового сорта ярового тритикале Слово в различных погодных и почвенных условиях европейской части России и Республики Беларусь.

<sup>1</sup>Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. №20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 03.04. 2022).

<sup>2</sup>Пресс-служба Министерства сельского хозяйства Российской Федерации 07 июля 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/eksport-zerna-v-sezone-2020-2021-gg-prevysit-48-mln-tonnn/> (дата обращения: 03.04.2022).

<sup>3</sup>Департамент сельского хозяйства и продовольствия Владимирской области. АПК Владимирской области 24 января 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://dsx.avo.ru/apk-vladimirskoj-oblasti/> (дата обращения 03.04.2022).

*Новизна исследований* – создан сорт ярового тритикале Слово, совмещающий повышенную продуктивность с сокращенным периодом вегетации.

**Материал и методы.** Селекция в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» организована по эколого-географическому принципу. Над созданием нового сорта ярового тритикале Слово вместе с российскими селекционерами работали ученые из РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Эксперименты осуществляли в рамках полевой селекции по разработанной нами методике [6].

Объект исследований – сорт ярового тритикале Слово в период конкурсного и экологического испытаний в 2015-2021 гг. Стандартом служили лучшие сорта, допущенные в производство на момент сортоиспытания: в России – Норманн, Беларуси – Узор.

Сортоиспытания размещали одновременно в селекционно-опытных севооборотах ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (Российская Федерация) и РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (Республика Беларусь).

Агрохимические показатели почв:

– серая лесная среднесуглинистая (Суздаль, Владимирская область, РФ): рН<sub>сол</sub>. (ГОСТ 26483-85) – 5,2-5,6; содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 3,0-3,5 %, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 205-240 мг/кг почвы, обменного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 92-140 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований по Каппену (ГОСТ 27821-88) – 15,8-18,5 мг-экв/100 г;

– дерново-подзолистая песчаная (Вяткино, Владимирская область, РФ): рН<sub>сол</sub>. 5,0-5,6; содержание органического вещества 1,2-1,5 %, подвижного фосфора – 110-150 мг/кг, обменного калия – 90-100 мг/кг, сумма поглощенных оснований 4,1-5,7 мг-экв/100 г почвы;

– дерново-подзолистая легкосуглинистая (Минская область, РБ): рН<sub>сол</sub>. 5,8-6,2; содержание подвижного фосфора – 260-340 мг/кг, обменного калия – 200-300 мг/кг почвы, гумуса – 2,1-2,3 %.

Технология возделывания ярового тритикале – общепринятая для яровых зерновых культур с применением минеральных удобрений по годам и полям от N<sub>30-60</sub> до N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг д. в./га

в зависимости от содержания элементов питания в почве.

Учетная площадь делянки сортоиспытаний составляла 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная, норма посева 4,8 млн всхожих семян на гектар. Фенологические наблюдения, определение урожайности и ее структуры, оценку устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам, к стрессовым нагрузкам произрастания проводили в соответствии с методиками<sup>4</sup>, дисперсионный и вариационный анализы экспериментальных данных – по Б. А. Доспехову<sup>5</sup>.

В период вегетации ярового тритикале осадки и температуры воздуха неравномерно распределялись по годам и фазам развития растений. Острозасушливыми на протяжении всей вегетации были 2018 и 2021 год (гидротермические коэффициенты 0,9 и 0,8 соответственно). От недостатка влаги в периоды «выход в трубку» и «колошение» яровые страдали в 2015 и 2019 году, в фазу «налив-созревание зерна» – в 2016 году. Из семи лет испытаний нормальным увлажнением на протяжении всей вегетации характеризовался только вегетационный период 2020 года (ГТК = 1,4). Изменяющиеся погодные условия позволили дифференцировать изучавшийся материал ярового тритикале по следующим селективируемым показателям: продуктивность; засухоустойчивость; высота растения; устойчивость к полеганию, поражению болезнями, прорастанию на корню; качество зерна; трудность обмолота.

**Результаты и обсуждение.** Новый сорт ярового тритикале Слово получили индивидуальным отбором из простого гибрида от скрещивания двух сортов, тяготеющих к западноевропейскому экотипу. Скрещивание осуществлено в 2006 году, элитное растение выделено в 2009 году. Предварительное сортоиспытание началось в 2014 году, конкурсное – с 2015 года. В связи с тем, что отбор элит был сделан из третьего поколения, а в популяциях тритикале гетерогенность сохраняется до восемнадцатого поколения, в 2014-2018 годах проводили семеноводческую работу, направленную на повышение гомозиготности генотипа и улучшение качества зерна, в том числе снижение склонности к прорастанию.

<sup>4</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып.1. Общая часть. М.: Колос, 1971. 248 с.; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Вып. 2. М.: Колос, 1971. 239 с.

<sup>5</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.

На момент передачи на государственное испытание преимущество сорта Слово по урожайности над стандартом Норманн на серых лесных почвах в среднем за 2016-2018 гг. составило 0,81 т/га (13,1 %) (табл. 1), с суще-

ственными ежегодными прибавками урожайности при 5%-ном уровне значимости. На песчаных дерново-подзолистых почвах урожайность сорта равнялась стандарту.

**Таблица 1 – Характеристика нового сорта ярового тритикале Слово по хозяйственно-биологическим признакам и свойствам в сравнении с районированным сортом-стандартом (ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» Суздаль, 2016-2018 гг.)**

**Table 1 – Characteristics of a new variety of spring triticale Slovo by economic and biological characteristics and properties in comparison with the standard variety (Verkhnevolzhsky FASC, Suzdal, 2016-2018)**

| Показатель / Indicator                                                                                               | Слово / Slovo | Норманн, см. / Normann, st. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Урожайность зерна, т/га / Yield, t/ha                                                                                |               |                             |
| - среднесуглинистые серые лесные почвы (Суздаль) / medium loamy gray forest soils (Suzdal)                           | 7,00          | 6,19                        |
| - песчаные дерново-подзолистые почвы (Вяткино) / sandy sod-podzolic soils (Vyatkin)                                  | 4,20          | 4,15                        |
| Вегетационный период, сут. / Growing season, days                                                                    | 98            | 100                         |
| Высота растения, см / Height of plants, cm                                                                           | 94            | 91                          |
| Выход зерна по отношению к соломе, % / Grain yield relative to straw, %                                              | 48,1          | 47,7                        |
| Устойчивость к полеганию, балл* / Lodging resistance, point*                                                         | 5             | 5                           |
| Вымолачиваемость зерна, балл* / Grain threshability, point*                                                          | 5             | 5                           |
| Пригодность к механизированной уборке, балл* / Suitability for mechanized harvesting, point*                         | 5             | 5                           |
| Степень засухоустойчивости, балл (по 9-балльной шкале) / Degree of drought resistance, point (on a nine-point scale) | 8,2           | 8,0                         |
| Устойчивость к прорастанию на корню, балл* / Rootsprouting resistance, point*                                        | 4,2           | 4,2                         |
| Продуктивная кустистость, стеблей на растении / Productive tillering, stems on the plant                             | 1,8           | 1,7                         |
| Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains per head, pcs.                                                     | 54,4          | 56,4                        |
| Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g                                                                       | 39,5          | 39,7                        |
| Масса зерна с колоса, г / Mass of grain per head, g                                                                  | 2,15          | 2,24                        |
| Стекловидность, % / Grain vitreousness, %                                                                            | 66            | 66                          |
| Содержание сырого протеина, % / Crude protein content, %                                                             | 13,2          | 13,1                        |
| Содержание крахмала, % / Starch content, %                                                                           | 64,7          | 67,2                        |
| Натура зерна, г/л / Grain size, g/l                                                                                  | 724           | 733                         |

\*по пятибалльной шкале / \*five-point scale

Преимущество сорта Слово по урожайности в сравнении со стандартом по мере улучшения условий питания свидетельствует о его большей интенсивности.

Новый сорт, как и стандарт Норманн, принадлежит к среднеспелой группе, то есть вполне соответствует условиям зоны. Рост урожайности сорта произошел на фоне снижения продолжительности вегетации, он созревал на 1-3 дня раньше стандарта. Для поздно убираемых яровых зерновых, к которым относится яровое тритикале, даже один день более раннего начала уборки увеличивает производительность комбайна и экономит энергоресурсы на сушку зерна.

Сорт Слово по высоте растения близок к стандарту, имеет высокий коэффициент хозяйственного использования, устойчив к полеганию. Данные качества сорта, а также хороший вымолот зерна наиболее полно отвечают требованиям комбайновой уборки.

Склонность тритикале к прорастанию зерна в колосе на корню, как и высокая подверженность энзимо-микозному истощению семян при перестое на корню, наибольшая среди всех зерновых культур. В зоне достаточного, а временами избыточного, увлажнения эти особенности являются самыми неприятными для производства при выращивании тритикале. Технологии возделывания должны

предусматривать своевременную уборку, что не всегда возможно, особенно при затяжных дождях. Селекционное совершенствование культуры на устойчивость к перестоям на корню продолжается, выделены сортономера, существенно различающиеся по названному параметру [7]. Сорт Слово относится, как и стандарт Норманн, к сортам со средней устойчивостью к прорастанию зерна на корню, но он менее подвержен энзимо-микозному истощению семян (так называемому «стеканию»).

По сравнению с пшеницей тритикале характеризуется более крупным колосом. У рассматриваемых сортов масса зерна в колосе в сплошном посеве с производственной густотой превышала 2 г. Наблюдаемое у сорта Слово некоторое снижение по сравнению со стандартом показателей «число зерен в колосе» (на 3,7 %), «масса 1000 зерен» (на 0,05 %), «масса зерна с колоса» (на 4,2 %) находилось в пределах ошибки опыта. Преимущество сорта Слово по сравнению с Норманн – достоверное увеличение плотности стеблестоя (на 30-67 шт/м<sup>2</sup>), лучшая устойчивость к засухе.

По качеству зерна Норманн и Слово однотипны и принадлежат к группе гладкозерных сортов с зерном пшеничного типа. Сорт Слово содержал в зерне больше протеина на 0,1 абсолютного процента, что при более высокой урожайности зерна нового сорта обеспечило с гектара прибавку 114 кг протеина. Такие показатели при использовании тритикале на корм обеспечивают повышение продуктивности животноводства за счет более сбалансированного кормления [8].

При создании сорта вторым приоритетом после урожайности являлась устойчивость к заболеваниям. Это направление особенно важно для сортов, возделываемых по интенсивным технологиям. Сорта Норманн и Слово близки по устойчивости к патогенам и относятся к формам с групповой устойчивостью к нескольким возбудителям (табл. 2). Показательно, что сорта проявили устойчивость к желтой ржавчине, эпифитотии которой начались во Владимирской области с 2015 года.

**Таблица 2 – Восприимчивость сортов ярового тритикале Слово и Норманн к заболеваниям в конкурсном сортоиспытании ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» (Суздаль), % в год с наибольшей степенью поражения / Table 2 – The susceptibility of the spring triticale Slovo and Normann varieties to diseases in competitive variety trial of Verkhnevolzhsky FASC ( Suzdal), % per year with the highest degree of damage**

| <i>Патоген / Pathogen</i>                | <i>Год / Year</i> | <i>Сорт-индикатор по поражаемости / The variety-indicator of the damage</i> | <i>Слово / Slovo</i> | <i>Норманн, стандарт / Normann, standard</i> |
|------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|
| Мучнистая роса* / Powdery mildew*        | 2018              | 32                                                                          | 0                    | 0                                            |
| Желтая ржавчина* / Yellow rust*          | 2016, 2018        | 90                                                                          | 0                    | 0                                            |
| Бурая ржавчина* / Brown rust*            | 2018              | 80                                                                          | 2                    | 0-80                                         |
| Стеблевая ржавчина* / Stem rust*         | 2019              | 30                                                                          | 0                    | 0                                            |
| Септориоз листа* / Septoria of the leaf* | 2017              | 70                                                                          | 20                   | 30                                           |
| Септориоз колоса* / Ear septoria*        | 2017              | 60                                                                          | 10                   | 20                                           |
| Твердая головня** / Solid smut**         | Не отмечено       | 0                                                                           | 0                    | 0                                            |
| Спорынья* / Ergot*                       | 2016              | 1,65                                                                        | 0,19                 | 0,23                                         |

\*Провокационный фон / Provocative background, \*\*Инфекционный фон / Infectious background

Значительные различия между сортами прослеживаются по восприимчивости к бурой ржавчине. У сорта Норманн устойчивость гетерогенна: сорт состоит из устойчивых и восприимчивых биотипов. Сорт Слово практически иммунен, поражение при сильном распространении и развитии болезни составило всего 2 %.

По трудоемкости выращивания Слово сравним с сортами яровой пшеницы, но его высокая устойчивость, или толерантность к болезням, позволяет отказаться от применения

на посевах фунгицидов, делая его выращивание менее затратным и не наносящим ущерб экологии окружающей среды.

Преимущество сорта Слово было подтверждено и в третьем пункте изучения (Жодино, Республика Беларусь), где в экологическом сортоиспытании в среднем за 2016-2018 годы рассматриваемый сорт сформировал урожайность 4,96 т/га. Стандартный сорт Беларуси Узор показал урожайность 4,39 т/га, уступив новому сорту на 13,0 %. В 2017 году сорта не разли-

чались по урожайности, в 2016 и 2018 годах Слово имел достоверную прибавку урожайности к стандарту соответственно 0,63 и 0,51 т/га.

По результатам изучения в трех экологических нишах, на государственное сортоиспытание яровое тритикале Слово в 2018 году был передан для проверки в Центральном (3) и Волго-Вятском (4) регионах РФ, которое проходило в 2019 и 2020 годах. В обоих регионах он подтвердил свои преимущества и получил допуск в производство с 2022 года. По своим характеристикам сорт Слово предположительно мог иметь распространение и в Северо-Западном (2) регионе РФ, но не был заявлен для испытания по причинам организационно-экономического характера и соподчиненности.

С 2019 года в Реестр сортов РФ, допущенных к использованию, был внесен сорт

озимого тритикале Доброе, более урожайный, чем Норманн. Произошла замена стандарта на новый, более продуктивный сорт.

Сорт Слово с урожайностью в среднем за семь лет 6,06 т/га превзошел Норманн на 0,71 т/га (13,3 %) и находился на уровне сорта Доброе (+0,20 т/га), переданного в 2019 году на государственное испытание. Сорт Слово по сравнению с новым сортом-стандартом Доброе обладал более коротким вегетационным периодом (на 1-3 дня), меньшей высотой растений (на 5 см, или 5,5 %), повышенной устойчивостью к септориозу листьев (в 2,5 раза).

О наращивании потенциала сортов в процессе селекции свидетельствует поступательное увеличение максимальной урожайности от сорта интенсивного типа Норманн к сорту Доброе и далее к Слово (табл. 3).

**Таблица 3 – Урожайность сортов ярового тритикале в конкурсном сортоиспытании и показатели ее стабильности (ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Суздаль), 2015-2021 гг. /**

**Table 3 – Yield of spring triticale varieties in competitive variety trial and indicators of its stability (Verkhnevolzhsky FASC, Suzdal), 2015-2021**

| Сорт /<br>Variety    | Урожайность, т/га /<br>Yield, t/ha |                  |                  | Генетическая<br>гибкость сорта /<br>Genetic flexibility of the<br>variety $(Y_1 + Y_2)/2$ | Отношение максимальной<br>урожайности к минимальной /<br>The ratio of the maximum yield<br>to the minimum $(Y_2 / Y_1)$ | CV, % |
|----------------------|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                      | средняя /<br>average               | min<br>( $Y_1$ ) | max<br>( $Y_2$ ) |                                                                                           |                                                                                                                         |       |
| Норманн /<br>Normann | 5,35                               | 3,82             | 7,44             | 56,3                                                                                      | 1,95                                                                                                                    | 30,1  |
| Доброе /<br>Dobroe   | 5,86                               | 4,20             | 8,48             | 63,4                                                                                      | 2,02                                                                                                                    | 32,1  |
| Слово / Slovo        | 6,06                               | 4,06             | 8,71             | 63,8                                                                                      | 2,12                                                                                                                    | 32,3  |
| Сельцо / Seltso      | 5,99                               | 4,51             | 7,49             | 60,0                                                                                      | 1,66                                                                                                                    | 20,4  |

Можно констатировать, что минимальная урожайность новых сортов в условиях, позволяющих выйти на уровень 4,0 т/га, одинаковая у пар «предыдущий стандарт Норманн – Слово» и «новый стандарт Доброе – Слово», но с превосходством сорта Доброе над Норманн. В процессе селекции сохранилась установленная ранее [9, 10, 11] закономерность, что прогресс в селекции на продуктивность связан с уменьшением экологической стабильности.

Для сравнения показателей стабильности в таблице 3 представлен сорт Сельцо – стрессоустойчивый, но с меньшим потенциалом урожайности, о чем говорит его максимальная урожайность, зафиксированная в 2017 году. Сорт Сельцо представляет другую линейку сортов ярового тритикале, селективируемых на повышенную стрессоустойчивость. Этот сорт в среднем за семь лет сравнился по урожайности с сортом Слово, но в условиях наибольшего водного стресса, наблюдавшегося в период

засухи первой половины вегетации 2018 года, он выделился среди наиболее интенсивных сортов с показателем урожайности 4,51 т/га. В то же время его максимальная урожайность составила 7,49 т/га, ниже сортов Доброе и Слово, и равна сорту Норманн. Преимущество этого нового генотипа – высокая стабильность, о чем свидетельствуют все три показателя, представленные в таблице 3.

Сорт Слово соответствует существующим технологиям возделывания, уборки и переработки для яровых зерновых колосовых культур. Выраженность признаков и свойств этого сорта говорит о высокой его интенсивности, то есть о предпочтительном его возделывании по технологиям средней и высокой интенсивности. Выращивание сорта Слово возможно и на бедных почвах, поскольку на них он не уступает по урожайности стандарту. В этом случае необходимо внесение азотных удобрений в дозе 60 кг д. в. на гектар на фоне средней обеспеченности почвы фосфором и калием.

**Заклучение.** Создан сорт ярового тритикале Слово с потенциалом урожайности свыше 8,5 т/га, обеспечивающий среднюю прибавку урожайности к стандартам 13,1-13,3 % при урожайности на уровне 5,0-7,0 т/га, соответствующий по продолжительности вегетации условиям Нечерноземной зоны европейской части России. Сорт интенсивного типа, но уровень его устойчивости к болезням, засухоустойчивости, выносливости к бедным почвам позволяет получать стабильные урожаи в различных погодных, почвенных и производственных усло-

виях (обеспеченность хозяйств удобрениями, средствами защиты растений, их энергооборуженность). Сорт формирует высокую урожайность за счет большей плотности продуктивного стеблестоя и сохранения продуктивности колоса на уровне высокоурожайных сортов Норманн и Доброе, несмотря на свое более раннее созревание. Новый сорт превышает стандарт Норманн по выходу белка с гектара посева. Возделывание сорта обеспечит повышение стрессоустойчивости растениеводства в регионах его допуска, увеличит сборы зерна.

#### **Список литературы**

1. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Новый сорт яровой тритикале Савва. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы V Междунар. научн.-практ. конф. 1-5 апреля 2019 г. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 81-84. Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>
2. Гриб С. И., Бушневич В. Н. Приоритетные направления и результаты селекции тритикале в Беларуси. Тритикале. Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сырья: мат-лы заседания секции тритикале ОСХН РАН онлайн (9 июня 2020 г.). Ростов-на-Дону, 2021. С. 19-33. DOI: <https://doi.org/10.34924/FRARC.2020.35.87.002>
3. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации. Коллективная монография. Под общ. ред. Медведева А. М. М.: Немчиновка, 2017. 284 с.
4. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства: концепция. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. 148 с.
5. Гриб С. И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси. Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири ОСП-2019: мат-лы Междунар. научн. конф., проведен. в рамках 46-го заседания Объединенного научного и проблемного совета по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству ОУС СО РАН по с.-х. наукам, посвящ. 90-летию акад. РАН П. Л. Гончарова. Красноярск: изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019. С. 23-28. Режим доступа: <https://ksc.krasn.ru/upload/medialibrary/0b9/0b94c6cee3826ba952f4edfd6be23c98.pdf>
6. Скатова С. Е., Тысленко А. М., Зуев Д. В. Методика полевого опыта в селекции ярового тритикале в Центре Нечерноземной зоны. Владимирский земледелец. 2019;(2):41-45. DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10066>
7. Котенко Ю. Н., Рубец В. С., Коробкова В. А., Юркина А. И., Пыльнев В. В. Оценка эффективности отборов по продолжительности покоя семян тритикале озимой. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019;132:108-114. DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.14>
8. Байбеков Р. Ф., Суханбердина Л. Х., Филиппова А. В., Денизбаев С. Е., Белопухов С. Л. Кормовая ценность и технологические свойства селекционных образцов озимого тритикале. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020;(1):43-56. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-04>
9. Неттевич Э. Д. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур: избранные труды. Немчиновка, 2008. 347 с.
10. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник РАСХН. 2005;(6):49-53.
11. Гончаренко А. А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции. Зерновое хозяйство России. 2016;(3):31-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642951>

#### **References**

1. Kovtunen V. Ya., Panchenko V. V., Kalmysh A. P. A new variety of spring triticale Savva. Methods and technologies in plant breeding and crop production: Proceedings of the V International scientific and practical conf. April 1-5, 2019. Kirov: FANTs Severo-Vostoka, 2019. pp. 81-84. URL: <http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2019/Konferenciya-Batalova-2019.pdf>
2. Grib S. I., Bushtevich V. N. Priority directions and results of triticale breeding in Belarus. Triticale. Breeding, genetics, agrotechnics and technology of raw materials processing: materials of the triticale section of the OSKHN RAS online (June 9, 2020). Rostov-na-Donu, 2021. pp. 19-33. DOI: <https://doi.org/10.34924/FRARC.2020.35.87.002>
3. Winter and spring triticale in the Russian Federation. Collective monograph. Under the general ed. of Medvedev A. M. Moscow: Nemchinovka, 2017. 284 p.
4. Zhuchenko A. A. Strategy of adaptive intensification of agriculture: concept. Pushchino: ONTI PNTs RAN, 1994. 148 p.
5. Grib S. I. Strategy and priorities of field crop breeding in Belarus. Optimization of the breeding process – a factor of stabilization and growth of crop production in Siberia OSP-2019: materials of the International Scientific Conference, conducted. within the framework of the 46th meeting of the Joint Scientific and Problem Council on Crop Production, Breeding, Biotechnology and Seed Production of the OUS SB RAS on Agricultural Sciences, dedicated to 90th anniversary of the Academy. RAS P. L. Goncharova. Krasnoyarsk: izd-vo IF FITs KNTs SO RAN, 2019. pp. 23-28. URL: <https://ksc.krasn.ru/upload/medialibrary/0b9/0b94c6cee3826ba952f4edfd6be23c98.pdf>

6. Skatova S. E., Tyslenko A. M., Zuev D. V. Method of a field experiment in spring triticales selection in the center of Non-black soil region. *Vladimirskiy zemledelets* = Vladimir agricolist. 2019;(2):41-45. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10066>

7. Kotenko Yu. N., Rubets V. S., Korobkova V. A., Yurkina A. I., Pylnev V. V. Estimation of efficiency of selecting by the duration of winter triticales seed dormancy. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019;132:108-114. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.14>

8. Baybekov R. F., Sukhanberdina L. Kh., Filippova A. V., Denizbaev S. E., Belopukhov S. L. Feed value and technological properties of selection samples of winter triticales. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* = Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2020;(1):43-56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-04>

9. Nettevich E. D. Breeding and seed production of spring grain crops: selected works. Nemchinovka, 2008. 347 p.

10. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik RASHN*. 2005;(6):49-53. (In Russ.).

11. Goncharenko A. A. Ecological stability of grain crop varieties and tasks of breeding. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2016;(3):31-37. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642951>

#### **Сведения об авторах**

**Скатова Светлана Евгеньевна**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией адаптивно-экологической селекции, ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», ул. Центральная, д. 3, п. Новый, Суздальский район, Владимирская область, Российская Федерация; 601261, e-mail: [adm@vnish.elcom.ru](mailto:adm@vnish.elcom.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1713-1050>

✉ **Тысленко Анатолий Михайлович**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник группы средоулучшающих культур, ВНИИ органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», ул. Прянишникова, д. 2, п. Вяткино, Владимирская область, Российская Федерация, 601390, e-mail: [vnion@vtsnet.ru](mailto:vnion@vtsnet.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9493-7691>, e-mail: [tslo@bk.ru](mailto:tslo@bk.ru)

**Зуев Денис Вячеславович**, старший научный сотрудник группы средоулучшающих культур, ВНИИ органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», ул. Прянишникова, д. 2, п. Вяткино, Владимирская область, Российская Федерация, 601390, e-mail: [vnion@vtsnet.ru](mailto:vnion@vtsnet.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-9864>

**Лачин Андрей Геннадиевич**, младший научный сотрудник лаборатории адаптивно-экологической селекции, ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», ул. Центральная, д. 3, п. Новый, Суздальский район, Владимирская область, Российская Федерация, 601261, e-mail: [adm@vnish.elcom.ru](mailto:adm@vnish.elcom.ru)

**Гриб Станислав Иванович**, доктор с.-х. наук, профессор, академик НАНБ, главный научный сотрудник, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», ул. Тимирязева, д. 1, г. Жодино, Минская область, Республика Беларусь, 222160, e-mail: [npz@izis.by](mailto:npz@izis.by)

**Буштевич Виктор Николаевич**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией тритикале, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», ул. Тимирязева, д. 1, г. Жодино, Минская область, Республика Беларусь, 222160, e-mail: [npz@izis.by](mailto:npz@izis.by)

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

**Svetlana E. Skatova**, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Adaptive and Ecological Breeding, Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, 3 Tsentralnaya str., Novy village, Suzdal District, Vladimir Region, Russian Federation, 601261, e-mail: [adm@vnish.elcom.ru](mailto:adm@vnish.elcom.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1713-1050>

✉ **Anatoly M. Tyslenko**, PhD in Agricultural Science, leading researcher of the Group of environment – improving crops, Institute of Organic Fertilizers and Peat – branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, 2 Pryanishnikova str., Vyatkinov village, Vladimir Region, Russian Federation, 601390, e-mail: [vnion@vtsnet.ru](mailto:vnion@vtsnet.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9493-7691>, e-mail: [tslo@bk.ru](mailto:tslo@bk.ru)

**Denis V. Zuev**, senior researcher of the Group of environment – improving crops, Institute of Organic Fertilizers and Peat – branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, 2 Pryanishnikova str., Vyatkinov village, Vladimir region, Russian Federation, 601390, e-mail: [vnion@vtsnet.ru](mailto:vnion@vtsnet.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-9864>

**Andrey G. Lachin**, junior researcher at the Laboratory of Adaptive Ecological Breeding, Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, 3 Tsentralnaya str., Novy settlement, Suzdal district, Vladimir Region, Russian Federation, 601261, e-mail: [adm@vnish.elcom.ru](mailto:adm@vnish.elcom.ru)

**Stanislav I. Grib**, DSc in Agricultural Science, professor, academician of the NASB, chief researcher, Scientific and Practical Center of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture of Belarus for Agriculture, 1, Timiryazeva str., Zhodino, Minsk region, Republic of Belarus, 222160, e-mail: [npz@izis.by](mailto:npz@izis.by)

**Viktor N. Bushtevich**, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Tritikale, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture, 1, Timiryazeva str., Zhodino, Minsk region, Republic of Belarus, 222160, e-mail: [npz@izis.by](mailto:npz@izis.by)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Влияние сроков посева и норм высева на урожайность и качество зерна сорта мягкой озимой пшеницы Универ

© 2022. А. С. Попов, А. А. Сухарев ✉, Г. В. Овсянникова

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Ростовская обл., Российская Федерация

В южной зоне Ростовской области изучали нормы высева (1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 млн всх. семян/га) и сроки посева (10, 20, 30 сентября, 10 октября) сорта мягкой озимой пшеницы Универ по различным предшественникам (черный пар и подсолнечник). Исследования проводили в 2020-2021 гг. Установлено, что по изучаемым предшественникам сорт Универ проявляет тенденцию к формированию наибольшей урожайности зерна в поздние сроки посева (30 сентября и 10 октября): на 0,43-0,73 т/га выше в сравнении с контрольным посевом от 20 сентября. Выявлено, что вне зависимости от срока посева по предшественнику «чёрный пар» максимальная урожайность – 6,33-7,13 т/га получена при нормах высева 4 и 5 млн всх. семян/га, по предшественнику «подсолнечник» – 6 и 7 млн всх. семян/га – 4,16-4,80 т/га соответственно. Наименьшая урожайность, но самое высокое содержание белка и клейковины у сорта отмечены в варианте с минимальной нормой высева (1 млн семян/га): по предшественнику чёрный пар – 5,08-6,09 т/га, 13,7-14,3 % и 25,0-26,0 %, по предшественнику «подсолнечник» – 3,00-3,59 т/га, 13,6-14,0 % и 22,9-24,3 % соответственно. При увеличении нормы высева высокая урожайность обеспечивалась количеством продуктивных стеблей. По предшественнику «чёрный пар» наибольший экономический эффект возделывания сорта Универ получен при посеве 10 сентября с нормой высева 5 млн семян/га. При сдвиге посева на поздние сроки увеличивалась эффективность меньших норм высева – 2, 3 и 4 млн семян/га. По предшественнику «подсолнечник» высокий экономический эффект получили при нормах высева 5, 6 и 7 млн всх. семян/га во все сроки посева.

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum* L., особенности посева, показатели качества, экономическая эффективность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № 0706-2019-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Попов А. С., Сухарев А. А., Овсянникова Г. В. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность и качество зерна сорта мягкой озимой пшеницы Универ. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):641-654. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.641-654>

Поступила: 13.05.2022

Принята к публикации: 12.10.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Influence of sowing dates and seeding rates on productivity and grain quality of the Univer winter bread wheat variety

© 2022. Aleksey S. Popov, Aleksander A. Sukharev ✉, Galina V. Ovsyannikova

Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Rostov region, Russian Federation

In the southern zone of Rostov region there were studied seeding rates (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 million pcs/ha) and sowing dates (the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> of September, the 10<sup>th</sup> of October) of Univer soft winter wheat variety according to various forecrops (black fallow and sunflower). The research was carried out in 2020-2021. It has been established that according to the studied predecessors, the Univer variety shows a tendency to form the highest grain yield in the late sowing periods (September, the 30<sup>th</sup> and October, the 10<sup>th</sup>): significantly higher by 0.43-0.73 t/ha in comparison with the control sowing on September, the 20<sup>th</sup>. It was determined that, regardless of the sowing date, according to the «black fallow» predecessor the maximum productivity of 6.33-7.13 t/ha had been obtained with seeding rates of 4 and 5 million pcs/ha, and 4.16-4.80 t/ha with seeding rates of 6 and 7 million pcs/ha when sown after sunflower. The least productivity but the highest protein and gluten percentage in the variety was identified in the variant with the minimum seeding rate (1 million pcs/ha) and was 5.08-6.09 t/ha sown after the black fallow with 13.7-14.3 and 25.0-26.0 %, respectively; 3.00-3.59 t/ha sown after sunflower with 13.6-14.0 and 22.9-24.3 %, respectively. With a sowing rate increase, high productivity was due to the number of productive stems. When sown after black fallow, the greatest economic effect of Univer variety was obtained when sown on the 10<sup>th</sup> of September with a seeding rate of 5 million pcs/ha. When sowing in later dates, there was an increase of efficiency of lower seeding rates of 2, 3 and 4 million pcs/ha. When sown after sunflower, there was a high economic effect with seeding rates of 5, 6 and 7 million pcs/ha at all sowing dates.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., features of sowing, quality indicators, economic efficiency

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Agricultural Research Center «Donskoy» (theme No. 0706-2019-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the evaluation of this work.

**Conflict of interests:** the authors stated no conflict of interests.

**For citation:** Popov A. S., Sukharev A. A., Ovsyannikova G. V. Influence of sowing dates and seeding rates on productivity and grain quality of the Univer winter bread wheat variety. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):641-654. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.641-654>

Received: 13.05.2022

Accepted for publication: 12.10.2022

Published online: 26.10.2022

Мягкая озимая пшеница является одной из главных продовольственных и экспортирующихся сельскохозяйственных культур, возделываемых в Российской Федерации [1, 2]. Повышение продуктивности сельскохозяйственного производства является приоритетной задачей АПК России. Важнейшими элементами технологии, влияющими на продуктивность озимой пшеницы, являются срок посева и норма высева семян [3, 4]. Их значимость возрастает в условиях изменяющегося климата, который становится более жарким и засушливым [5, 6]. Пересушенная почва и отсутствие осадков в благоприятные для посева сроки не позволяют получить дружные и своевременные всходы с осени по непаровым предшественникам, и аграрии переносят сроки посева на более поздние в надежде на выпадение осадков [7, 8]. Кроме того, рост площадей под озимой пшеницей увеличивает продолжительность посевных мероприятий [9]. Засушливые условия осени и поздний посев приводят к снижению продуктивности озимой пшеницы [10]. Для компенсации ухудшающейся всхожести и выживаемости семян при поздних сроках посева и засухе некоторые исследователи рекомендуют увеличивать норму высева озимой пшеницы [11, 12, 13], что обеспечивает оптимальную густоту продуктивного стеблестоя, повышение урожайности зерна и экономической эффективности его производства [14, 15]. Однако в настоящее время селекционерами Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») выведены сорта, максимальная продуктивность которых раскрывается именно при посеве в конце оптимальных сроков и в поздние сроки сева<sup>1</sup>. К данным сортам рекомендации по увеличению нормы высева в поздние сроки могут быть неприменимы.

**Цель исследований** – определить оптимальные нормы высева и сроки посева сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от предшественников «черный пар» и «подсолнечник» в южной зоне Ростовской области.

**Новизна исследований.** Впервые для сортов мягкой озимой пшеницы, предпочитающих посев в более поздние сроки, определена норма высева как по лучшим (чёрный пар), так и худшим (подсолнечник) предшественникам (на примере сорта Универ).

**Материал и методы.** Исследования проводили в севообороте лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2020-2021 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумус – 3,2 %;  $P_2O_5$  – 18,5-20,0,  $K_2O$  – 342-360 мг/кг почвы. Реакция почвенной среды – близкая к нейтральной.

Закладку и проведение опыта, учет урожайности осуществляли по общепринятым методикам<sup>2</sup>. Технология возделывания озимой пшеницы, включая дозы азотных подкормок, соответствует рекомендованной для условий Ростовской области<sup>3</sup>. Уничтожение сорняков на полях, предназначенных под посев озимой пшеницы, проводили до первого срока посева по обоим предшественникам.

Объект исследования – сорт мягкой озимой пшеницы Универ<sup>4</sup>.

Площадь делянки 55 м<sup>2</sup>. Повторность четырёхкратная, размещение вариантов – сплошное, расположение – систематическое. В опыте изучали следующие факторы: фактор А – срок посева (10, 20, 30 сентября, 10 октября); фактор В – норма высева (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 млн всх. семян/га). Исследуемые факторы изучали на посевах озимой пшеницы сорта Универ по контрастным предшественникам (подсолнечник и чёрный пар) в двух отдельных опытах. Нормы высева, взятые за контроль (К1), рекомендованы для зоны исследований по предшественнику «подсолнечник» – 5 млн всх. семян/га, «чёрный пар» – 4 млн всх. семян/га. Срок посева, взятый за контроль (К2) – 20 сентября (начало оптимальных сроков для зоны) по всем предшественникам. Посев проводили сеялкой СС-11 «Альфа». Урожайность определяли методом сплошного учёта с приведением к 14%-ной влажности. Уборку осуществляли комбайном «Сампо 2010».

<sup>1</sup>Агротехнологические паспорта сортов озимой пшеницы. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Попов А. С. [и др.]. Ростов н/Д: АО «Книга», 2017. 96 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 350 с.; Моисейченко В. Ф., Трифонова В. Ф., Заверюха А. Х., Ещенко В. Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 1996. 336 с.

<sup>3</sup>Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. Ч. II. [Электронный ресурс]. URL: <http://don-agro.ru/old/index.php?id=928> (дата обращения: 27.11.2022).

<sup>4</sup>Сорт Универ [Электронный ресурс].

URL: [http://vniizk.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=611&Itemid=334](http://vniizk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=611&Itemid=334) (дата обращения: 27.11.22).

Статистическую обработку данных проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа с помощью пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel, разработанного сотрудниками ФГБНУ «Северо-Кавказский аграрный научный центр».

Погодные условия в годы проведения исследований отличались разнообразием. Среднесуточная температура воздуха за 2020-2021 сельскохозяйственные годы находилась в интервале 11,7-12,0 °С, что превышало среднемноголетнюю температуру (9,6 °С) на 2,1-2,4 °С. Осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам, а их сумма за сельскохозяйственные годы составила в 2020 – 463,7 мм, 2021 – 569,2 мм (норма 582,4 мм). Во все годы проведения исследований перед посевом озимых культур отмечено сильное иссушение почвы по непаровому предшественнику, затруднившее появление дружных всходов.

В 2019 году всходы по непаровому предшественнику были получены в первой декаде октября, а посевы осени 2020 года взошли только весной 2021 года.

Весна 2020 года была крайне неблагоприятна для озимой пшеницы из-за малого количества осадков (75 % нормы) и заморозков до -7...-8 °С во второй декаде марта, которые вызвали серьёзное поражение растений, снизившее урожайность.

Осенью 2020 года сложились крайне неблагоприятные условия для своевременного получения всходов озимых культур и развития растений. Всходы получены лишь по предшественнику «чёрный пар», по непаровому предшественнику «подсолнечник» всходы отсутствовали. Прекращение осенней вегетации отмечено 11 ноября, возобновление вегетации весной 2021 года – 31 марта. Всего весной 2021 года осадков выпало 243,9 мм, что почти вдвое больше нормы (131,0 мм). Всходы озимой пшеницы появились только весной, но пониженная температура воздуха в апреле-мае и выпадающие осадки позволили растениям хорошо раскуститься и способствовали получению высокого урожая.

**Результаты и их обсуждение.** В среднем за 2020-2021 гг. урожайность сорта Универ составила 5,08-7,13 т/га при посеве по чёрному пару и 3,00-4,80 т/га при посеве по подсолнечнику. Анализ урожайности показал, что сорт проявляет тенденцию к формированию наибольшей продуктивности в поздние сроки посева (10 октября). При посеве в начале

оптимальных для зоны сроков (20 сентября, контроль) урожайность по предшественнику «чёрный пар» составила 6,13 т/га в среднем, при посеве в конце оптимальных сроков (30 сентября) и в поздний срок (10 октября) – 6,80 и 6,86 т/га соответственно. Таким образом, урожайность, полученная при посеве сорта Универ в более поздние сроки, на 0,67-0,73 т/га достоверно превысила урожайность контрольного варианта.

По предшественнику «подсолнечник» получены аналогичные данные. Урожайность, сформированная при посеве в конце оптимальных сроков (30 сентября) и в поздний срок (10 октября), достигала 4,30-4,50 т/га, что выше контрольного варианта на 0,43 и 0,63 т/га соответственно (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 0,17 т/га).

По предшественнику «чёрный пар» минимальная урожайность – 5,08-6,16 т/га (в среднем 5,65 т/га) получена при посеве с нормой высева 1 млн всх. семян/га, вне зависимости от срока посева. С повышением нормы высева урожайность возрастала на 0,40-1,58 т/га, что при уровне НСР<sub>05</sub> частных различий = 0,28 т/га является существенной разницей (табл. 1).

В варианте с посевом в ранний срок (10 сентября) по предшественнику «чёрный пар» сорт Универ сформировал максимальную урожайность при нормах высева 5 млн всх. семян/га (6,66 т/га) и 6 млн всх. семян/га (6,49 т/га) с несущественной разницей между этими вариантами, при других нормах высева урожайность существенно снижалась (на 0,32-1,58 т/га).

При посеве 20 сентября с нормами высева 3, 4, 5, 6 млн всх. семян/га сорт сформировал урожайность 6,25...6,41 т/га с разницей по вариантам в пределах ошибки опыта. Значительное снижение урожайности относительно контроля с максимальной урожайностью отмечали при нормах высева 1, 2 и 7 млн всх. семян/га – на 1,15, 0,35 и 0,28 т/га соответственно.

При посеве 30 сентября уровень урожайности в вариантах с нормами высева 2, 3, 4, 5, 6 млн всх. семян/га был практически равным и составил 6,88...7,08 т/га. Статистически значимое снижение урожайности в сравнении с максимальным значением при норме высева 5 млн всх. семян/га наблюдалось как при увеличении нормы высева семян до 7 млн, так и при ее уменьшении до 1 млн всх. семян/га (на 0,52-0,92 т/га соответственно).

Таблица 1 – Урожайность сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по различным предшественникам, т/га (в среднем за 2020-2021 гг.) /

Table 1 – Productivity of the winter bread wheat variety 'Univer' sown after various forecrops depending on the sowing date and seeding rate, t/ha (average for 2020-2021)

| Норма высева,<br>млн всх. семян/га<br>(фактор B) / Seeding rate,<br>million pcs/ha (Factor B)                                        | Срок посева (фактор A) / Sowing date (Factor A)                                                                                                                         |      |      |                                        | Среднее по фактору<br>B (HCP <sub>05</sub> = 0,25) /<br>Average by factor B<br>(LSD <sub>05</sub> = 0.25) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                      | Сентябрь / September                                                                                                                                                    |      |      | 10 октября /<br>The 10th of<br>October |                                                                                                           |
|                                                                                                                                      | 10                                                                                                                                                                      | 20*  | 30   |                                        |                                                                                                           |
| Предшественник – чёрный пар / Sown after black fallow                                                                                |                                                                                                                                                                         |      |      |                                        |                                                                                                           |
| 1                                                                                                                                    | 5,08                                                                                                                                                                    | 5,26 | 6,16 | 6,09                                   | 5,65                                                                                                      |
| 2                                                                                                                                    | 5,90                                                                                                                                                                    | 6,06 | 6,93 | 6,79                                   | 6,42                                                                                                      |
| 3                                                                                                                                    | 6,08                                                                                                                                                                    | 6,25 | 6,98 | 6,99                                   | 6,58                                                                                                      |
| 4**                                                                                                                                  | 6,33                                                                                                                                                                    | 6,41 | 7,04 | 7,09                                   | 6,72                                                                                                      |
| 5                                                                                                                                    | 6,66                                                                                                                                                                    | 6,40 | 7,08 | 7,13                                   | 6,82                                                                                                      |
| 6                                                                                                                                    | 6,49                                                                                                                                                                    | 6,37 | 6,88 | 7,09                                   | 6,71                                                                                                      |
| 7                                                                                                                                    | 6,34                                                                                                                                                                    | 6,17 | 6,56 | 6,85                                   | 6,48                                                                                                      |
| Среднее по фактору А<br>(HCP <sub>05</sub> = 0,23 т/га) / Average by<br>factor A LSD <sub>05</sub> = 0.23 t/ha                       | 6,13                                                                                                                                                                    | 6,13 | 6,80 | 6,86                                   | -                                                                                                         |
| HCP <sub>05</sub> (для сравнения частных<br>средних) = 0,28 т/га /<br>LSD <sub>05</sub> (to compare private<br>averages) = 0.28 t/ha | Доля влияния: фактора А – 37,7 %; фактора В – 31,2 %;<br>взаимодействие АВ – 4,3 %. / Share of impact: Factor A – 37.7 %;<br>Factor B – 31.2 %; interaction AB – 4.3 %. |      |      |                                        |                                                                                                           |
| Норма высева семян,<br>млн всх. семян/га (фактор B) /<br>Seeding rate, million pcs/ha<br>(factor B)                                  | Срок посева (фактор A) / Sowing date (Factor A)                                                                                                                         |      |      |                                        | Среднее по фактору<br>B (HCP <sub>05</sub> = 0,21)/<br>Average by factor B<br>(LSD <sub>05</sub> = 0.21)  |
|                                                                                                                                      | Сентябрь / September                                                                                                                                                    |      |      | 10 октября /<br>The 10th of<br>October |                                                                                                           |
|                                                                                                                                      | 10                                                                                                                                                                      | 20*  | 30   |                                        |                                                                                                           |
| Предшественник – подсолнечник / Sown after sunflower                                                                                 |                                                                                                                                                                         |      |      |                                        |                                                                                                           |
| 1                                                                                                                                    | 3,00                                                                                                                                                                    | 3,03 | 3,28 | 3,59                                   | 3,23                                                                                                      |
| 2                                                                                                                                    | 3,74                                                                                                                                                                    | 3,71 | 4,08 | 4,33                                   | 3,97                                                                                                      |
| 3                                                                                                                                    | 3,82                                                                                                                                                                    | 3,94 | 4,32 | 4,48                                   | 4,14                                                                                                      |
| 4                                                                                                                                    | 3,93                                                                                                                                                                    | 3,97 | 4,51 | 4,74                                   | 4,29                                                                                                      |
| 5**                                                                                                                                  | 4,09                                                                                                                                                                    | 4,09 | 4,53 | 4,76                                   | 4,37                                                                                                      |
| 6                                                                                                                                    | 4,23                                                                                                                                                                    | 4,16 | 4,62 | 4,79                                   | 4,45                                                                                                      |
| 7                                                                                                                                    | 4,39                                                                                                                                                                    | 4,16 | 4,76 | 4,80                                   | 4,53                                                                                                      |
| Среднее по фактору А<br>(HCP <sub>05</sub> = 0,17 т/га) / Average by<br>factor A (LSD <sub>05</sub> = 0.17 t/ha)                     | 3,89                                                                                                                                                                    | 3,87 | 4,30 | 4,50                                   | -                                                                                                         |
| HCP <sub>05</sub> (для сравнения частных<br>средних) = 0,22 т/га /<br>LSD <sub>05</sub> (to compare private<br>averages) = 0.22 t/ha | Доля влияния: фактора А – 29,4 %; фактора В – 59,8 %;<br>взаимодействие АВ – 2,6 %. / Share of impact: Factor A – 29.4 %;<br>Factor B – 59.8 %; interaction AB – 2.6 %. |      |      |                                        |                                                                                                           |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

При посеве в поздний календарный срок (10 октября) максимальная урожайность – 6,99...7,13 т/га получена при нормах высева 3, 4, 5 и 6 млн всх. семян/га. При снижении нормы высева семян до 1 и 2 млн/га, а также ее увеличении до 7 млн/га урожайность сорта существенно снижалась – на 1,04; 0,34 и 0,28 т/га соответственно в сравнении с максимальной урожайностью (7,13 т/га) в варианте с нормой высева 5 млн семян/га.

Доля влияния на урожайность фактора «срок посева» по предшественнику «чёрный

пар» была выше, чем по предшественнику «подсолнечник» и составила 37,7 %. Это связано с тем, что по предшественнику «чёрный пар» в почве имелось достаточное количество влаги для появления всходов, и они появлялись своевременно, через 8-10 дней. По предшественнику «подсолнечник» влияние фактора «срок посева» было ниже, и составило 29,4 %, так как всходы появлялись только после выпадения достаточного количества осадков. Напротив, влияние фактора «норма высева» проявилось сильнее по предшественнику

«подсолнечник» (59,8 %), так как густота стеблестоя зависела главным образом от числа высеянных семян, а не от кущения.

Сила влияния факторов опыта на урожайность мягкой озимой пшеницы согласуется с данными структурного анализа. Так, по предшественнику «чёрный пар» наблюдалась

тенденция к постепенному увеличению числа продуктивных колосьев при более поздних сроках посева. Например, число продуктивных колосьев при посеве в поздний календарный срок (10 октября) превышало ранний срок посева (10 сентября) на 71-117 шт/м<sup>2</sup> в зависимости от нормы высева семян (табл. 2).

**Таблица 2 – Структура урожая сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «чёрный пар» (в среднем за 2020-2021 гг.) /**

**Table 2 – Yield structure of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after black fallow (average for 2020-2021)**

| Норма высева,<br>млн всх. семян/га /<br>Seeding rate,<br>million pcs/ha | Число продуктивных<br>стеблей, шт/м <sup>2</sup> /<br>Number of productive<br>stems, pcs/m <sup>2</sup> | Число зёрен<br>в колосе, шт. /<br>Number of grains<br>per head, pcs. | Масса зерна<br>с колоса, г /<br>Grain weight<br>per head, g | Высота<br>растений, см /<br>Plant height, cm | Длина<br>колоса, см /<br>Head length,<br>cm |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 10 сентября / 10-th of September                                        |                                                                                                         |                                                                      |                                                             |                                              |                                             |
| 1                                                                       | 337                                                                                                     | 43,4                                                                 | 1,54                                                        | 84,6                                         | 8,5                                         |
| 2                                                                       | 421                                                                                                     | 40,0                                                                 | 1,45                                                        | 86,6                                         | 8,0                                         |
| 3                                                                       | 453                                                                                                     | 39,0                                                                 | 1,40                                                        | 87,3                                         | 7,7                                         |
| 4                                                                       | 496                                                                                                     | 35,9                                                                 | 1,31                                                        | 90,1                                         | 7,1                                         |
| 5**                                                                     | 557                                                                                                     | 35,3                                                                 | 1,22                                                        | 92,2                                         | 6,6                                         |
| 6                                                                       | 572                                                                                                     | 34,1                                                                 | 1,17                                                        | 93,7                                         | 6,2                                         |
| 7                                                                       | 576                                                                                                     | 33,4                                                                 | 1,12                                                        | 96,0                                         | 5,9                                         |
| Среднее / Average                                                       | 487±36,6                                                                                                | 37,3±1,5                                                             | 1,32±0,1                                                    | 90,1±1,7                                     | 7,1±0,4                                     |
| 20 сентября* / 20-th of September*                                      |                                                                                                         |                                                                      |                                                             |                                              |                                             |
| 1                                                                       | 383                                                                                                     | 42,8                                                                 | 1,46                                                        | 84,0                                         | 7,5                                         |
| 2                                                                       | 442                                                                                                     | 39,6                                                                 | 1,44                                                        | 84,5                                         | 7,0                                         |
| 3                                                                       | 480                                                                                                     | 37,3                                                                 | 1,33                                                        | 87,5                                         | 6,7                                         |
| 4                                                                       | 502                                                                                                     | 36,4                                                                 | 1,31                                                        | 90,1                                         | 6,5                                         |
| 5**                                                                     | 535                                                                                                     | 34,3                                                                 | 1,22                                                        | 92,8                                         | 6,1                                         |
| 6                                                                       | 541                                                                                                     | 32,9                                                                 | 1,20                                                        | 93,5                                         | 6,2                                         |
| 7                                                                       | 592                                                                                                     | 31,6                                                                 | 1,06                                                        | 94,4                                         | 6,0                                         |
| Среднее / Average                                                       | 496±28,3                                                                                                | 36,4±1,6                                                             | 1,29±0,1                                                    | 89,5±1,8                                     | 6,6±0,2                                     |
| 30 сентября / 30-th of September                                        |                                                                                                         |                                                                      |                                                             |                                              |                                             |
| 1                                                                       | 436                                                                                                     | 40,7                                                                 | 1,44                                                        | 88,2                                         | 6,6                                         |
| 2                                                                       | 530                                                                                                     | 38,1                                                                 | 1,34                                                        | 89,5                                         | 6,6                                         |
| 3                                                                       | 557                                                                                                     | 37,1                                                                 | 1,29                                                        | 91,6                                         | 6,4                                         |
| 4                                                                       | 565                                                                                                     | 35,4                                                                 | 1,28                                                        | 93,0                                         | 6,3                                         |
| 5**                                                                     | 581                                                                                                     | 35,2                                                                 | 1,25                                                        | 94,0                                         | 6,1                                         |
| 6                                                                       | 598                                                                                                     | 34,6                                                                 | 1,18                                                        | 94,7                                         | 5,6                                         |
| 7                                                                       | 633                                                                                                     | 31,2                                                                 | 1,07                                                        | 95,4                                         | 5,1                                         |
| Среднее / Average                                                       | 557±25,5                                                                                                | 36,0±1,2                                                             | 1,26±0,05                                                   | 92,3±1,10                                    | 6,1±0,23                                    |
| 10 октября / 10-th of October                                           |                                                                                                         |                                                                      |                                                             |                                              |                                             |
| 1                                                                       | 445                                                                                                     | 38,9                                                                 | 1,41                                                        | 85,8                                         | 6,5                                         |
| 2                                                                       | 523                                                                                                     | 35,4                                                                 | 1,35                                                        | 87,5                                         | 6,4                                         |
| 3                                                                       | 570                                                                                                     | 35,0                                                                 | 1,27                                                        | 89,4                                         | 5,7                                         |
| 4                                                                       | 594                                                                                                     | 33,9                                                                 | 1,23                                                        | 90,2                                         | 5,7                                         |
| 5**                                                                     | 629                                                                                                     | 32,5                                                                 | 1,17                                                        | 93,1                                         | 5,4                                         |
| 6                                                                       | 650                                                                                                     | 32,4                                                                 | 1,13                                                        | 93,8                                         | 5,4                                         |
| 7                                                                       | 647                                                                                                     | 31,1                                                                 | 1,10                                                        | 97,2                                         | 5,3                                         |
| Среднее / Average                                                       | 580±30,5                                                                                                | 34,2±1,05                                                            | 1,24±0,05                                                   | 91,0±1,61                                    | 5,8±0,20                                    |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

На урожайность и элементы её структуры главным образом влияла норма высева семян, так разница в числе продуктивных колосьев между нормами высева 1 и 7 млн всх. семян/га достигала 202-239 шт/м<sup>2</sup> в зависимости от срока посева.

Отмечена тенденция формирования максимальной продуктивности колоса при низких нормах высева. В вариантах с нормой высева 1 млн всх. семян/га число зёрен в колосе достигало 38,9-43,4 шт. в зависимости от срока посева. Масса зерна с колоса (1,41-1,54 г) также была наибольшей в вариантах с нормой высева семян 1 млн/га. Увеличение нормы высева приводило к снижению этих показателей продуктивности, и при норме 7 млн всх. семян/га число зёрен в колосе составило лишь 31,1-33,4 шт., что на 7,8-10,0 зёрен меньше, чем при минимальной норме высева. С увеличением нормы высева снижалась и масса зерна с колоса, составляя при норме высева семян 7 млн всх. семян/га лишь 1,10-1,12 г, что уступает варианту 1 млн семян/га на 0,31-0,42 г. Также можно отметить, при позднем календарном сроке посева (10 октября) показатели «число зёрен в колосе» и «масса зерна с колоса» снижались в сравнении с более ранними сроками на 1,3-7,8 шт. и на 0,03-0,13 г, что, вероятно, связано с возрастающим количеством продуктивных стеблей. Наблюдалась чёткая зависимость – при увеличении нормы высева семян высота растений возрастала с 84,0-88,2 см до 94,4-97,2 см, а длина колоса уменьшалась с 6,5-8,5 см до 5,1-6,0 см.

Главное отличие предшественника «подсолнечник» от предшественника «чёрный пар» состоит в минимальной разнице показателей продуктивности озимой пшеницы по срокам посева, что связано с неблагоприятными условиями осени 2019 и 2020 года, когда полные всходы были получены только весной 2020 и 2021 года соответственно. Отличия между вариантами норм высева более контрастны. В среднем за 2020-2021 гг. по числу продуктивных стеблей вариант с нормой высева 7 млн всх. семян/га превышал вариант 1 млн всх. семян/га более чем в 2 раза (табл. 3).

Разница по числу зёрен в колосе между вариантами норм высева семян по предшественнику «подсолнечник» также была выше, чем по предшественнику «чёрный пар». В зависимости от срока посева количество зёрен в колосе в варианте с наименьшей нор-

мой высева (1 млн семян/га) на 53,2-68,5 % превышало аналогичный показатель в варианте с нормой высева 7 млн семян/га.

Масса зерна с колоса при минимальной норме высева (1 млн семян/га) достигала 1,54-1,61 г, при максимальной (7 млн семян/га) – уменьшалась до 0,85-0,96 г в зависимости от срока посева. Разница по массе зерна с колоса достигала 0,59-0,69 г, или 61,4-81,2 %. Как по предшественнику «подсолнечник», так и по предшественнику «чёрный пар» наблюдалось увеличение высоты растений и уменьшение длины колоса при повышении нормы высева.

Показатели качества зерна мягкой озимой пшеницы зависели главным образом от предшественника и урожайности культуры. Как по предшественнику «чёрный пар», так и по предшественнику «подсолнечник» в среднем за 2020-2021 гг. наблюдался эффект «разбавления урожая», который возникает при недостатке питательных веществ в почве (в основном азота) при наливе зерна, особенно замечен при формировании густого стеблестоя [16]. Поэтому, чем ниже норма высева, тем выше были показатели качества зерна. Максимальное содержание белка и клейковины в зерне получено в вариантах с нормой высева 1 млн всх. семян/га вне зависимости от срока посева – 13,7-14,1 % и 25,0-26,0 % соответственно (табл. 4).

При посеве 10, 20 и 30 сентября в среднем за 2020-2021 гг. полученная продукция по основным показателям качества зерна (содержание белка и клейковины) соответствовала 3 классу (белка и клейковины не менее 12 % и 23 % соответственно). Однако при посеве в поздний календарный срок (10 октября) в вариантах с нормами высева 4, 5, 6 и 7 млн всх. семян/га наблюдалось снижение этих показателей до 4 класса, что связано с увеличением урожайности. Классность продукции уменьшилась главным образом из-за снижения количества клейковины – менее 23 %. Эффект «разбавления урожая» наблюдался в варианте с наименьшей нормой высева (1 млн семян/га), где была получена продукция с максимальным содержанием белка и клейковины – 13,7-14,3 % и 25,0-26,0 % соответственно. С увеличением нормы высева до 7 млн всх. семян/га содержание белка и клейковины снижалось до 13,1-13,6 % и 21,5-23,4 % соответственно. Также отмечено снижение массы 1000 зёрен с 36,1-37,1 г до 31,1-33,9 г., это связано с большими затратами питательных веществ на получение урожая в загущенном посеве из-за увеличения конку-

ренции за площадь питания. Так, в варианте с нормой высева 1 млн всх. семян/га зерно получили более крупным, а натура зерна была ниже на 2-25 г, чем в других.

**Таблица 3 – Структура урожая сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «подсолнечник» (в среднем за 2020-2021 гг.) /**

**Table 3 – Yield structure of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after sunflower (average for 2020-2021)**

| <i>Норма высева,<br/>млн всх. семян/га /<br/>Seeding rate,<br/>million pcs/ha</i> | <i>Число продуктивных<br/>стеблей, шт/м<sup>2</sup> /<br/>Number of productive<br/>stems, pcs/m<sup>2</sup></i> | <i>Число зёрен<br/>в колосе, шт. /<br/>Number of grains<br/>per head, pcs.</i> | <i>Масса зерна<br/>с колоса, г /<br/>Grain weight<br/>per head, g</i> | <i>Высота<br/>растений, см /<br/>Plant height,<br/>cm</i> | <i>Длина<br/>колоса, см /<br/>Head<br/>length, cm</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>10 сентября / 10-th of September</b>                                           |                                                                                                                 |                                                                                |                                                                       |                                                           |                                                       |
| 1                                                                                 | 188                                                                                                             | 45,0                                                                           | 1,61                                                                  | 70,3                                                      | 8,0                                                   |
| 2                                                                                 | 238                                                                                                             | 43,2                                                                           | 1,54                                                                  | 72,8                                                      | 6,7                                                   |
| 3                                                                                 | 277                                                                                                             | 39,8                                                                           | 1,37                                                                  | 74,8                                                      | 6,2                                                   |
| 4                                                                                 | 324                                                                                                             | 32,7                                                                           | 1,17                                                                  | 78,0                                                      | 5,2                                                   |
| 5**                                                                               | 365                                                                                                             | 29,5                                                                           | 1,06                                                                  | 80,8                                                      | 4,9                                                   |
| 6                                                                                 | 400                                                                                                             | 28,0                                                                           | 1,00                                                                  | 84,5                                                      | 4,7                                                   |
| 7                                                                                 | 453                                                                                                             | 27,2                                                                           | 0,92                                                                  | 86,3                                                      | 4,4                                                   |
| Среднее / Average                                                                 | 321±38,1                                                                                                        | 35,1±3,1                                                                       | 1,24±0,11                                                             | 78,2±2,4                                                  | 5,7±0,5                                               |
| <b>20 сентября* / 20-th of September*</b>                                         |                                                                                                                 |                                                                                |                                                                       |                                                           |                                                       |
| 1                                                                                 | 184                                                                                                             | 42,3                                                                           | 1,54                                                                  | 63,9                                                      | 7,3                                                   |
| 2                                                                                 | 256                                                                                                             | 38,9                                                                           | 1,38                                                                  | 68,6                                                      | 6,2                                                   |
| 3                                                                                 | 297                                                                                                             | 36,1                                                                           | 1,26                                                                  | 71,3                                                      | 5,9                                                   |
| 4                                                                                 | 313                                                                                                             | 32,8                                                                           | 1,19                                                                  | 72,0                                                      | 5,4                                                   |
| 5**                                                                               | 353                                                                                                             | 32,3                                                                           | 1,08                                                                  | 74,0                                                      | 5,0                                                   |
| 6                                                                                 | 387                                                                                                             | 28,4                                                                           | 0,99                                                                  | 76,2                                                      | 4,8                                                   |
| 7                                                                                 | 456                                                                                                             | 25,1                                                                           | 0,85                                                                  | 82,8                                                      | 4,4                                                   |
| Среднее / Average                                                                 | 321±36,2                                                                                                        | 33,7±2,4                                                                       | 1,18±0,10                                                             | 72,7±2,4                                                  | 5,6±0,4                                               |
| <b>30 сентября / 30-th of September</b>                                           |                                                                                                                 |                                                                                |                                                                       |                                                           |                                                       |
| 1                                                                                 | 216                                                                                                             | 43,5                                                                           | 1,57                                                                  | 70,8                                                      | 6,5                                                   |
| 2                                                                                 | 286                                                                                                             | 40,6                                                                           | 1,42                                                                  | 77,1                                                      | 5,9                                                   |
| 3                                                                                 | 320                                                                                                             | 38,8                                                                           | 1,34                                                                  | 81,2                                                      | 5,7                                                   |
| 4                                                                                 | 383                                                                                                             | 35,7                                                                           | 1,15                                                                  | 83,4                                                      | 5,3                                                   |
| 5**                                                                               | 408                                                                                                             | 32,7                                                                           | 1,08                                                                  | 83,8                                                      | 4,9                                                   |
| 6                                                                                 | 430                                                                                                             | 30,4                                                                           | 1,05                                                                  | 85,3                                                      | 4,3                                                   |
| 7                                                                                 | 504                                                                                                             | 28,0                                                                           | 0,93                                                                  | 88,9                                                      | 3,0                                                   |
| Среднее / Average                                                                 | 364±39,5                                                                                                        | 35,7±2,3                                                                       | 1,22±0,09                                                             | 81,5±2,4                                                  | 5,1±0,5                                               |
| <b>10 октября / 10-th of October</b>                                              |                                                                                                                 |                                                                                |                                                                       |                                                           |                                                       |
| 1                                                                                 | 230                                                                                                             | 45,5                                                                           | 1,55                                                                  | 76,4                                                      | 6,4                                                   |
| 2                                                                                 | 304                                                                                                             | 40,8                                                                           | 1,39                                                                  | 74,4                                                      | 6,0                                                   |
| 3                                                                                 | 355                                                                                                             | 36,8                                                                           | 1,25                                                                  | 79,7                                                      | 5,8                                                   |
| 4                                                                                 | 375                                                                                                             | 36,0                                                                           | 1,26                                                                  | 81,6                                                      | 5,5                                                   |
| 5**                                                                               | 405                                                                                                             | 35,9                                                                           | 1,17                                                                  | 84,0                                                      | 5,3                                                   |
| 6                                                                                 | 448                                                                                                             | 33,1                                                                           | 1,07                                                                  | 84,5                                                      | 5,2                                                   |
| 7                                                                                 | 500                                                                                                             | 29,7                                                                           | 0,96                                                                  | 88,4                                                      | 4,8                                                   |
| Среднее / Average                                                                 | 374±36,6                                                                                                        | 36,8±2,1                                                                       | 1,24±0,08                                                             | 81,3±2,0                                                  | 5,6±0,2                                               |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

Таблица 4 – Показатели качества зерна сорта озимой мягкой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «чёрный пар» (в среднем за 2020-2021 гг.) /

Table 4 – Indicators of grain quality of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after black fallow (average for 2020-2021)

| Норма высева,<br>млн всх. семян/га /<br>Seeding rate,<br>million pcs/ha | Натура, г/л /<br>Nature weight, g/l | Масса 1000 зерен, г /<br>Weight of 1000 grains, g | Белок, % /<br>Protein, % | Клейковина, % /<br>Gluten, % |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 10 сентября / 10-th of September                                        |                                     |                                                   |                          |                              |
| 1                                                                       | 674                                 | 36,1                                              | 14,3                     | 26,0                         |
| 2                                                                       | 678                                 | 34,7                                              | 14,1                     | 24,9                         |
| 3                                                                       | 689                                 | 34,7                                              | 14,0                     | 24,5                         |
| 4                                                                       | 688                                 | 34,6                                              | 14,0                     | 24,4                         |
| 5**                                                                     | 692                                 | 34,4                                              | 13,8                     | 24,3                         |
| 6                                                                       | 688                                 | 33,7                                              | 13,8                     | 23,5                         |
| 7                                                                       | 690                                 | 33,4                                              | 13,6                     | 23,2                         |
| Среднее / Average                                                       | 686±2,8                             | 34,5±0,4                                          | 13,9±0,09                | 24,4±0,4                     |
| 20 сентября* / 20-th of September*                                      |                                     |                                                   |                          |                              |
| 1                                                                       | 683                                 | 36,9                                              | 14,2                     | 25,4                         |
| 2                                                                       | 689                                 | 36,2                                              | 14,1                     | 25,0                         |
| 3                                                                       | 687                                 | 36,2                                              | 14,1                     | 24,6                         |
| 4                                                                       | 688                                 | 35,8                                              | 13,8                     | 24,5                         |
| 5**                                                                     | 689                                 | 35,2                                              | 13,6                     | 24,2                         |
| 6                                                                       | 689                                 | 34,3                                              | 13,4                     | 23,8                         |
| 7                                                                       | 685                                 | 33,9                                              | 13,2                     | 23,4                         |
| Среднее / Average                                                       | 687±1,0                             | 35,5±0,4                                          | 13,8±0,16                | 24,4±0,3                     |
| 30 сентября / 30-th of September                                        |                                     |                                                   |                          |                              |
| 1                                                                       | 688                                 | 36,5                                              | 13,7                     | 25,8                         |
| 2                                                                       | 702                                 | 35,9                                              | 13,6                     | 24,8                         |
| 3                                                                       | 705                                 | 35,8                                              | 13,5                     | 23,6                         |
| 4                                                                       | 707                                 | 35,6                                              | 13,5                     | 23,1                         |
| 5**                                                                     | 701                                 | 35,1                                              | 13,3                     | 23,2                         |
| 6                                                                       | 703                                 | 34,8                                              | 13,4                     | 22,8                         |
| 7                                                                       | 698                                 | 32,8                                              | 13,3                     | 22,6                         |
| Среднее / Average                                                       | 701±2,5                             | 35,2±0,5                                          | 13,5±0,06                | 23,7±0,5                     |
| 10 октября / 10-th of October                                           |                                     |                                                   |                          |                              |
| 1                                                                       | 695                                 | 37,1                                              | 13,9                     | 25,0                         |
| 2                                                                       | 718                                 | 35,9                                              | 13,7                     | 24,9                         |
| 3                                                                       | 719                                 | 35,2                                              | 13,6                     | 24,2                         |
| 4                                                                       | 715                                 | 33,9                                              | 13,5                     | 22,8                         |
| 5**                                                                     | 720                                 | 33,6                                              | 13,3                     | 22,3                         |
| 6                                                                       | 716                                 | 33,4                                              | 13,3                     | 21,7                         |
| 7                                                                       | 719                                 | 31,1                                              | 13,1                     | 21,5                         |
| Среднее / Average                                                       | 715±3,6                             | 34,3±0,8                                          | 13,5±0,11                | 23,2±0,6                     |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

Аналогичная реакция на нормы высева отмечена и по предшественнику «подсолнечник», причём выявлены более заметные тен-

денции в формировании качественных показателей, чем по предшественнику «чёрный пар» (табл. 5).

*Таблица 5 – Показатели качества зерна сорта озимой мягкой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «подсолнечник» (в среднем за 2020-2021 гг.) /*

*Table 5 – Indicators of grain quality of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after sunflower (average for 2020-2021)*

| <i>Норма высева,<br/>млн всх. семян/га /<br/>Seeding rate,<br/>million pcs/ha</i> | <i>Натура, г/л /<br/>Nature weight, g/l</i> | <i>Масса 1000 зерен, г /<br/>Weight of 1000 grains, g</i> | <i>Белок, % /<br/>Protein, %</i> | <i>Клейковина, % /<br/>Gluten, %</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 10 сентября / 10-th of September                                                  |                                             |                                                           |                                  |                                      |
| 1                                                                                 | 648                                         | 37,3                                                      | 14,0                             | 24,2                                 |
| 2                                                                                 | 657                                         | 36,0                                                      | 13,5                             | 24,1                                 |
| 3                                                                                 | 663                                         | 35,7                                                      | 13,4                             | 23,4                                 |
| 4                                                                                 | 667                                         | 35,6                                                      | 13,1                             | 22,8                                 |
| 5**                                                                               | 668                                         | 35,4                                                      | 13,0                             | 23,0                                 |
| 6                                                                                 | 668                                         | 34,8                                                      | 13,2                             | 22,6                                 |
| 7                                                                                 | 672                                         | 32,4                                                      | 12,4                             | 21,6                                 |
| Среднее / Average                                                                 | 663±3,4                                     | 35,3±0,6                                                  | 13,2±0,20                        | 23,1±0,4                             |
| 20 сентября* / 20-th of September*                                                |                                             |                                                           |                                  |                                      |
| 1                                                                                 | 651                                         | 36,1                                                      | 13,8                             | 24,2                                 |
| 2                                                                                 | 662                                         | 35,8                                                      | 13,5                             | 23,6                                 |
| 3                                                                                 | 663                                         | 35,4                                                      | 13,4                             | 23,4                                 |
| 4                                                                                 | 667                                         | 34,5                                                      | 12,8                             | 22,9                                 |
| 5**                                                                               | 670                                         | 34,4                                                      | 12,6                             | 21,9                                 |
| 6                                                                                 | 675                                         | 33,0                                                      | 12,7                             | 21,0                                 |
| 7                                                                                 | 675                                         | 31,6                                                      | 12,4                             | 19,7                                 |
| Среднее / Average                                                                 | 666±3,5                                     | 34,4±0,7                                                  | 13,0±0,22                        | 22,4±0,7                             |
| 30 сентября / 30-th of September                                                  |                                             |                                                           |                                  |                                      |
| 1                                                                                 | 654                                         | 35,5                                                      | 13,8                             | 24,3                                 |
| 2                                                                                 | 671                                         | 35,3                                                      | 13,2                             | 23,2                                 |
| 3                                                                                 | 674                                         | 34,9                                                      | 13,2                             | 22,5                                 |
| 4                                                                                 | 676                                         | 34,2                                                      | 12,6                             | 21,4                                 |
| 5**                                                                               | 686                                         | 33,7                                                      | 12,6                             | 21,3                                 |
| 6                                                                                 | 683                                         | 33,5                                                      | 11,8                             | 19,7                                 |
| 7                                                                                 | 692                                         | 33,2                                                      | 11,8                             | 19,0                                 |
| Среднее / Average                                                                 | 677±5,0                                     | 34,3±0,4                                                  | 12,7±0,30                        | 21,6±0,8                             |
| 10 октября / 10-th of October                                                     |                                             |                                                           |                                  |                                      |
| 1                                                                                 | 669                                         | 35,7                                                      | 13,6                             | 22,9                                 |
| 2                                                                                 | 677                                         | 34,7                                                      | 12,9                             | 22,7                                 |
| 3                                                                                 | 688                                         | 34,5                                                      | 12,7                             | 22,4                                 |
| 4                                                                                 | 691                                         | 34,0                                                      | 12,4                             | 21,8                                 |
| 5**                                                                               | 689                                         | 33,8                                                      | 11,9                             | 20,8                                 |
| 6                                                                                 | 696                                         | 33,2                                                      | 11,7                             | 19,7                                 |
| 7                                                                                 | 701                                         | 31,6                                                      | 11,4                             | 18,9                                 |
| Среднее / Average                                                                 | 687±4,5                                     | 33,9±0,5                                                  | 12,4±0,31                        | 21,3±0,6                             |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

Пшеница имела минимальную натуру зерна – 648-669 г/л при норме высева 1 млн семян/га, с повышением ее этот показатель увеличивался на 8-38 г/л, достигая максимума – 672-701 г/л в вариантах с нормой высева

7 млн семян/га. Однако, согласно закупочным ценам на зерно, такая разница в качественных показателях несущественна и не отражается на стоимости продукции, поэтому экономическая эффективность возделывания мягкой озимой

пшеницы Универ в 2020-2021 гг. зависела только от уровня урожайности и суммы затрат на производство товарной продукции.

По предшественнику «чёрный пар» в среднем за 2020-2021 гг. при посеве в ранний

календарный срок (10 сентября) наибольшую рентабельность показали варианты с нормами высева 4 и 5 млн всх. семян/га – 167,4 и 173,8 % соответственно (табл. 6).

*Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «чёрный пар» (в среднем за 2020-2021 гг.) /*  
*Table 6 – Economic efficiency of cultivation of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after black fallow (average for 2020-2021)*

| Норма высева,<br>млн всх. семян/га /<br>Seeding rate,<br>million pcs/ha | Урожай-<br>ность, т/га /<br>Productivity,<br>t/ha | Затраты,<br>руб/га /<br>Costs,<br>rubles/ha | Валовой доход,<br>руб/га /<br>Gross income,<br>rubles/ha | Условный чистый<br>доход, руб/га /<br>Conditional net<br>income, rubles/ha | Себестои-<br>мость, руб/т /<br>Net cost,<br>rubles/ha | Рентабель-<br>ность, % /<br>Profitability,<br>% |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 10 сентября / 10-th of September                                        |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 5,08                                              | 34624                                       | 81055                                                    | 46432                                                                      | 6813                                                  | 134,1                                           |
| 2                                                                       | 5,90                                              | 35634                                       | 93748                                                    | 58115                                                                      | 6044                                                  | 163,1                                           |
| 3                                                                       | 6,08                                              | 36644                                       | 96742                                                    | 60098                                                                      | 6023                                                  | 164,0                                           |
| 4                                                                       | 6,33                                              | 37660                                       | 100719                                                   | 63059                                                                      | 5945                                                  | 167,4                                           |
| 5**                                                                     | 6,66                                              | 38677                                       | 105883                                                   | 67205                                                                      | 5808                                                  | 173,8                                           |
| 6                                                                       | 6,49                                              | 39693                                       | 103233                                                   | 63540                                                                      | 6114                                                  | 160,1                                           |
| 7                                                                       | 6,34                                              | 40710                                       | 100848                                                   | 60138                                                                      | 6418                                                  | 147,7                                           |
| 20 сентября*/ 20-th of September*                                       |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 5,26                                              | 34624                                       | 83694                                                    | 49070                                                                      | 6578                                                  | 141,7                                           |
| 2                                                                       | 6,06                                              | 35634                                       | 96377                                                    | 60743                                                                      | 5879                                                  | 170,5                                           |
| 3                                                                       | 6,25                                              | 36644                                       | 99370                                                    | 62726                                                                      | 5863                                                  | 171,2                                           |
| 4                                                                       | 6,41                                              | 37660                                       | 101887                                                   | 64226                                                                      | 5877                                                  | 170,5                                           |
| 5**                                                                     | 6,40                                              | 38677                                       | 101743                                                   | 63066                                                                      | 6044                                                  | 163,1                                           |
| 6                                                                       | 6,37                                              | 39693                                       | 101304                                                   | 61611                                                                      | 6230                                                  | 155,2                                           |
| 7                                                                       | 6,17                                              | 40710                                       | 98106                                                    | 57396                                                                      | 6598                                                  | 141,0                                           |
| 30 сентября / 30-th of September                                        |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 6,16                                              | 34624                                       | 97997                                                    | 63373                                                                      | 5618                                                  | 183,0                                           |
| 2                                                                       | 6,93                                              | 35634                                       | 110178                                                   | 74544                                                                      | 5142                                                  | 209,2                                           |
| 3                                                                       | 6,98                                              | 36644                                       | 111042                                                   | 74398                                                                      | 5247                                                  | 203,0                                           |
| 4                                                                       | 7,04                                              | 37660                                       | 112008                                                   | 74348                                                                      | 5346                                                  | 197,4                                           |
| 5**                                                                     | 7,08                                              | 38677                                       | 112508                                                   | 73831                                                                      | 5466                                                  | 190,9                                           |
| 6                                                                       | 6,88                                              | 39693                                       | 109338                                                   | 69645                                                                      | 5772                                                  | 175,5                                           |
| 7                                                                       | 6,56                                              | 40710                                       | 104377                                                   | 63667                                                                      | 6201                                                  | 156,4                                           |
| 10 октября / 10-th of October                                           |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 6,09                                              | 34624                                       | 96872                                                    | 62248                                                                      | 5683                                                  | 179,8                                           |
| 2                                                                       | 6,79                                              | 35634                                       | 108021                                                   | 72387                                                                      | 5245                                                  | 203,1                                           |
| 3                                                                       | 6,99                                              | 36644                                       | 111181                                                   | 74537                                                                      | 5240                                                  | 203,4                                           |
| 4                                                                       | 7,09                                              | 37660                                       | 112751                                                   | 75091                                                                      | 5311                                                  | 199,4                                           |
| 5**                                                                     | 7,13                                              | 38677                                       | 113367                                                   | 74690                                                                      | 5425                                                  | 193,1                                           |
| 6                                                                       | 7,09                                              | 39693                                       | 112695                                                   | 73002                                                                      | 5600                                                  | 183,9                                           |
| 7                                                                       | 6,85                                              | 40710                                       | 108863                                                   | 68153                                                                      | 5946                                                  | 167,4                                           |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

Самым рентабельным был вариант с нормой высева 5 млн всх. семян/га, условный чистый доход в этом варианте достигал максимума – 67205 руб/га, превышая другие на 3665-20773 руб/га.

При посеве 20 сентября наибольшая рентабельность – 170,5-171,2 % получена в вариантах с нормами высева семян 2, 3, и 4 млн/га. Несмотря на практически равный уровень рентабельности, максимальный условный чистый доход – 64226 руб/га был получен при норме высева 4 млн всх. семян/га; минимальный – 49070 руб/га – 1 млн всх. семян.

При посеве в конце оптимальных календарных сроков (30 сентября) и в поздний срок (10 октября) наиболее рентабельными были варианты с нормами высева 2 и 3 млн семян/га – 203,0-209,2 % и 203,1-203,4 % соответственно. При посеве 30 сентября максимальный условный чистый доход – 74544 руб/га был получен

при норме высева 2 млн всх. семян/га, незначительно (на 146-196 руб/га) ему уступали варианты с нормами высева 3 и 4 млн семян/га. В других вариантах условный чистый доход снижался на 713-11171 руб/га.

Несмотря на то, что при посеве в поздний календарный срок (10 октября) максимальная рентабельность получена в вариантах с нормой высева семян 2 и 3 млн/га, самый высокий условный чистый доход составил 75091 руб/га при норме высева 4 млн семян/га, что выше, чем в других вариантах на 401-12843 руб/га.

По предшественнику «подсолнечник» в среднем за 2020-2021 гг. наблюдалась следующая зависимость. Низкая рентабельность производства – от 87,4 до 124,0 %, в зависимости от срока посева, отмечена при посеве с нормой высева семян 1 млн/га и получен самый низкий условный чистый доход – 22247-31572 руб/га (табл. 7).

*Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания сорта мягкой озимой пшеницы Универ в зависимости от срока посева и нормы высева по предшественнику «подсолнечник» (в среднем за 2020-2021 гг.) /*

*Table 7 – Economic efficiency of cultivation of the Univer winter bread wheat variety depending on the sowing date and seeding rate sown after sunflower (average for 2020-2021)*

| Норма высева,<br>млн всх. семян/га /<br>Seeding rate,<br>million pcs/ha | Урожай-<br>ность, т/га /<br>Productivity,<br>t/ha | Затраты,<br>руб/га /<br>Costs,<br>rubles/ha | Валовой доход,<br>руб/га /<br>Gross income,<br>rubles/ha | Условный чистый<br>доход, руб/га /<br>Conditional net<br>income, rubles/ha | Себесто-<br>имость, руб/т /<br>Net cost,<br>rubles/ha | Рентабель-<br>ность, % /<br>Profitability,<br>% |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1                                                                       | 2                                                 | 3                                           | 4                                                        | 5                                                                          | 6                                                     | 7                                               |
| 10 сентября / 10-th of September                                        |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 3,00                                              | 25456                                       | 47703                                                    | 22247                                                                      | 8485                                                  | 87,4                                            |
| 2                                                                       | 3,74                                              | 26466                                       | 59405                                                    | 32939                                                                      | 7084                                                  | 124,5                                           |
| 3                                                                       | 3,82                                              | 27476                                       | 60768                                                    | 33292                                                                      | 7189                                                  | 121,2                                           |
| 4                                                                       | 3,93                                              | 28487                                       | 62457                                                    | 33970                                                                      | 7252                                                  | 119,3                                           |
| 5**                                                                     | 4,09                                              | 29497                                       | 64996                                                    | 35500                                                                      | 7216                                                  | 120,4                                           |
| 6                                                                       | 4,23                                              | 30507                                       | 67282                                                    | 36775                                                                      | 7209                                                  | 120,5                                           |
| 7                                                                       | 4,39                                              | 31517                                       | 69869                                                    | 38353                                                                      | 7172                                                  | 121,7                                           |
| 20 сентября* / 20-th of September*                                      |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 3,03                                              | 25456                                       | 48215                                                    | 22759                                                                      | 8395                                                  | 89,4                                            |
| 2                                                                       | 3,71                                              | 26466                                       | 58984                                                    | 32518                                                                      | 7134                                                  | 122,9                                           |
| 3                                                                       | 3,94                                              | 27476                                       | 62580                                                    | 35104                                                                      | 6981                                                  | 127,8                                           |
| 4                                                                       | 3,97                                              | 28487                                       | 63156                                                    | 34670                                                                      | 7172                                                  | 121,7                                           |
| 5**                                                                     | 4,09                                              | 29497                                       | 65077                                                    | 35581                                                                      | 7207                                                  | 120,6                                           |
| 6                                                                       | 4,16                                              | 30507                                       | 66082                                                    | 35575                                                                      | 7340                                                  | 116,6                                           |
| 7                                                                       | 4,16                                              | 31517                                       | 66199                                                    | 34682                                                                      | 7570                                                  | 110,0                                           |
| 30 сентября / 30-th of September                                        |                                                   |                                             |                                                          |                                                                            |                                                       |                                                 |
| 1                                                                       | 3,28                                              | 25456                                       | 52095                                                    | 26639                                                                      | 7769                                                  | 104,6                                           |
| 2                                                                       | 4,08                                              | 26466                                       | 64941                                                    | 38475                                                                      | 6480                                                  | 145,4                                           |
| 3                                                                       | 4,32                                              | 27476                                       | 68627                                                    | 41151                                                                      | 6366                                                  | 149,8                                           |
| 4                                                                       | 4,51                                              | 28487                                       | 71685                                                    | 43199                                                                      | 6318                                                  | 151,6                                           |
| 5**                                                                     | 4,53                                              | 29497                                       | 72019                                                    | 42522                                                                      | 6512                                                  | 144,2                                           |
| 6                                                                       | 4,62                                              | 30507                                       | 73524                                                    | 43017                                                                      | 6597                                                  | 141,0                                           |
| 7                                                                       | 4,76                                              | 31517                                       | 75760                                                    | 44243                                                                      | 6615                                                  | 140,4                                           |

| 1                             | 2    | 3     | 4     | 5     | 6    | 7     |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| 10 октября / 10-th of October |      |       |       |       |      |       |
| 1                             | 3,59 | 25456 | 57028 | 31572 | 7097 | 124,0 |
| 2                             | 4,33 | 26466 | 68791 | 42325 | 6117 | 159,9 |
| 3                             | 4,48 | 27476 | 71259 | 43783 | 6131 | 159,3 |
| 4                             | 4,74 | 28487 | 75406 | 46920 | 6007 | 164,7 |
| 5**                           | 4,76 | 29497 | 75640 | 46143 | 6200 | 156,4 |
| 6                             | 4,79 | 30507 | 76125 | 45618 | 6372 | 149,5 |
| 7                             | 4,80 | 31517 | 76276 | 44759 | 6570 | 142,0 |

\*Контроль 1 / Control 1; \*\*Контроль 2 / Control 2

Наибольшая рентабельность отмечена при посеве: в ранний календарный срок (10 сентября) в варианте с нормой высева 2 млн всх. семян/га – 124,5 %; в начале оптимальных календарных сроков (20 сентября) – с нормой 3 млн всх. семян/га – 127,8 %; в конце оптимальных (30 сентября) и позднем сроках (10 октября) – с нормой высева 4 млн всх. семян/га – 151,6 и 164,7 % соответственно. Самый высокий условный чистый доход – 38353 руб/га получен при посеве 10 сентября с максимальной нормой высева (7 млн всх. семян/га), при посеве 20 сентября наибольший условный чистый доход – 35575-35581 руб/га получен в вариантах с нормами высева 5 и 6 млн семян/га. При посеве 30 сентября условный чистый доход был максимален в варианте с нормой высева 7 млн семян/га – 44243 руб/га, при позднем посеве (10 октября) наблюдался рост условного чистого дохода от нормы высева 1 до 4 млн семян/га (максимум – 46920 руб/га). При дальнейшем увеличении нормы высева наблюдалось снижение условного чистого дохода на 777-2161 руб/га, так как рост урожайности прекращался.

**Заключение.** Установлено, что сорт мягкой озимой пшеницы Универ проявляет тенденцию к формированию наибольшей урожайности зерна по изучаемым предшественникам в поздние сроки посева – существенно выше на 0,43-0,73 т/га в сравнении с контрольным посевом 20 сентября. Вне зависимости от срока посева сорт Универ сформировал максимальную урожайность по предшественнику «чёрный пар» – 6,33-7,13 т/га при нормах высева 4 и 5 млн семян/га, по предшественнику «подсолнечник» – 4,16-4,80 т/га при нормах высева 6 и 7 млн всх. семян/га соответственно.

При уменьшении нормы высева возрастала продуктивность колоса, а при увеличении ее высокая урожайность обеспечивалась количеством продуктивных стеблей. Так, в зависимости от предшественника при норме высева 7 млн всх. семян/га число зёрен в колосе составило 25,1-31,1 шт., а при 1 млн семян/га – 42,3-43,4 шт. Напротив, при норме высева семян 1 млн всх. семян/га число продуктивных стеблей составило 184-445 шт/м<sup>2</sup>, при норме 7 млн всх. семян/га – 504-647 шт/м<sup>2</sup>.

При посеве сорта Универ 10 сентября по предшественнику «чёрный пар» наибольший экономический эффект получен в вариантах с более поздними сроками посева (30 сентября и 10 октября), самыми эффективными были нормы высева 2, 3 и 4 млн всх. семян/га (рентабельность 199,4-203,4 %, условный чистый доход – 72387-75091 руб/га). По предшественнику «подсолнечник» высокий экономический эффект наблюдался при нормах высева 5, 6 и 7 млн всх. семян/га во все сроки посева (условный чистый доход повышался до 38353-46143 руб/га).

При посеве сорта Универ по предшественнику «чёрный пар» в поздние сроки увеличение нормы высева не требовалось, высокий урожай был получен при норме 2-4 млн семян/га. Урожайность и экономический эффект при возделывании мягкой яровой пшеницы по предшественнику «подсолнечник» увеличивались с нормой высева, однако при поздних сроках посева потребность в увеличении нормы высева семян также снижалась с 6-7 до 4-5 млн всх. семян/га. Таким образом, рекомендации по увеличению нормы высева в поздние сроки посева неприменимы в условиях изменяющегося климата для сортов мягкой озимой пшеницы, предпочитающих поздние сроки сева.

*References*

1. Скрипка О. В., Подгорный С. В., Самофалов А. П., Некрасова О. А., Громова С. Н., Чернова В. Л., Кравченко Н. С. Хлебопекарные качества зерна озимой мягкой пшеницы в условиях юга Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2019;(6):33-36. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36>
- Skripka O. V., Podgorny S. V., Samofalov A. P., Nekrasova O. A., Gromova S. N., Chernova V. L., Kravchenko N. S. Baking properties of winter soft wheat grain grown in the south of the Rostov region. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2019;(6):33-36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36>
2. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Влияние сорта, предшественника, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на радиационный режим посевов озимой пшеницы. *Аграрный Вестник Урала*. 2019;(5(184)):23-27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39346338>
- Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Effect of variety, predator, level of mineral food, terms of seva and norm seeding rates on radiation regime of crops of winter wheat. *Agrarnyy Vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;(5(184)):23-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39346338>
3. Xu H., Dai X., Chu J., Wang Y., Yin L., Ma X., Dong S., He M. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen-use efficiency of winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018;17(2):315-327. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61805-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61805-7)
4. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2019;18(1):33-42. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61980-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61980-X)
5. Zhidkova A. Y., Zarubina R. V., Panov V. A., Saenko N. M. The issue of the change of the climatic conditions of the Rostov region of the Russian Federation. 2020;548:072052. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072052>
6. Miedaner T., Juroszek P. Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe. *Theor Appl Genet*. 2021;134:1771-1785. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03807-0>
7. Zhao W., Liu L., Shen Q., Yang J., Han X., Tian F., Wu J. Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat. 2020;12(8):2127. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12082127>
8. Manfron G., Delmotte S., Busetto L., Hossard L., Ranghetti L., Brivio P. A., Boschetti M. Estimating inter-annual variability in winter wheat sowing dates from satellite time series in Camargue, France. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2017;57:190-201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.01.001>
9. Flohr B. M., Hunt J. R., Kirkegaard J. A., Evans J. R., Trevaskis B., Zwart A., Swan A., Fletcher A. L., Rheinheimer B. Fast winter wheat phenology can stabilise flowering date and maximise grain yield in semi-arid Mediterranean and temperate environments. *Field Crops Research*. 2018;223:12-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.021>
10. Liang Y. F., Khan S., Ren A., Lin W., Anwar S., Sun M., Gao Z. Subsoiling and Sowing Time Influence Soil Water Content, Nitrogen Translocation and Yield of Dryland Winter Wheat. *Agronomy* 2019;9(1):37. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9010037>
11. Melnyk T. V., Yarchuk I. I., Masliov S. V. Efficiency of cultivation of hard winter wheat of variety kontnynt in conditions of the northern steppe of Ukraine. *Зернові Культури*. 2019;3(1):45-51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41322150>
12. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. *European Journal of Agronomy*. 2020;119:126120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126120>
13. Ma S.-C., Wang T.-C., Guan X.-K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research*. 2018;221:166-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028>
14. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*. 2019;18(8):1701-1713. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62574-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62574-8)
15. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat. *Crop Science*. 2017;57(2):951-963. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103>
16. Сухарев А. А. Некоторые элементы технологии возделывания озимой мягкой пшеницы сорта Краса Дона. *Таврический вестник аграрной науки*. 2020;(4):171-182. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44311979>

Sukharev A. A. Some elements of cultivation technology of winter bread wheat variety 'Krasa Dona'. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2020;(4):171-182. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44311979>

*Сведения об авторах*

**Попов Алексей Сергеевич**, доктор с.-х. наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный город, 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347730, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6593-1138>

✉ **Сухарев Александр Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный город, 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347730, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-0878>, e-mail: [mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

**Овсянникова Галина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный город, 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347730, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-0878>

*Information about the authors*

**Aleksey S. Popov**, DSc in Agricultural Science, Head of the Department of Cultivation Technologies of Grain and Row Crops, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, email: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6593-1138>

✉ **Aleksander A. Sukharev**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Cultivation Technology of Grain Crops, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, email: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-0878>, e-mail: [mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

**Galina V. Ovsyannikova**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Cultivation Technology of Grain Crops, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, email: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4172-0878>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665>  
УДК 633.14:631.529 (470.342)



## Сравнительная оценка сортов озимой ржи по экологической устойчивости в условиях Кировской области

© 2022. Н. А. Набатова ✉, Е. И. Уткина, Е. С. Парфенова, М. Г. Шамова, Е. А. Псарева, М. Н. Жукова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Проведена оценка 10 сортов озимой ржи российской селекции по урожайности в условиях Кировской области. Средняя урожайность сортов озимой ржи за период исследований (2015–2021 гг.) составила 2,64 т/га и варьировала по годам от 1,39 т/га (2016 г., индекс условий среды ( $I_j$ ) = -1,25) до 4,22 т/га (2015 г.,  $I_j$  = 1,58). Средняя урожайность по сортам изменялась от 1,64 (Саратовская 7) до 3,62 т/га (Флора). Доля влияния на урожайность фактора «условия года» составила 43 %, фактора «сорт» – 28 %. На различную адаптивность и экологическую устойчивость сортов озимой ржи указывают: коэффициенты пластичности ( $b_i$ ) – 0,40...1,39, стабильности ( $\sigma d^2$ ) – 0,25...1,07, мультипликативности (KM) – 1,31...2,97, адаптивности (KA) – 56,3...142,4, вариации (V) – 25...87 %; фактор фенотипической стабильности (SF) – 1,9...20,5; показатели размаха урожайности ( $d$ ) – 0,47...0,95, гомеостатичности ( $H_{om}$ ) – 0,02...0,13 и стрессоустойчивости ( $Y_2 - Y_1$ ) – -2,28...-3,62. На основании суммирования рангов по 9 показателям адаптивности и экологической устойчивости признака «урожайность» выделены сорта, наиболее приспособленные к лимитирующим факторам среды (Фаленская 4, Алиса, Рушник и Флора).

**Ключевые слова:** *Secale cereale* L., урожайность, условия среды, адаптивность, стабильность, пластичность, коэффициент вариации, гомеостатичность, ранжирование

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0095).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Набатова Н. А., Уткина Е. И., Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Псарева Е. А., Жукова М. Н. Сравнительная оценка сортов озимой ржи по экологической устойчивости в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):655-665. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665>

Поступила: 07.06.2022

Принята к публикации: 22.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Comparative analysis of winter rye varieties by ecological stability in the conditions of Kirov region

© 2022. Natalia A. Nabatova ✉, Elena I. Utkina, Elena S. Parfenova, Marina G. Shamova, Ekaterina A. Psareva, Maria N. Zhukova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

Ten winter rye varieties of Russian breeding were evaluated by yield in the conditions of Kirov region. The average yield of winter rye varieties during the research period of 2015–2021 was 2.64 t/ha and varied by years from 1.39 t/ha (2016, index of environmental conditions ( $I_j$ ) = -1.25) to 4.22 t/ha (2015,  $I_j$  = 1.58). The variation of average yield by varieties was from 1.64 (Saratovskaya 7) to 3.62 t/ha (Flora). The proportion of the influence on the yield of the factor "conditions of the year" was 43 %, of the factor "variety" – 28 %. Different adaptability and environmental sustainability of winter rye varieties are indicated by: coefficients of plasticity ( $b_i$ ) – 0.40...1.39, stability ( $\sigma d^2$ ) – 0.25...1.07, multiplicity (KM) – 1.31...2.97, adaptability (CA) – 56.3...142.4, variation (V) – 25...87 %; phenotypic stability factor (SF) – 1.9...20.5; yield spread ( $d$ ) – 0.47...0.95, homeostability ( $H_{om}$ ) – 0.02...0.13 and stress tolerance ( $Y_2 - Y_1$ ) – -2.28...-3.62. Based on the summation of the ranks according to 9 indicators of adaptability and environmental stability of the «yield» trait, the varieties most adapted to the limiting environmental factors (Falenskaya 4, Alice, Rushnik and Flora) have been chosen.

**Keywords:** *Secale cereale* L., yield, environmental conditions, adaptability, stability, plasticity, coefficient of variation, homeostability, ranking

**Acknowledgements:** the work was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0095).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citations:** Nabatova N. A., Utkina E. I., Parfenova E. S., Shamova M. G., Psareva E. A., Zhukova M. N. Comparative analysis of winter rye varieties by ecological stability in the conditions of Kirov region. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):655-665. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.655-665>

Received: 07.06.2022

Accepted for publication: 22.09.2022

Published online: 26.10.2022

Озимая рожь – это уникальная культура, которая отличается высокой продуктивностью и неприхотливостью к условиям произрастания. Рожь нетребовательна к плодородию почв, внесению удобрений, применению гербицидов и фунгицидов. Способность наиболее полно использовать осадки осенне-зимнего периода обуславливает ее высокую засухоустойчивость [1]. Достоинство озимой ржи – высокая зимостойкость, что имеет исключительно важное значение в условиях северного земледелия. В Кировской области зимостойкость напрямую связана со степенью отрастания растений после поражения снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.)). Поражение озимых на территории региона зачастую достигает 100 % из-за неблагоприятных условий зимнего периода. Создание сортов с высокой способностью регенерации после поражения снежной плесенью – одно из главных направлений селекции в регионе [2].

Озимая рожь является культурой универсального использования, однако основное назначение ржи – продовольственное: больше 60 % зерна ржи используется для хлебопечения [3]. Кроме этого, озимая рожь является незаменимым кормом для сельскохозяйственных животных. На 2021 год в Госреестре селекционных достижений РФ зарегистрировано более 80 сортов озимой ржи, различающихся по морфологическому строению (в т. ч. типу короткостебельности), хозяйственно ценным признакам и адаптивным характеристикам, что дает возможность подобрать сорта, которые наиболее полно отвечают условиям возделывания. Использование адаптивных пластичных сортов озимой ржи является одним из главных принципов в производстве зерна ржи для северных регионов [1]. Существует большое число методов количественной оценки реакций сорта на условия возделывания. Использование нескольких методов одновременно позволяет наиболее полно оценить адаптивные свойства сорта [4].

**Цель исследований** – оценить по урожайности адаптивный потенциал сортов озимой ржи разных эколого-географических групп, выявить сорта с широкой адаптацией к условиям Кировской области.

**Новизна исследований.** Впервые в условиях Кировской области проведена оценка сортов озимой ржи с использованием разных методов расчета показателей экологической устойчивости и адаптивных свойств. Выделены наиболее приспособленные к условиям Кировской области генотипы.

**Материал и методы.** Экспериментальную часть работы проводили в 2015-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая,  $pH_{\text{сол.}}$  4,0, содержание гумуса – 1,37 %, подвижного фосфора – 190 мг/кг почвы, обменного калия – 221 мг/кг почвы.

Изучали сорта озимой ржи (*Secale cereale* L.) селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Фаленская 4, Рушник, Флора), ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Крона), ФГБНУ Башкирский НИИСХ (Памяти Кунакбаева), ФГБНУ Самарский НИИСХ (Антарес, Безенчукская 87), ФГБНУ Уральский НИИСХ (Алиса, Янтарная), ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока (Саратовская 7). Учетная площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>, повторность – 2-кратная.

Учет урожайности осуществляли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур<sup>1</sup>. Индекс условий среды и показатели адаптивности определяли по формулам (табл. 1).

Ранжировали показатели адаптивности по В. Ю. Урбах [13]. Статистическую обработку проводили методами дисперсионного, корреляционного и вариационного анализов с использованием Microsoft Office Excel 2007.

По данным метеорологической станции г. Кирова (Кировская область, Россия), погодные условия в период активной весенне-летней вегетации (май-июль 2015-2021 гг.) различались по количеству осадков и температурному режиму (рис.).

Отклонение среднесуточной температуры от среднееголетнего значения в мае-июле не превышало 33 %. Неустойчивая погода наблюдалась в мае, когда среднемесячная температура изменялась от +7,6 (2017 г.) до +15,0 °C (2015 и 2021 гг.). Наибольшей стабильностью характеризовался июль с температурой на уровне средних значений или с небольшим отклонением (10 %).

По количеству выпавших осадков наблюдался существенный разброс показателей по всем периодам развития растений и формирования урожая зерна. Избыточным увлажнением ( $ГТК_{\text{май-июль}} = 1,6-2,2$ ) характеризовались весенне-летние вегетационные периоды 2017 и 2018 гг. В 2015, 2016, 2019, 2020, 2021 гг. наблюдалось оптимальное сочетание тепла и влаги ( $ГТК_{\text{май-июль}} = 1,1-1,3$ ). Засушливых условий в период вегетации за годы исследований выявлено не было.

<sup>1</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 269 с.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /**  
**ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 1 – Формулы расчета показателей адаптивных свойств и экологической устойчивости /  
 Table 1 – Formulas for calculating parameters of adaptive qualities and ecological stability

| Формула /<br>Formula                                                | Расшифровка / Explanation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Авторы, год /<br>Authors, year                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $I_j = \frac{\sum Y_{ij}}{v} - \frac{\sum \sum Y_{ij}}{v \times n}$ | $I_j$ – индекс условий среды / environment index,<br>$\sum Y_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за $i$ -й год /<br>sum of yields of all varieties for the $i$ -th year<br>$\sum \sum Y_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за все годы /<br>sum of the yields of all varieties for all years,<br>$v$ – количество сортов / number of varieties,<br>$n$ – количество лет / number of years.                                            | S. A. Eberhart,<br>W. A. Rusell<br>в изложении<br>В. З. Пакудина, 1984 /<br>S. A. Eberhart,<br>W. A. Rusell as pre-<br>sented by<br>V. Z. Pakudin, 1984 [5]       |
| $b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$                          | $b_i$ – коэффициент пластичности / coefficient of plasticity,<br>$\sum Y_{ij} I_j$ – сумма произведения урожайности $i$ -ого сорта за $j$ -й год<br>на соответствующий индекс условий среды /<br>sum of the product of the yield of the $i$ -th variety for the $j$ -th year by<br>the corresponding environmental index,<br>$\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды /<br>sum of squares of environmental indices.           |                                                                                                                                                                   |
| $\sigma_d^2 = \frac{\sum \sigma_{ij}^2}{(n-2)}$                     | $\sigma_d^2$ – коэффициент стабильности / coefficient of stability,<br>$\sum \sigma_{ij}^2$ – сумма квадратов отклонений фактической урожайности<br>от теоретической /<br>sum of the squared deviations of the actual yield from the theoretical,<br>$n$ – количество лет / number of years.                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                   |
| $KM = \frac{Y_i + b_i x_i}{Y_i}$                                    | KM – коэффициент мультипликативности / multiplicativity coefficient,<br>$Y_i$ – среднее значение урожайности $i$ -го сорта /<br>average value of the yield of the $i$ -th variety,<br>$b_i$ – коэффициент регрессии $i$ -го сорта /<br>regression coefficient of the $i$ -th variety,<br>$x_i$ – среднее значение урожайности по всем сортам для каждого<br>$j$ -го года / average value of yield for all varieties for each $j$ -th year. | В. А. Драгавцев<br>и др., 1984 /<br>V. A. Dragavtsev<br>et al., 1984 [6]                                                                                          |
| $V = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$                                  | $V$ – коэффициент вариации / coefficient of variation,<br>$s$ – стандартное отклонение / standard deviation,<br>$\bar{x}$ – средняя арифметическая величина урожайности /<br>arithmetic mean of yields.                                                                                                                                                                                                                                    | Б. А. Доспехов, 1985 /<br>B. A. Dospekhov, 1985<br>[7]                                                                                                            |
| $SF = \frac{Y_{\max}}{Y_{\min}}$                                    | SF – фактор стабильности / stability factor,<br>$Y_{\min}$ – минимальная урожайность / minimum yield,<br>$Y_{\max}$ – максимальная урожайность / maximum yield.                                                                                                                                                                                                                                                                            | D. Lewis, 1954 [8]                                                                                                                                                |
| $H_{om} = \frac{\bar{x}}{V}$                                        | $H_{om}$ – показатель гомеостатичности / homeostatic parameter,<br>$\bar{x}$ – средняя арифметическая величина урожайности /<br>arithmetic mean of yields,<br>$V$ – коэффициент вариации по урожайности /<br>coefficient of variation by yield.                                                                                                                                                                                            | В. В. Хангильдин<br>и др., 1977 /<br>V. V. Khangildin et al.,<br>1977 [9]                                                                                         |
| $KA = \frac{Y_{ij} \times 100}{Y_j}$                                | KA – коэффициент адаптивности / adaptivity coefficient,<br>$Y_{ij}$ – урожайность $i$ -го сорта в $j$ -й год испытаний /<br>yield of the $i$ -th variety in the $j$ -th year,<br>$Y_j$ – среднесортная урожайность года испытаний /<br>average variety yield of the test year.                                                                                                                                                             | Л. А. Животков<br>и др., 1994 /<br>L. A. Zhivotkov et al.,<br>1994 [10]                                                                                           |
| $d = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max}}$                          | $d$ – размах урожайности / yield spread                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | В. А. Зыкин и др.,<br>1984 / V. A. Zykin<br>et al., 1984 [11]                                                                                                     |
| $Y_2 - Y_1 =$<br>$Y_{\min} - Y_{\max}$                              | $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость / resistance to stress                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | A. A. Rossielle,<br>J. Hemblin<br>в изложении<br>А. А. Гончаренко,<br>2005 / A. A. Rossielle,<br>J. Hemblin<br>as presented by<br>A. A. Goncharenko,<br>2005 [12] |

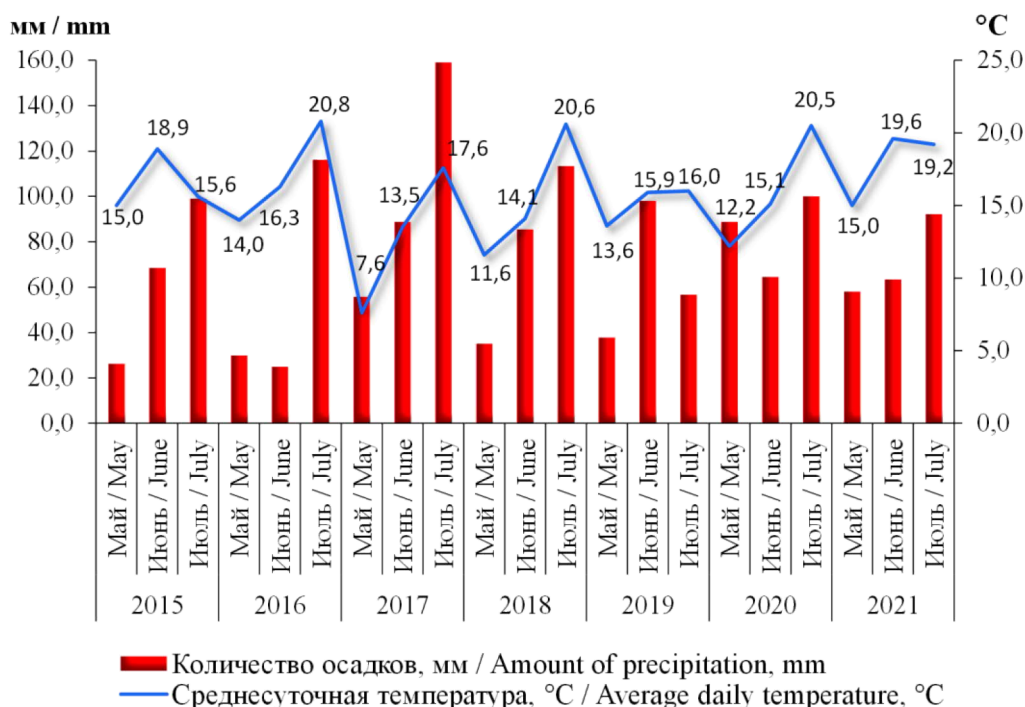


Рис. Характеристика погодных условий весенне-летних вегетационных периодов 2015-2021 гг. /  
Fig. Characteristics of the weather conditions of the spring-summer growing seasons, 2015-2021

**Результаты и обсуждение.** Для характеристики условий выращивания сортов использовали индекс условий среды ( $I_j$ ). В 2015, 2017 и в 2018 гг.  $I_j$  имел положительные значения (0,24...1,58), что свидетельствует о достаточно благоприятных условиях возделывания. Отрицательное значение индекса (-0,09...-1,25) в 2016, 2019, 2020, 2021 гг. говорит о неблаго-

приятном гидротермическом режиме для формирования урожая зерна озимой ржи. Лучшие условия для роста и развития наблюдались в 2015 году ( $I_j = 1,58$ ), при этом средняя урожайность в опыте составила 4,22 т/га. В сложных погодных условиях 2016 г. средняя урожайность сортов ржи снизилась в 3 раза и составила 1,39 т/га (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность сортов озимой ржи, т/га (г. Киров, 2015-2021 гг.) /  
Table 2 – Yield of winter rye varieties, t/ha (Kirov, 2015-2021)

| Copt / Variety                          | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | Среднее / Average |
|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| Фаленская 4 / Falenskaya 4              | 4,94    | 2,58    | 3,51    | 4,23    | 3,75    | 2,30    | 2,77    | 3,44              |
| Рушник / Rushnik                        | 4,24    | 2,96    | 2,56    | 3,19    | 4,84    | 2,65    | 3,12    | 3,37              |
| Флора / Flora                           | 4,84    | 2,58    | 2,98    | 4,64    | 5,01    | 2,26    | 3,01    | 3,62              |
| Крона / Krona                           | 3,44    | 0,99    | 3,86    | 1,45    | 2,20    | 2,41    | 2,20    | 2,36*             |
| Памяти Кунакбаева / Pamyati Kunakbayeva | 4,30    | 1,05    | 2,87    | 1,62    | 3,17    | 2,74    | 1,72    | 2,50*             |
| Антарес / Antares                       | 3,76    | 0,30    | 2,69    | 2,77    | 0,64    | 2,41    | 1,63    | 2,03*             |
| Безенчукская 87 / Bezenchukskaya 87     | 3,81    | 0,19    | 2,13    | 2,17    | 0,72    | 2,15    | 1,61    | 1,83*             |
| Алиса / Alisa                           | 4,26    | 1,68    | 2,86    | 4,15    | 2,89    | 2,48    | 1,82    | 2,88              |
| Янтарная / Yantarnaya                   | 4,95    | 1,42    | 3,18    | 3,87    | 2,01    | 2,42    | 1,63    | 2,78              |
| Саратовская 7 / Saratovskaya 7          | 3,69    | 0,18    | 3,16    | 0,68    | 0,30    | 2,37    | 1,12    | 1,64*             |
| Среднее / Average                       | 4,22    | 1,39    | 2,98    | 2,88    | 2,55    | 2,42    | 2,06    | -                 |
| $I_j$                                   | 1,58    | -1,25   | 0,34    | 0,24    | -0,09   | -0,22   | -0,58   | -                 |

\* достоверно ниже стандарта Фаленская 4 при  $P \geq 95\%$ ;  $F_{\text{факт.}} = 5,8$ ;  $F_{\text{теор.}} = 2,1$  /

\* reliably below the standard Falenskaya 4 if  $P \geq 95\%$ ;  $F_{\text{fact.}} = 5.8$ ;  $F_{\text{teor.}} = 2.1$

Изучаемые в опыте сорта относятся к разным эколого-географическим группам и неодинаково реагируют на конкретные условия выращивания, поэтому средняя урожайность в опыте по годам значительно варьировала ( $V = 23\%$ ). Наиболее высокая и стабильная урожайность отмечена у сортов Флора, Фаленская 4 и Рушник селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (3,37-3,62 т/га), которые созданы в условиях Кировской области и максимально адаптированы к местному гидротермическому режиму. Средняя урожайность сортов Алиса и Янтарная (2,78-2,88 т/га) селекции ФГБНУ Уральский НИИСХ была немного ниже, но в пределах ошибки опыта, т. е. на уровне сорта-стандарта Фаленская 4.

По результатам дисперсионного анализа выявлено достоверное (на 5%-ном уровне значимости) влияние внешних условий на урожайность сортов (43 %). В сложных и нестабильных условиях выращивания озимых доля влияния генотипа была менее значительной и составила 28 %. Достоверное влияние условий года позволило провести расчет показателей адаптивности сортов озимой ржи по признаку «урожайность».

Коэффициент регрессии  $b_i$  (пластичность) показывает реакцию сорта на изменение

условий выращивания. Малопластичные сорта ( $b_i < 1$ ) являются сортами экстенсивного типа и слабо откликаются на улучшение условий выращивания. Высокопластичные сорта интенсивного типа имеют коэффициент регрессии  $b_i > 1$  и сильную реакцию на изменение условий среды. Среди ученых нет однозначного мнения, сорта с каким значением пластичности считать наиболее адаптивными. Ряд авторов [14, 15, 16] считают наиболее адаптивными малопластичные сорта, которые имеют  $b_i < 1$ . Гончаренко и др. [17] в своих исследованиях также делают вывод, что для селекции важна отнюдь не высокая пластичность. Однако другие авторы называют адаптивными высокопластичные сорта, у которых  $b_i$  значимо выше 1 [3, 18, 19, 20]. Третья группа авторов [21, 22] полагает, что наиболее адаптивными следует считать сорта с  $b_i$  близким или равным 1. Согласно авторам методики в изложении В. З. Пакудина и др. [5], идеальным считается сорт с коэффициентом регрессии близким к 1, поэтому в наших исследованиях мы оцениваем сорта, руководствуясь этим мнением. Наиболее приспособленными сортами в опыте являлись сорта озимой ржи Алиса ( $b_i = 1,03$ ), Фаленская 4 ( $b_i = 0,94$ ) и Памяти Кунакбаева ( $b_i = 1,08$ ) (табл. 3).

**Таблица 3 – Показатели адаптивных свойств и экологической устойчивости сортов озимой ржи по признаку «урожайность» (г. Киров, 2015-2021 гг.) /**

**Table 3 – Parameters of adaptive qualities and ecological stability of winter rye varieties by the “yield” trait (Kirov, 2015-2021)**

| <i>Coptm / Variety</i>                     | $b_i$ | $\sigma d^2$ | $KM$ | $V, \%$ | $SF$ | $H_{om}$ | $Y_2 - Y_1$ | $d$  | $KA, \%$ |
|--------------------------------------------|-------|--------------|------|---------|------|----------|-------------|------|----------|
| Фаленская 4 /<br>Falenskaya 4              | 0,94  | 0,30         | 1,72 | 28      | 2,1  | 0,12     | -2,64       | 0,53 | 134,7    |
| Рушник / Rushnik                           | 0,40  | 0,74         | 1,31 | 25      | 1,9  | 0,13     | -2,28       | 0,47 | 137,1    |
| Флора / Flora                              | 0,84  | 1,02         | 1,61 | 32      | 2,2  | 0,11     | -2,75       | 0,55 | 142,4    |
| Крона / Krona                              | 0,84  | 0,61         | 1,94 | 43      | 3,9  | 0,06     | -2,87       | 0,74 | 89,3     |
| Памяти Кунакбаева /<br>Pamyati Kunakbayeva | 1,08  | 0,43         | 2,14 | 44      | 4,1  | 0,06     | -3,25       | 0,76 | 92,9     |
| Антарес / Antares                          | 1,22  | 0,50         | 2,58 | 61      | 12,5 | 0,03     | -3,46       | 0,92 | 71,5     |
| Безенчукская 87 /<br>Bezenchukskaya 87     | 1,20  | 0,32         | 2,74 | 64      | 20,1 | 0,03     | -3,62       | 0,95 | 63,7     |
| Алиса / Alisa                              | 1,03  | 0,30         | 1,94 | 35      | 2,5  | 0,08     | -2,58       | 0,61 | 109,4    |
| Янтарная / Yantarnaya                      | 1,39  | 0,25         | 2,32 | 46      | 3,5  | 0,06     | -3,53       | 0,71 | 102,6    |
| Саратовская 7 /<br>Saratovskaya 7          | 1,22  | 1,07         | 2,97 | 87      | 20,5 | 0,02     | -3,51       | 0,95 | 56,3     |

Среднеквадратичное отклонение  $\sigma d^2$  (стабильность) – это способность сортов сохранять постоянство признаков при изменяющихся

условиях выращивания. Чем меньше коэффициент стабильности, тем более стабилен сорт. В изученном наборе сортов наиболее стабиль-

ными были сорта Янтарная и Алиса уральской селекции, а также сорт-стандарт Фаленская 4 Кировской селекции ( $\sigma d^2 = 0,25-0,30$ ). Коэффициент корреляции между показателями  $b_i$  и  $\sigma d^2$  – незначительный ( $r = -0,33$ ), это говорит о том, что данные показатели оценивают сорта с разных сторон адаптивности. Ранее проведенные исследования по изучению адаптивности яровой пшеницы показали, что растения не могут совмещать в одном генотипе пластичность и стабильность [23]. Анализируя данные таблицы 3, можно сделать вывод, что этот факт не подтвердился в наших исследованиях: у сортов Алиса и Фаленская 4 выявлены высокие показатели как пластичности, так и стабильности.

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции урожайности сортов озимой ржи с показателями адаптивных свойств и экологической устойчивости /  
Table 4 – Correlation coefficients for yield of winter rye varieties with parameters of adaptive qualities and ecological stability

| $b_i$ | $\sigma d^2$ | KM     | V, %   | SF     | $H_{om}$ | $Y_2 - Y_1$ | d      | KA, % |
|-------|--------------|--------|--------|--------|----------|-------------|--------|-------|
| -0,61 | -0,01        | -0,91* | -0,91* | -0,85* | 0,96*    | 0,79*       | -0,96* | 0,99* |

\* значимо на 1%-ном уровне / \* significant at 1% level

Расчет коэффициента вариации (V) является одним из самых простых способов, позволяющих выявить реакцию растений на неблагоприятные условия окружающей среды. У всех сортов в опыте отмечен высокий уровень вариации урожайности ( $V = 25...87\%$ ). Наименьшие значения V отмечены у сортов местной селекции ( $V = 25...32\%$ ), что говорит о более высокой их стабильности. Большой размах значений V по сортам показывает высокую информативность показателя.

Способность растений формировать урожай при неблагоприятных условиях среды называется гомеостатичностью. Сорта с высокой гомеостатичностью могут сводить к минимуму негативные воздействия окружающей среды. При расчете коэффициента гомеостатичности ( $H_{om}$ ) используется коэффициент вариации (V), поэтому V и  $H_{om}$  тесно связаны друг с другом ( $r = -0,90$ ). Высокая гомеостатичность в опыте отмечена у сортов Рушник (0,13), Фаленская 4 (0,12) и Флора (0,11).

При постоянно изменяющихся погодных условиях важным показателем адаптивности растений является стрессоустойчивость ( $Y_2 - Y_1$ ), которая показывает разницу между минимальной и максимальной урожайностью в опыте. Чем меньше разрыв между  $Y_{min}$  и  $Y_{max}$ ,

Недостатком методики S. A. Eberhart, W. A. Russell [5] называют наличие у показателей  $b_i$  и  $\sigma d^2$  «эффекта шкалы», то есть зависимость от среднего значения признака [4, 24]. Однако в нашем опыте «эффекта шкалы» у показателей  $b_i$  и  $\sigma d^2$  не наблюдалось, о чем свидетельствует отсутствие достоверных связей в парных корреляциях между урожайностью и показателями  $b_i$  и  $\sigma d^2$  (табл. 4). С другой стороны, по мнению некоторых авторов [25, 26], отсутствие у  $b_i$  и  $\sigma d^2$  достоверных связей с урожайностью говорит о том, что эти показатели являются теоретическими и мало подходят для практической селекции.

тем стрессоустойчивость сортов выше. Максимальную стрессоустойчивость имели сорта Рушник (-2,28), Алиса (-2,58) и Фаленская 4 (-2,64). Таким образом, сорта с наименьшими значениями коэффициента вариации, максимальной гомеостатичностью и высокой стрессоустойчивостью считаются наиболее адаптивными. В нашем опыте такое сочетание показателей отмечено у сорта Рушник ( $V = 25\%$ ,  $H_{om} = 0,13$ ,  $Y_2 - Y_1 = -2,28$ ).

По мнению А. А. Гончаренко, для селекции важное адаптивное значение, наравне с коэффициентом вариации, имеет высокая фенотипическая стабильность (фактор стабильности SF) [17]. Фактор фенотипической стабильности рассчитывается как отношение наиболее высокого значения признака к наиболее низкому. Чем выше числовое значение SF, тем сорт менее стабилен. Сорт наиболее устойчив по фенотипу при выращивании в разных условиях, если  $SF = 1$ . К наиболее фенотипически стабильным сортам в опыте можно отнести: Рушник ( $SF = 1,9$ ), Фаленская 4 ( $SF = 2,1$ ) и Флора ( $SF = 2,2$ ).

Для оценки пластичности сортов, наравне с методикой S. A. Eberhart, W. A. Russell [5], применяют метод В. А. Драгавцева [6] по расчету коэффициента мультипликатив-

ности (KM). Чем выше значение KM, тем сорт сильнее реагирует на изменение окружающей среды. Наибольшее значение KM было отмечено у сортов Саратовская 7 (2,97), Безенчукская 87 (2,74) и Антарес (2,58). Сорта местной селекции с минимальными значениями KM (1,31-1,72) относятся к сортам экстенсивного типа. Такие сорта обладают низкой отзывчивостью на изменение факторов среды. С одной стороны, улучшение условий выращивания не дает существенной прибавки урожая местных сортов, с другой стороны, при неблагоприятных условиях урожайность остается стабильной. По мнению ряда авторов [4, 21, 24], KM у сортов варьирует слабо, что затрудняет оценку экологической устойчивости. Однако в наших исследованиях значения KM, как и  $b_i$ , варьировали достаточно сильно (25 и 28 % соответственно).

Для определения потенциальной продуктивности Л. А. Животков в 1994 году предложил использовать коэффициент адаптивности (KA) [10]. В нашем опыте KA варьировал от 56,3 до 142,4 %. При KA > 100 % сорт считается

адаптивным. Высокие адаптивные свойства и потенциал продуктивности в опыте отмечены у сортов Флора (142,4 %), Рушник (137,1 %) и Фаленская 4 (134,7 %). Связь показателя KA с урожайностью была исключительно тесной, что подтверждается высоким значением коэффициента детерминации ( $R^2 = 0,99$ ).

Показатель размаха урожайности (d) определяли по методике В. А. Зыкина [11], в опыте он варьировал от 0,47 до 0,95. Чем значение d ниже, тем сорт более стабилен. В наших исследованиях низкий размах урожайности отмечен у сортов Рушник (0,47), Фаленская 4 (0,53) и Флора (0,55).

Все приведенные выше показатели адаптивных свойств и экологической устойчивости имеют свои преимущества и недостатки, поэтому для оценки адаптивного потенциала сортов целесообразно использовать одновременно несколько методик.

Применение системы рангов по исследуемым показателям позволяет всесторонне оценить сорта и выявить максимально адаптивные по большинству методик (табл. 5).

**Таблица 5 – Ранжирование сортов озимой ржи по показателям адаптивного потенциала /  
Table 5 – Ranking of winter rye varieties by parameters of adaptive potential**

| <i>Copm / Variety</i>                      | $b_i$ | $\sigma d^2$ | KM | V  | SF | $H_{om}$ | $Y_2 - Y_1$ | d | KA | Сумма рангов /<br>Sum of ranks |
|--------------------------------------------|-------|--------------|----|----|----|----------|-------------|---|----|--------------------------------|
| Фаленская 4 /<br>Falenskaya 4              | 2     | 2            | 8  | 2  | 2  | 2        | 3           | 2 | 3  | 26                             |
| Рушник / Rushnik                           | 10    | 8            | 10 | 1  | 1  | 1        | 1           | 1 | 2  | 35                             |
| Флора / Flora                              | 4     | 9            | 9  | 3  | 3  | 3        | 4           | 3 | 1  | 39                             |
| Крона / Krona                              | 4     | 7            | 6  | 5  | 6  | 5        | 5           | 6 | 7  | 51                             |
| Памяти Кунакбаева /<br>Pamyati Kunakbayeva | 3     | 5            | 5  | 6  | 7  | 5        | 6           | 7 | 6  | 50                             |
| Антарес / Antares                          | 7     | 6            | 3  | 8  | 8  | 8        | 7           | 8 | 8  | 63                             |
| Безенчукская 87 /<br>Bezenchukskaya 87     | 6     | 4            | 2  | 9  | 9  | 8        | 10          | 9 | 9  | 66                             |
| Алиса / Alisa                              | 1     | 2            | 6  | 4  | 4  | 4        | 2           | 4 | 4  | 31                             |
| Янтарная / Yantarnaya                      | 9     | 1            | 4  | 7  | 5  | 5        | 9           | 5 | 5  | 50                             |
| Саратовская 7 /<br>Saratovskaya 7          | 7     | 10           | 1  | 10 | 10 | 10       | 8           | 9 | 10 | 75                             |

Наименьший ранг говорит об адаптивности сорта. Оценка сортов озимой ржи по 9 показателям позволила выделить наиболее адаптивные для нашего региона: Фаленская 4 (сумма рангов 26), Алиса (31), Рушник (35) и Флора (39).

Разные авторы придерживаются неоднозначных мнений относительно того, какие методики следует использовать при расчете

адаптивности [18, 23]. Так, А. Б. Дьяков (2010) при изучении адаптивности обнаружил различия в биологической интерпретации одних и тех же вычисляемых параметров (в частности, коэффициента регрессии  $b_i$ ) [27]. Из-за большого практического значения адаптивности количество публикаций на эту тему растет, возрастают и различия в толковании результатов.

Поэтому особое значение имеет правильный выбор методик оценки адаптивных свойств и экологической устойчивости для конкретной культуры в конкретных условиях возделывания, а также верное трактование результатов в соответствии с методикой.

**Заключение.** По комплексу показателей экологической устойчивости и адаптивных свойств признака «урожайность» выделены

сорта озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока – Фаленская 4, Рушник и Флора, селекции ФГБНУ Уральский НИИСХ – Алиса, которые можно считать наиболее приспособленными к условиям Кировской области. Не обладая высокой интенсивностью, данные сорта характеризуются значительным адаптивным потенциалом и приспособлены к различным агрометеорологическим условиям.

#### *Список литературы*

1. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шамова М. Г., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Шляхтина Е. А. Возделывание озимой ржи в условиях северного земледелия. Научно-практические рекомендации. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 120 с.  
Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2021-g.html>
2. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.
3. Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Сравнительная оценка адаптивного потенциала сортов озимой ржи по признаку «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области. Евразийский Союз Ученых. 2020;1-3(70):37-43. DOI: <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.3.70.545>
4. Волкова Л. В., Щенникова И. Н. Сравнительная оценка методов расчёта адаптивных реакций зерновых культур. Теоретическая и прикладная экология. 2020;(3):140-146.  
DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-140-146>
5. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. 1984;19(4):109-113.
6. Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984, 229 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Lewis D. Geneenvironment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. Heredity. 1954;(8):333-356.
9. Хангильдин В. В., Асфондиярова Р. Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного. Биологические науки. 1977;(1):116-121.
10. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.
11. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск, 1984. 24 с.
12. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник РАСХН. 2005;(6):49-53.
13. Урбах В. Ю. Биометрические методы: статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине. М.: Наука, 1964. С. 19-247. Режим доступа: <https://booksee.org/dl/818843/e75fb7>
14. Парфенова Е. С., Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Псарева Е. А. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по регенерационной способности и урожайности в Кировской области. Владимирский земледелец. 2019;(1):39-43. DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10053>
15. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области. Зерновое хозяйство России. 2020;(3):38-42. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42>
16. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи на Среднем Урале. Достижения науки и техники АПК. 2020;34(10):28-33.  
DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11004>
17. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015;(1-2):3-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22857291>
18. Мамеев В. В. Выявление сортов озимой ржи с экологической адресностью для юго-запада центра России. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3(43)):78-83.  
DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>

19. Федорова В. А. Оценка экологической пластичности сортов озимой ржи в аридной зоне севера Астраханской области. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020;6(2):223-228. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-2-223-228>
20. Бебякин В. М., Кедрова Л. И., Кулеватова Т. Б. Адаптивность: методические подходы, методы и критерии её оценки. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005;(7):4-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12881546>
21. Jat M. L., Jat R. K., Singh P., Jat S. L., Sidhu H. S., Jat H. S., Bijarniya D., Parihar C. M., Gupta R. Predicting yield and stability analysis of wheat under different crop management systems across agro-ecosystems in India. American Journal of Plant Sciences. 2017;8(8):1977-2012. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.88133>
22. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Гильмуллина Л. Ф., Илалова Л. В., Вафина Г. С. Новый сорт озимой ржи «Зилант» с широкой адаптацией. Зерновое хозяйство России. 2021;1(1):8-13. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-73-1-8-13>
23. Бебякин В. М., Кулеватова Т. Б., Старичкова Н. И. Методические подходы, методы и критерии оценки адаптивности растений. Известия Саратовского Университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2005;5(2):69-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11700278>
24. Balcha A. Genotype by environment interaction for grain yield and association among stability parameters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). American Journal of Plant Sciences. 2020;11(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.111001>
25. Lin C. S., Binns M. R., Lefkovich L. P. Stability analysis: Where do we stand? Crop Science. 1986;26(5):894-900. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1986.0011183X002600050012x>
26. Becker H. C., Leon J. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding. 1988;101(1):1-23. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1439-0523.1988.TB00261.X>
27. Дьяков А. Б., Трунова М. В. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010;(1(142-143)):80-86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15100736>

### References

1. Utkina E. I., Kedrova L. I., Shamova M. G., Parfenova E. S., Nabatov N. A., Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Shlyakhtina E. A. Cultivation of winter rye in the conditions of northern agriculture. Scientific and practical recommendations. Kirov: FGBNU FANTs Severo-Vostoka, 2021. 120 p. URL: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2021-g.html>
2. Kedrova L. I. Winter rye in the North-Eastern region of Russia. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2000. 158 p.
3. Aniskov N. I., Safonova I. V. Comparative estimation of the adaptive potential of winter rye varieties by the protein content in the grain in the conditions of the Leningrad region. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh* = Eurasian Union of Scientists. 2020;1-3(70):37-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.3.70.545>
4. Volkova L. V., Shchennikova I. N. Comparative evaluation of methods for calculating adaptive responses of cereals. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology. 2020;(3):140-146. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-140-146>
5. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Assessment of ecological plasticity and stability of agricultural crops. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 1984;19(4):109-113. (In Russ.).
6. Dragavtsev V. A., Tsilke V. A., Reyter B. G. Genetics of productivity traits of spring wheat in Western Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1984, 229 p.
7. Dospekhov B. A. Methodology of field experiment. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
8. Lewis D. Geneenvironment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. *Heredity*. 1954;(8):333-356.
9. Khangildin V. V., Asfondiyarova R. R. Manifestation of homeostasis in hybrids of edible pea. *Biologicheskie nauki*. 1977;(1):116-121. (In Russ.).
10. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methods for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat by the "yield" indicator. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3-6. (In Russ.).
11. Zykin V. A., Meshkov V. V., Sapega V. A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodical recommendations. Novosibirsk, 1984. 24 p.
12. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik RASKhN*. 2005;(6):49-53. (In Russ.).
13. Urbakh V. Yu. Biometric methods: statistical processing of experimental data in biology, agriculture and medicine. Moscow: Nauka, 1964. pp. 19-247. URL: <https://booksee.org/dl/818843/e75fb7>

14. Parfenova E. S., Utkina E. I., Kedrova L. I., Psareva E. A. Secological plasticity and stability of winter rye varieties based on yield and regeneration capability in the Kirov region. *Vladimirskiy zemledelets* = Vladimir agricolist. 2019;(1):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2019-10053>
15. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. The estimation results of the adaptive indicators of the traits «productivity» and «a falling number» of the winter rye varieties in the Kirov region. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2020;(3):38-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42>
16. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L. Productivity and adaptability of winter rye varieties in the Middle Urals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2020;34(10):28-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11004>
17. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N. Estimation of ecological stability and plasticity inbred lines of a winter rye. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* = Reports of the Russian Academy of agricultural sciences. 2015;(1-2):3-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22857291>
18. Mameev V. V. Search for varieties of winter rye with environmental targeting for the southwest of central Russia. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2018;(3(43)):78-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
19. Fedorova V. A. Assessment of ecological flexibility of winter rye varieties in the arid zone of the north of the Astrakhan region. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki»* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2020;6(2):223-228. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-2-223-228>
20. Bebyakin V. M., Kedrova L. I., Kulevatova T. B. Adaptability: methodological approaches, methods and criteria for its evaluation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2005;(7):4-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12881546>
21. Jat M. L., Jat R. K., Singh P., Jat S. L., Sidhu H. S., Jat H. S., Bijarniya D., Parihar C. M., Gupta R. Predicting yield and stability analysis of wheat under different crop management systems across agro-ecosystems in India. *American Journal of Plant Sciences*. 2017;8(8):1977-2012. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.88133>
22. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gilmullina L. F., Ilalova L. V., Vafina G. S. The new winter rye variety 'Zilant' with broad adaptability. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2021;1(1):8-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-73-1-8-13>
23. Bebyakin V. M., Kulevatova T. B., Starichkova N. I. Methodical approaches, methods and estimation criteria of plant autoadaptivity. *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya* = Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology. 2005;5(2):69-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11700278>
24. Balcha A. Genotype by environment interaction for grain yield and association among stability parameters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*. 2020;11(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.111001>
25. Lin C. S., Binns M. R., Lefkovich L. P. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*. 1986;26(5):894-900. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1986.0011183X002600050012x>
26. Becker H. C., Leon J. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*. 1988;101(1):1-23. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1439-0523.1988.TB00261.X>
27. Diakov A. B., Trunova M. V. Vzaimosvyaz' mezhdu parametrami stabil'nosti i adaptivnosti sortov. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2010;(1(142-143)):80-86. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15100736>

#### Сведения об авторах

✉ **Набатова Наталья Александровна**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3845-0168>, e-mail: [nabatova43@rambler.ru](mailto:nabatova43@rambler.ru)

**Уткина Елена Игоревна**, доктор с.-х. наук, зав. отделом озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5650-6906>

**Парфенова Елена Сергеевна**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

**Шамова Марина Геннадьевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

**Псарева Екатерина Александровна**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-4765>

**Жукова Мария Николаевна**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-0613>

*Information about the authors*

✉ **Natalia A. Nabatova**, junior researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3845-0168>,  
e-mail: [nabatova43@rambler.ru](mailto:nabatova43@rambler.ru)

**Elena I. Utkina**, DSc in Agricultural Science, Head of the Department of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007,  
e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5650-6906>

**Elena S. Parfenova**, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

**Marina G. Shamova**, PhD in Agricultural Science, researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

**Ekaterina A. Psareva**, junior researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-4765>

**Maria N. Zhukova**, junior researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-0613>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Скрининг образцов коллекции льна-долгунца по урожайности и их адаптивность к условиям Северо-Западного региона России

© 2022. И. А. Куземкин, Т. А. Рожмина ✉

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь,  
Российская Федерация

В статье представлены результаты изучения 19 коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Северо-Запада России (Тверская область). Исследования проводили в 2015–2017 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Наиболее благоприятные условия для формирования высоких урожаев льноволокна сложились в 2017 году ( $I_j = 0,52$ ), для льносемян – в 2015 г. ( $I_j = 0,07$ ). Сорта Тост 3, Атлант (Россия), Evea (Франция), Alizee, Merylin (Голландия) выделились по урожайности льноволокна: 1,65 (Атлант) ... 2,18 (Evea) т/га, что на 17,0...51,3 % больше стандартного сорта Альфа. Вариабельность данного признака у отечественных сортов Тост 3 и Атлант – средняя ( $CV = 22,58$  и  $33,31$  % соответственно), у сортов западноевропейской селекции Evea, Alizee, Merylin – высокая ( $CV = 35,02$ ... $41,70$  %). У сортов Merylin, Evea и Атлант также отмечена высокая урожайность льносемян 0,77...0,82 т/га при уровне вариабельности 21,31...28,58 %. Эти образцы существенно превосходили среднесортное значение по этому признаку – коэффициент адаптивности (КА) составил 1,10...1,25. По результатам комплексной оценки образцов льна-долгунца, включающей урожайность волокна и семян, стрессоустойчивость ( $Y_2 - Y_1$ ), генетическую гибкость и компенсаторную способность ( $Y_1 + Y_2/2$ ), стабильность ( $d$ ), выделены сорта Тост 3, Атлант и Evea. Данные генотипы являются ценным исходным материалом в селекции льна-долгунца на адаптивность. Расширение посевных площадей под этими сортами в условиях Северо-Западного региона России будет способствовать решению проблемы сырьевого обеспечения страны.

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum* L., образец, волокно, семена, урожайность, стрессоустойчивость, пластичность, адаптивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-2016).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Куземкин И. А., Рожмина Т. А. Скрининг образцов коллекции льна-долгунца по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):666–674. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.666-674>

Поступила: 30.06.2022

Принята к публикации: 24.08.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Screening of accessions from fiber flax collection by productivity and their adaptability to the conditions of the North-West region of Russia

© 2022. Ivan A. Kuzemkin, Tatiana A. Rozhmina ✉

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

The article presents the results of evaluation of 19 collection accessions of fiber flax in the conditions of the North-West of Russia (Tver region). The experiments were carried out in 2015–2017 on soddy-podzolic light loamy soil. The most favorable conditions for the formation of high yields of flax fiber were formed in 2017 ( $I_j = 0,52$ ), for flax seeds – in 2015 ( $I_j = 0,07$ ). According to the flax fiber yield, such varieties as Tost 3, Atlant (Russia), Evea (France), Alizee, Merylin, (Holland) have been noted, their yield was in the range of 1.65 (Atlant) ... 2.18 (Evea) t/ha, which is 17.0...51.3 % higher than the standard Alfa variety. The variability of this trait in domestic varieties Tost 3 and Atlant is average ( $CV = 22.58$  and  $33.31$  %, respectively). The varieties of West European breeding Evea, Alizee, Merylin have high variability ( $CV = 35.02$ ... $41.70$  %). Varieties Merylin, Evea and Atlant also showed a high yield of flax seeds 0.77...0.82 t/ha with the variability level of 21.31...28.58 %. These genotypes significantly exceeded the average value for this trait – coefficient of adaptability (CA) was 1.10...1.25. According to the results of a comprehensive assessment of fiber flax accessions, including the yield of fiber and seeds, as well as their adaptive properties - stress resistance ( $Y_2 - Y_1$ ), genetic flexibility and compensatory ability ( $Y_1 + Y_2/2$ ), stability ( $d$ ), the highest indicators were shown by the varieties Tost 3, Atlant and Evea. These genotypes are a valuable source material in fiber flax breeding for adaptability. The expansion of sown areas under these varieties in the conditions of the North-West region of Russia will contribute to solving the problem of the country's raw material supply.

**Key words:** *Linum usitatissimum* L., sample, fiber, seeds, yield, stress resistance, plasticity, adaptability

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment for the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2019-2016).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors declared no conflict of interest.

*For citations:* Kuzemkin I. A., Rozhmina T. A. Screening of samples of fiber flax collection by productivity and their adaptability to the conditions of the North-West region of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):666-674. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.666-674>

Received: 30.06.2022

Accepted for publication: 24.08.2022

Published online: 26.10.2022

Наиболее эффективным и наименее затратным средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур является сорт [1]. Биологический потенциал современных сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции по урожайности волокна достигает 20...25 ц/га и семян – более 10 ц/га [2]. Урожай льноволокна в среднем по Российской Федерации находится на уровне 8,7...9,2 ц/га, льносемян – 1,1 ц/га<sup>1</sup>. Несоответствие между биологической и реальной урожайностью культуры обусловлено, прежде всего, влиянием стрессовых факторов среды [3]. Следует отметить, что в последнее десятилетие все чаще наблюдаются небывалая засуха, шквалистые ветры, крайне неравномерное выпадение осадков, большие перепады температур и другое [4].

Урожай и качество волокнистой льнопродукции формируются в основном в период «всходы-цветение», который является критическим в отношении потребности во влаге. Так, наибольшая концентрация волокнистых пучков наблюдается у растений, выросших в условиях высокой влажности в данный период вегетации. При этом увеличение влажности почвы до 100 % способствует не только увеличению количества волокна в стебле, но и улучшению его качества [5].

Лен является технической культурой двойного использования – на волокно и семена. Если урожай и качество волокна формируются в период «елочка-цветение», то урожай и качество семян в большей мере зависят от климатических условий между фазами «цветение» и «созревание» льна. В период образования коробочек и созревания семян оптимальной для льна считается температура воздуха 16-18 °С. Избыточное количество осадков в фазу «цветение» льна-долгунца отрицательно сказывается на завязываемости семян, а в конце вегетации, вследствие полегания, приводит к значительному снижению семенной продуктивности. При повышенной температуре и низкой влажности воздуха в период

цветения льна также наблюдается уменьшение количества коробочек на растении [6, 7].

Северо-Западный регион России относится к зоне рискованного земледелия, что лимитирует получение гарантированных урожаев льнопродукции<sup>2</sup>. При равной урожайности предпочтение следует отдавать сортам, более устойчивым к различным стрессовым факторам [3]. Важная роль в решении данной задачи принадлежит генетическому разнообразию культуры, сосредоточенному в мировых коллекциях ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. В. Вавилова» (ВИР) и ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» [5, 8]. Использование различных подходов и методов позволило выявить генотипы льна, устойчивые к различным флуктуациям погодных условий [9, 10, 11]. Информация о реакции образцов на изменения условий среды является важнейшим рычагом повышения урожаев сельскохозяйственных растений [12]. В последнее десятилетие активизировались исследования по изучению механизмов устойчивости к различным стрессовым факторам среды, что важно для ускорения селекционного процесса и повышения его результативности [13, 14, 15]. Вместе с тем на сегодняшний день выявлено крайне ограниченное количество генотипов льна, обладающих устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, что сдерживает проведение целенаправленной селекции в данном направлении.

**Цель исследований** – изучение образцов коллекции льна-долгунца по урожайности волокна и семян, а также параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации.

**Новизна исследований** заключается в выявлении из генофонда льна-долгунца новых образцов, сочетающих высокую урожайность волокна и семян с устойчивостью к стрессовым факторам среды, использование которых обеспечит создание сортов с широким адаптивным потенциалом.

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Агентство по производству и первичной обработке льна и конопли «Лен». Официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <http://agentstvo-len.ru/urozhaynost-inovolokna-v-rossijskoy-federatsii-ts-ga> (дата обращения: 15.05.2022).

<sup>2</sup>Грингоф Н. Г. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии (Нечерноземная зона Европейской части РСФСР). Л: Гидрометиздат, 1986. 227 с.

**Материал и методы.** Исследования проводили на опытном поле Научно-исследовательского института льна – обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЛК) в течение 2015-2017 гг. Объектом изучения служили 19 сортов и селекционных линий льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции из коллекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. Закладку опытов, учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями по селекции и семеноводству льна-долгунца<sup>3</sup>. Образцы высевали рядовым способом с междурядьями 7,5 см, площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, повторность 3-кратная, норма высева из расчета 22 млн всхожих семян на гектар. В качестве стандарта использовали сорт Альфа, включенный в Госреестр РФ по Северо-Западному региону, который высевали через каждые 6 делянок.

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом дисперсионного анализа по Доспехову<sup>4</sup> с использованием программы Microsoft Office Excel 2003. Оценку продуктивного и адаптивного потенциала проводили по методике Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секауевой<sup>5</sup>, индекс условий среды ( $I_j$ ) и коэффициент регрессии ( $b_i$ ) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell<sup>6</sup>, показатель стрессоустойчивости и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям A. A. Rossielle, J. Hamblin<sup>7</sup> в изложении А. А. Гончаренко<sup>8</sup>.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая с агрохимическими показателями: рН<sub>kcl</sub> 4,63...4,91, содержание подвижного фосфора – 234...256 мг/кг почвы, обменного калия – 142...158 мг/кг почвы (по Кирсанову).

Различные метеоусловия в годы проведения исследований (2015-2017 гг.) позволили более полно проанализировать изучаемые коллекционные образцы и отобрать лучшие из них по продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Так, в 2015 году в

период «елочка-бутонизация» (I-III декады июня и I декада июля) отмечался дефицит влаги в почве на фоне повышенных температур воздуха (ГТК = 0,8), что негативно сказалось на росте и развитии растений льна. В 2017 году умеренный температурный режим и достаточная обеспеченность влагой способствовали формированию высокой урожайности волокнистой льнопродукции. В 2016 году имело место избыточное количество осадков в период бутонизации и цветения льна (в 3,1 раза выше среднемноголетнего показателя), что отрицательно сказалось на завязываемости семян.

**Результаты и их обсуждение.** Для оценки влияния условий выращивания на урожайность льнопродукции в различные годы исследований использовали показатель «индекс условий среды» ( $I_j$ ). Для формирования волокнистой льнопродукции критическим, как отмечалось выше, является период от фазы «елочка» до бутонизации, а для льносемян – от фазы «цветение» до желтой спелости. Как показывают результаты исследований, наиболее благоприятные условия для роста и развития растений льна-долгунца сложились в 2017 г. ( $I_j = +0,52$ ), крайне неблагоприятные – в 2015 г. ( $I_j = -0,42$ ). В результате среднесортная урожайность льноволокна в 2017 г. составила 1,98 т/га, в 2015 г. – 1,03 т/га, почти в два раза ниже (табл. 1). Существенно превзошли стандартный сорт Альфа по урожайности льноволокна в эти годы испытаний сорта Тост 3, Атлант (Россия), Evea (Франция), Alizee, Merylin (Нидерланды). Данные генотипы превысили сорт Альфа в 2015 г. на 26,9 (Merylin)...55,9 % (Тост 3), в 2017 г. – на 17,1 (Атлант)...51,3 % (Evea). В среднем за три года урожайность льноволокна у исследуемых генотипов находилась в диапазоне 0,85 (к-2921, Россия)...2,18 т/га (Evea), а у выделившихся сортов 1,65 (Атлант)...2,18 т/га (Evea), что на 17,0...51,3 % выше стандарта. Большинство изучаемых генотипов проявили среднюю и сильную вариабельность

<sup>3</sup>Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

<sup>4</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.

<sup>5</sup>Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайность. Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.

<sup>6</sup>Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Grop. Sci. 1966;6(1):36-40.

<sup>7</sup>Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretikal aspects of selection for yield in stress and non – stress environments. Grop. Sci. 1981;21(6):27-29.

<sup>8</sup>Гончаренко А. А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005;(6):49-53.

по урожайности льноволокна. При этом только у генотипов Stormont Motley (Северная Ирландия) и v-8744-10 (Китай) отмечена высокая стабильность по данному признаку (CV = 12,06 и 13,98 % соответственно) при урожайности в среднем за три года 1,07 и 1,05 т/га, что на

24,1 % ниже стандарта. Из высокоурожайных сортов средней вариабельностью признака характеризовались отечественные сорта Тост 3 и Атлант (CV = 22,58 и 33,31 % соответственно), высокой – сорта западноевропейской селекции Evea, Alizee и Merylin (CV = 35,02...41,70 %).

*Таблица 1 – Урожайность волокна образцов льна-долгунца, т/га (2015-2017 гг., Тверская обл.) /  
Table 1 – Fiber yield of various accessions of fiber flax, t/ha (2015-2017, Tver region)*

| <i>Название и происхождение образца /<br/>Name and origin of the accession</i> | <i>2015 г.</i> | <i>2016 г.</i> | <i>2017 г.</i> | <i><math>\bar{x}</math></i> | <i>CV, %</i> | <i>КА* /<br/>СА*</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|--------------|----------------------|
| Альфа, Россия (стандарт) / Alfa, Russia (standard)                             | 0,93           | 1,36           | 1,93           | 1,41                        | 35,29        | 0,97                 |
| Evea, Франция / Evea, France                                                   | 1,35           | 2,28           | 2,92           | 2,18                        | 36,13        | 1,50                 |
| Alizee, Нидерланды / Alizee, The Netherlands                                   | 1,30           | 1,71           | 2,88           | 1,96                        | 41,70        | 1,35                 |
| Тост 3, Россия / Tost 3, Russia                                                | 1,45           | 1,72           | 2,25           | 1,81                        | 22,58        | 1,24                 |
| Merylin, Нидерланды / Merylin, The Netherlands                                 | 1,18           | 1,70           | 2,41           | 1,77                        | 35,02        | 1,21                 |
| л. 323-02, Россия / l. 323-02, Russia                                          | 1,02           | 1,57           | 2,37           | 1,65                        | 40,87        | 1,14                 |
| Атлант, Россия / Atlant, Russia                                                | 1,20           | 1,48           | 2,26           | 1,65                        | 33,31        | 1,13                 |
| AGT 964/06, Чешская Республика /<br>AGT 964/06, Czech Republic                 | 1,05           | 1,40           | 2,49           | 1,65                        | 45,82        | 1,13                 |
| AR 7, Россия / AR 7, Russia                                                    | 1,05           | 1,54           | 2,26           | 1,61                        | 37,66        | 1,11                 |
| Z 61783-81, Румыния / Z 61783-81, Romania                                      | 1,03           | 1,12           | 1,95           | 1,37                        | 37,30        | 0,94                 |
| Родник, Республика Беларусь / Rodnik, Belarus                                  | 0,83           | 1,35           | 2,18           | 1,45                        | 46,76        | 1,00                 |
| Согласие, Республика Беларусь / Soglasie, Belarus                              | 0,90           | 1,21           | 1,62           | 1,24                        | 29,04        | 0,85                 |
| AGT 788/05, Чешская Республика /<br>AGT 788/05, Czech Republic                 | 1,00           | 1,26           | 1,82           | 1,36                        | 30,43        | 0,94                 |
| China 1, Китай / China 1, China                                                | 0,99           | 1,22           | 1,81           | 1,34                        | 31,73        | 0,92                 |
| ВИР 8, Россия / VIR 8, Russia                                                  | 0,95           | 1,25           | 1,76           | 1,32                        | 31,27        | 0,91                 |
| Новоторжский, Россия / Novotorzhskiy, Russia                                   | 0,89           | 1,31           | 1,72           | 1,31                        | 31,60        | 0,90                 |
| Stormont Motley, Северная Ирландия /<br>Stormont Motley, Northern Ireland      | 0,95           | 1,06           | 1,21           | 1,07                        | 12,06        | 0,74                 |
| Светоч, Россия / Svetoch, Russia                                               | 0,81           | 0,99           | 1,41           | 1,07                        | 28,86        | 0,74                 |
| v-8744-10, Китай / v-8744-10, China                                            | 1,04           | 0,90           | 1,19           | 1,05                        | 13,98        | 0,72                 |
| к- 2921 (Палкинский кряж), Россия /<br>k-2921, Palkinskiy kryazh, Russia       | 0,71           | 0,76           | 1,07           | 0,85                        | 22,98        | 0,58                 |
| Среднесортная урожайность / Average variety yield                              | 1,03           | 1,36           | 1,98           | 1,46                        | -            | -                    |
| Индекс среды I <sub>j</sub> / Environment index I <sub>j</sub>                 | -0,42          | -0,10          | +0,52          | -                           | -            | -                    |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                          | 0,15           | 0,18           | 0,31           | -                           | -            | -                    |

\*КА – коэффициент адаптивности / \*СА – coefficient of adaptability

Для формирования льносемян более благоприятные условия сложились в 2015 и 2017 гг. (I<sub>j</sub> = +0,06 и +0,07 соответственно), условия 2016 г. были менее благоприятными (I<sub>j</sub> = -0,14). В результате значения среднесортной урожайности льносемян в 2015 и 2017 гг. были близки и составили 0,77 и 0,78 т/га соответственно, в 2016 г. – 0,57 т/га (табл. 2). Несмотря на относительно благоприятные условия 2015 и 2017 гг. реакция генотипов была различной. В 2015 г. существенно превосходили

как стандарт, так и среднесортное значение признака следующие образцы – л. 323-02, Merylin, ВИР 8, Evea, Alizee, Атлант, AP 7. При этом генотипы л. 323-02, Merylin и Alizee превысили стандарт и в 2017 г. на 6,7...22,5 %, их урожайность была максимальной и составила 0,95...1,09 т/га. Однако при неблагоприятных погодных условиях в 2016 г. существенно превосходили стандарт сорта Новоторжский и Светоч. Следует отметить, что наиболее высокой стабильностью обладали сорта Светоч, Тост 3

и Родник ( $CV = 1,40...9,99\%$ ). В среднем за 3 года превзошли высокоурожайный сорт Альфа следующие образцы – л. 323-02, Новоторжский, Merylin, ВИР 8, Evea и Атлант, урожайность льносемян у них составила  $0,77...0,88$  т/га, уровень вариабельности –  $11,02...28,58\%$ . Данные генотипы также существенно превзошли и среднесортное значение признака

( $KA = 1,10...1,25$ ), что указывает на их высокую адаптивность. Сильную вариабельность по урожайности льносемян проявили генотипы Alizee, AP 7 и v-8744-10 ( $CV = 36,21...55,39\%$ ). При этом линия v-8744-10 по данному показателю оказалась наиболее неприспособленной к условиям Северо-Западного региона России ( $KA = 0,59$ ).

Таблица 2 – Урожайность семян образцов льна-долгунца, т/га (2015-2017 гг.) /  
 Table 2 – Seed yield of various accessions of fiber flax, t/ha (2015-2017)

| Название образца /<br>Name of the accession              | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | $\bar{x}$ | CV, % | KA / CA |
|----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-------|---------|
| Альфа – стандарт / Alfa – standard                       | 0,74    | 0,66    | 0,89    | 0,76      | 15,18 | 1,08    |
| л. 323-02 / l. 323-02                                    | 0,88    | 0,66    | 1,09    | 0,88      | 24,30 | 1,25    |
| Новоторжский / Novotorzhskiy                             | 0,77    | 0,82    | 0,95    | 0,85      | 11,02 | 1,21    |
| Merylin                                                  | 0,82    | 0,59    | 1,06    | 0,82      | 28,58 | 1,17    |
| ВИР 8 / VIR 8                                            | 0,98    | 0,57    | 0,84    | 0,80      | 26,53 | 1,13    |
| Evea                                                     | 0,83    | 0,59    | 0,90    | 0,77      | 21,31 | 1,10    |
| Светоч / Svetoch                                         | 0,75    | 0,73    | 0,73    | 0,73      | 1,40  | 1,04    |
| Alizee                                                   | 0,80    | 0,43    | 0,95    | 0,73      | 36,83 | 1,03    |
| Родник / Rodnik                                          | 0,66    | 0,65    | 0,78    | 0,70      | 9,99  | 0,99    |
| AGT 964/06                                               | 0,71    | 0,53    | 0,85    | 0,69      | 23,23 | 0,98    |
| AGT 788/05                                               | 0,75    | 0,55    | 0,76    | 0,69      | 17,13 | 0,98    |
| Тост 3 / Tost 3                                          | 0,72    | 0,69    | 0,64    | 0,68      | 5,76  | 0,97    |
| China 1                                                  | 0,72    | 0,58    | 0,70    | 0,67      | 11,78 | 0,95    |
| Z 61783-81                                               | 0,69    | 0,48    | 0,86    | 0,68      | 28,32 | 0,96    |
| Согласие / Soglasie                                      | 0,65    | 0,56    | 0,76    | 0,66      | 15,58 | 0,94    |
| к-2921 (Палкинский кряж) /<br>k-2921 (Palkinskiy kryazh) | 0,68    | 0,59    | 0,52    | 0,59      | 13,41 | 0,84    |
| Атлант / Atlant                                          | 0,98    | 0,59    | 0,76    | 0,78      | 25,03 | 1,11    |
| AP 7 / AR 7                                              | 0,81    | 0,45    | 0,46    | 0,57      | 36,21 | 0,82    |
| Stormont Motley                                          | 0,71    | 0,42    | 0,69    | 0,60      | 26,58 | 0,86    |
| v-8744-10                                                | 0,68    | 0,23    | 0,34    | 0,42      | 55,39 | 0,59    |
| Среднесортная урожайность /<br>Average variety yield     | 0,77    | 0,57    | 0,78    | 0,70      | -     | -       |
| Индекс среды, $I_j$ / Environment index $I_j$            | +0,06   | -0,14   | +0,07   | -         | -     | -       |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                    | 0,04    | 0,06    | 0,05    | -         | -     | -       |

Важным показателем адаптивности и экологической пластичности коллекционных образцов является устойчивость к стрессу, которая определяется исходя из разности между минимальной и максимальной урожайностью ( $Y_2 - Y_1$ ). Полученная величина имеет отрицательное значение, и чем она меньше, тем выше устойчивость генотипа к неблагоприятным факторам среды. Высоким уровнем приспособленности к условиям Северо-Западного региона России по урожайности льноволокна отличались образцы льна-долгунца Согласие (Республика Беларусь), Stormont Motley

(Северная Ирландия), v-8744-10 (Китай) и к-2921 (Палкинский кряж), значение признака составило  $-0,26...-0,41$  (табл. 3). Урожайность льноволокна в среднем за три года у данных образцов составила  $0,85...1,24$  т/га. У стандарта – сорта Альфа, величина данного признака  $-0,99$  при урожайности льноволокна  $1,41$  т/га. Из высокоурожайных сортов средний уровень стрессоустойчивости проявили сорта Evea, Тост 3 и Атлант, величина признака составила  $-0,64$ ;  $-0,80$  и  $-1,06$  соответственно. Наиболее неустойчивыми к стрессовым условиям отмечены сорта льна-долгунца Alizee (Нидерланды),

Merylin, Родник (Республика Беларусь),  
AGT 964/06 (Чешская Республика) и линия

л. 323-02 (Россия), величина признака находилась  
в диапазоне от -1,23 (Merylin) до -1,58 (Alizee).

Таблица 3 – Показатели адаптивности сортов льна-долгунца по урожайности волокна (2015-2017 гг.) /  
Table 3 – Indicators of adaptability of fiber flax varieties in terms of fiber yield (2015-2017)

| Название образца /<br>Name of the accession | Стойкость /<br>Stress resistance<br>( $Y_2 - Y_1$ ) | Средняя урожайность<br>в контрастных<br>условиях, т/га /<br>Average yield in<br>contrasting conditions,<br>t/ha ( $Y_1 + Y_2 / 2$ ) | Стабильность (d), % /<br>Stability (d), % | Пластичность<br>(коэффициент<br>регрессии, $b_i$ ) /<br>Plasticity (regression<br>coefficient, $b_i$ ) |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Альфа – стандарт / Alfa- standard           | -0,99                                               | 1,43                                                                                                                                | 51,47                                     | 1,65                                                                                                   |
| Evea                                        | -0,64                                               | 2,60                                                                                                                                | 21,96                                     | 2,51                                                                                                   |
| Alizee                                      | -1,58                                               | 2,09                                                                                                                                | 54,84                                     | 2,55                                                                                                   |
| Тост 3 / Tost 3                             | -0,80                                               | 1,85                                                                                                                                | 35,59                                     | 1,77                                                                                                   |
| Merelin                                     | -1,23                                               | 1,80                                                                                                                                | 51,07                                     | 2,07                                                                                                   |
| л. 323-02 / l. 323-02                       | -1,34                                               | 1,70                                                                                                                                | 56,77                                     | 2,10                                                                                                   |
| Атлант / Atlant                             | -1,06                                               | 1,73                                                                                                                                | 46,85                                     | 1,91                                                                                                   |
| AGT 964/06                                  | -1,45                                               | 1,77                                                                                                                                | 57,98                                     | 2,25                                                                                                   |
| AP 7 / AR 7                                 | -1,21                                               | 1,65                                                                                                                                | 53,60                                     | 1,96                                                                                                   |
| Z 61783-81                                  | -0,84                                               | 1,53                                                                                                                                | 42,83                                     | 1,67                                                                                                   |
| Родник / Rodnik                             | -1,35                                               | 1,51                                                                                                                                | 61,86                                     | 1,99                                                                                                   |
| Согласие / Soglasie                         | -0,41                                               | 1,41                                                                                                                                | 25,52                                     | 1,34                                                                                                   |
| AGT 788/05                                  | -0,81                                               | 1,41                                                                                                                                | 44,68                                     | 1,51                                                                                                   |
| China 1                                     | -0,82                                               | 1,40                                                                                                                                | 45,53                                     | 1,52                                                                                                   |
| VIR 8                                       | -0,82                                               | 1,35                                                                                                                                | 46,37                                     | 1,48                                                                                                   |
| Новоторжский / Novotorzhskiy                | -0,83                                               | 1,31                                                                                                                                | 48,01                                     | 1,44                                                                                                   |
| Stormont Motley                             | -0,26                                               | 1,08                                                                                                                                | 21,29                                     | 0,86                                                                                                   |
| Светоч / Svetoch                            | -0,60                                               | 1,11                                                                                                                                | 42,63                                     | 1,16                                                                                                   |
| v-8744-10                                   | -0,29                                               | 1,05                                                                                                                                | 24,52                                     | 0,82                                                                                                   |
| к-2921 / k-2921                             | -0,36                                               | 0,89                                                                                                                                | 33,86                                     | 0,84                                                                                                   |

Средняя урожайность генотипа в контрастных условиях ( $Y_1 + Y_2/2$ ) позволяет оценить его генетическую гибкость и компенсаторную способность. Чем выше значения этого показателя, тем выше степень соответствия между потенциальными возможностями сорта и различными факторами среды. У образцов Evea (Франция), Alizee, Merylin (Голландия), Тост 3, л. 323-02, Атлант, AP 7 (Россия), AGT 964/06 (Чешская Республика), величина признака составила 1,65...2,60, что на 15,4...81,8 % выше сорта-стандарта Альфа.

Величина показателя d позволяет оценить уровень стабильности урожайности льноволокна в конкретных условиях выращивания. Данный показатель рассчитывается как отношение между максимальной и минимальной урожайностью к максимальной величине, выраженное в процентах. Чем ниже значение показателя, тем лучше сорт приспособлен к

условиям возделывания. Наиболее стабильную реакцию на различные условия среды проявили образцы Evea (Франция), Тост 3 (Россия), Согласие (Республика Беларусь), Stormont Motley (Северная Ирландия), v-8744-10 (Китай) и к-2921 (Палкинский крахмал, Россия), величина признака составила 21,96...35,59 %. Менее приспособлены к условиям Северо-Западного региона России такие генотипы, как Alizee (Франция), AP 7, л. 323-02 (Россия), AGT 964/06 (Чешская Республика), Родник (Республика Беларусь), показатель d находился в диапазоне 53,60...61,86 %.

Адаптивные свойства сортов сельскохозяйственных культур определяли по оценке их пластичности, рассчитанной по коэффициенту линейной регрессии ( $b_i$ ) согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell, величина которого отражает реакцию сортов на изменение условий выращивания. Проведенный нами анализ

показывает, что отзывчивостью ( $b_i > 1$ ) на улучшение условий выращивания обладает подавляющее большинство изучаемых образцов льна-долгунца. Такие генотипы относятся к интенсивному типу, хорошо отзываются на благоприятные агрометеорологические условия, но, как правило, значительно снижают урожайность в неблагоприятных условиях выращивания. Исключения составили образцы Stormont Motley (Северная Ирландия), v-8744-10 (Китай) и к-2921 (Палкинский кряж, Россия), у которых значение  $b_i$  составило менее 1, что свидетельствует об их слабой отзывчивости на улучшение условий возделывания. Только у сорта Светоч коэффициент регрессии близок к 1, что указывает на полное соответствие величины его урожайности изменениям условий выращивания.

Как показывают результаты оценки стрессоустойчивости сортов по признаку «урожайность льносемян» ( $Y_2 - Y_1$ ), высокой приспособленностью к условиям Северо-

Западного региона России обладают такие генотипы, как Светоч, Тост 3, Новоторжский, Родник, AGT 788/05, China 1, Согласие, к-2921, Палкинский кряж ( $-0,02...-0,21$ ). Наиболее высокой генетической гибкостью и компенсаторной способностью ( $Y_1 + Y_2 / 2$ ) отличились образцы л. 323-02, Новоторжский, Merylin, Атлант и ВИР 8, значение признака составило  $-0,78...-0,89$  (табл. 4). У стандарта Альфа показатель стрессоустойчивости составил  $-0,23$ , показатель гибкости и компенсаторной способности  $-0,77$ . Повышенным уровнем стабильности по урожайности льносемян в данных условиях выращивания обладали сорта Светоч, Тост 3 и Родник: значения показателя  $d$  минимальные  $-2,41...16,0$ , у стандарта Альфа  $-16,93$ . Как показывают результаты оценки линейной регрессии, практически все изученные генотипы отзывчивы на улучшение условий выращивания ( $b_i = 1,21...2,84$ ). Исключение составила линия китайской селекции v-8744-10 ( $b_i < 1$ ).

Таблица 4 – Показатели адаптивности сортов льна-долгунца по урожайности семян (2015-2017 гг.) /  
Table 4 – Indicators of adaptability of fiber flax varieties by the seed yield (2015-2017)

| Название образца /<br>Name of the accession | $Y_2 - Y_1$ | $(Y_1 + Y_2) / 2$ | $d, \%$ | $b_i$ |
|---------------------------------------------|-------------|-------------------|---------|-------|
| Альфа – стандарт / Alfa – standard          | -0,23       | 0,77              | 16,93   | 2,30  |
| Evea                                        | -0,31       | 0,74              | 34,91   | 2,36  |
| Alizee                                      | -0,52       | 0,69              | 54,74   | 2,50  |
| Тост 3 / Tost 3                             | -0,08       | 0,68              | 10,90   | 1,65  |
| Merylin                                     | -0,47       | 0,82              | 44,46   | 2,76  |
| л. 323-02 / l. 323-02                       | -0,43       | 0,87              | 39,22   | 2,84  |
| Атлант / Atlant                             | -0,39       | 0,79              | 39,61   | 2,00  |
| AGT 964/06                                  | -0,32       | 0,69              | 37,92   | 2,21  |
| AP 7 / AR 7                                 | -0,37       | 0,63              | 45,05   | 1,21  |
| Z 61783-81                                  | -0,38       | 0,67              | 44,36   | 2,26  |
| Родник / Rodnik                             | -0,12       | 0,71              | 16,00   | 2,00  |
| Согласие / Soglasie                         | -0,20       | 0,66              | 26,75   | 1,99  |
| AGT 788/05                                  | -0,21       | 0,66              | 27,69   | 2,00  |
| China 1                                     | -0,14       | 0,65              | 20,03   | 1,82  |
| ВИР 8 / VIR 8                               | -0,42       | 0,78              | 42,32   | 2,20  |
| Новоторжский / Novotorzhskiy                | -0,18       | 0,86              | 19,03   | 2,45  |
| Stormont Motley                             | -0,29       | 0,56              | 40,66   | 1,81  |
| Светоч / Svetoch                            | -0,02       | 0,74              | 2,41    | 1,87  |
| v-8744-10                                   | -0,44       | 0,46              | 65,38   | 0,91  |
| к-2921 / k-2921                             | -0,16       | 0,60              | 23,56   | 1,33  |

**Выводы.** Комплексная оценка изучаемых образцов по урожайности льноволокна, льносемян и параметрам адаптивности с использованием разных методик позволила выделить генотипы, обладающие высокой потенциальной продуктивностью и широким адап-

тивным потенциалом в условиях Северо-Западного региона России. Существенно превосходили стандарт по урожайности льноволокна – на 17,0...51,3 % сорта Тост 3, Атлант (Россия), Evea (Франция), Alizee, Merylin (Голландия). При этом сорта Тост 3 и

Атлант обладали средней вариабельностью признака ( $CV = 22,58$  и  $33,31$  % соответственно), сорта Evea (Франция), Alizee, Merylin (Нидерланды) – высокой ( $CV = 35,02...41,70$  %). Сорта Merylin, Evea и Атлант также показали высокую урожайность льносемян  $0,77...0,82$  т/га, уровень вариабельности признака – средний ( $21,31...28,58$  %).

Из выделившихся высокоурожайных сортов льна-долгунца наиболее широким адаптивным потенциалом обладали сорта Тост 3, Атлант и Evea. Сорт Тост 3 проявил стрессоустойчивость и наиболее стабильную реакцию на различные условия среды как по урожайности льноволокна, так и льносемян, отличался высокой генетической гибкостью и компенсаторной способностью по урожайности льноволокна. Сорт Атлант обладал наиболее высокой генетической гибкостью и компенсаторной способностью по урожайности льноволокна и льносемян, а также средним уровнем стрессоустойчивости по урожайности льноволокна. Сорт Evea проявил средний уровень стрессоустойчивости, высокие показатели генетической гибкости и компенсаторной способности,

а также стабильную реакцию на различные условия среды по урожайности льноволокна.

Большинство изученных коллекционных образцов оказались высокоотзывчивыми на улучшение условий выращивания. Исключения составили по признаку «урожайность льноволокна» такие образцы, как Stormont Motley (Северная Ирландия), v-8744-10 (Китай) и к-2921 (Палкинский край, Россия), у которых значение  $b_i$  составило менее 1, что свидетельствует о слабой отзывчивости на улучшение условий выращивания. Только у сорта Светоч коэффициент регрессии оказался близким к 1, что указывает на полное соответствие величины его урожайности изменениям условий выращивания. По признаку «урожайность льносемян» исключение составила линия китайской селекции v-8744-10 ( $b_i < 1$ ).

Таким образом, современные сорта Тост 3, Атлант и Evea, сочетающие высокую потенциальную урожайность льнопродукции и широкий адаптивный потенциал, являются ценным исходным материалом при создании новых высококонкурентных сортов льна-долгунца для условий Северо-Запада России.

#### Список литературы

1. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: РУДН, 2001. Т. 1. 780 с.
2. Рожмина Т. А., Рыжов А. И., Куземкин И. А., Киселева Т. С. Внутривидовое разнообразие льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) и его роль в решении проблемы создания отечественной сырьевой базы. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(12):17-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301742>
3. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические аспекты). Т. I, II. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2001. 1489 с.
4. Гордеев А. В., Клещенко А. Д., Черняков Б. А., Сиротенко О. Д., Сиптиц С. О., Романенко И. А., Барталев С. А., Савин Ю. И. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. М.: Типография Россельхозакадемии, 2012. 203 с.
5. Жученко А. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю., Павлов Е. И., Поздняков Б. А., Усанова З. И. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь: Тверской ГУ, 2009. 272 с.
6. Soto-Cerda B. J., Diederichsen A., Ragupathy R., Cloutier S. Genetic characterization of a core collection of flax (*Linum usitatissimum* L.) suitable for association mapping studies and evidence of divergent selection between fiber and linseed types. BMC Plant Biology. 2013;13:78. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-78>
7. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Поздняков Б. Я., Сорокина О. Ю., Захарова Л. М., Рыжов А. И., Серков В. А., Смирнов А. А., Ущерович Е. М. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства: монография. Тверь, 2014. 215 с.
8. Pavlov A. V., Porokhovina E. A., Novikova L., Kutuzova S. N., Brutch N. B. Linseed for dual (seed and fiber) utilization new linseed accessions in the VIR collection, suitable for dual utilization (seed and fiber) in the north-western region of the Russian Federation. Journal of Natural Fibers. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1952137>
9. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Белоруссии. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(3):615-621. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>
10. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Лисицкая Т. Д. Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23 (1):54-68. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>
11. Du G.-H., Liu F.-H., Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) affected by the seasonal temperature pattern. Can. J. Plant Sci. 2015;95:1215-1220. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-185>
12. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Маринец А. С., Савин И. Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016;(59):105-121.
13. Brach N., Matvienk I., Porokhovina E., Pavlov A., Koshkin V., Nozkova J. Effect of photoperiod on *Linum usitatissimum* L. characters. Journal of Natural Fibers. 2020;17(9):1345-1354. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1568345>

14. Yu Y., Wu G., Yuan H., Cheng L., Zhao D., Huang W., Zhang S., Zhang L., Chen H., Zhang J., Guan F. Identification and characterization of miRNAs and targets in flax (*Linum usitatissimum*) under saline, alkaline, and salinealkaline stresses. BMC Plant Biol. 2016;16(1):124. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0808-2>

15. Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Belenikin M. S., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Rachinskaya O. A., Lakunina V. A., Krasnov G. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Uroshlev L. A., Koroban N. V., Samatadze T. E., Amosova A. V., Zelenin A. V., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Excess fertilizer responsive miRNAs revealed in *Linum usitatissimum* L. Biochimie. 2015;109:36-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2014.11.017>

#### References

1. Zhuchenko A. A. Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic foundations). Moscow: RUDN, 2001. Vol. 1. 780 p.

2. Rozhmina T. A., Ryzhov A. I., Kuzemkin I. A., Kiseleva T. S. Intraspecific variety of *Linum usitatissimum* L. and its role in the decision of a problem of raw maintenance of the country. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2017;31(12):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301742>

3. Zhuchenko A. A. Adaptive potential of cultivated plants (environmental and genetic aspects). Vol. I, II. Moscow: OOO «Izdatel'stvo Agrorus», 2001. 1489 p.

4. Gordeev A. V., Kleshchenko A. D., Chernyakov B. A., Sirotenko O. D., Siptits S. O., Romanenko I. A., Bartalev S. A., Savin Yu. I. Bioclimatic potential of Russia: productivity and rational distribution of agricultural crops in the context of climate change. Moscow: *Tipografiya Rossel'khozakademii*, 2012. 203 p.

5. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Sorokina O. Yu., Pavlov E. I., Pozdnyakov B. A., Usanova Z. I. Ecological and genetic bases of fiber flax breeding. Tver': *Tverckoy GU*, 2009. 272 p.

6. Soto-Cerda B. J., Diederichsen A., Ragupathy R., Cloutier S. Genetic characterization of a core collection of flax (*Linum usitatissimum* L.) suitable for association mapping studies and evidence of divergent selection between fiber and linseed types. BMC Plant Biology. 2013;13:78. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-78>

7. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Pozdnyakov B. Ya., Sorokina O. Yu., Zakharova L. M., Ryzhov A. I., Serkov V. A., Smirnov A. A., Usherovich E. M. Flax and hemp: zone-adaptive varieties and production technologies: monograph. Tver', 2014. 215 p.

8. Pavlov A. V., Porokhovina E. A., Novikova L., Kutuzova S. N., Brutch N. B. Linseed for dual (seed and fiber) utilization new linseed accessions in the VIR collection, suitable for dual utilization (seed and fiber) in the north-western region of the Russian Federation. Journal of Natural Fibers. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1952137>

9. Korolev K. P., Bome N. A. Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the north-eastern Belarus. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2017;52(3):615-621. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>

10. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Lisitskaya T. D. Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):54-68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>

11. Du G.-H., Liu F.-H., Rowland G. Fiber cell development and fiber yield of flax (*Linum usitatissimum* L.) affected by the seasonal temperature pattern. Can. J. Plant Sci. 2015;95:1215-1220. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-185>

12. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Marinets A. S., Savin I. Yu. Management by "genotype-environment" interaction – most important lever for increase of cultivated plants yields. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;(59):105-121. (In Russ.).

13. Brach N., Matvienk I., Porokhovina E., Pavlov A., Koshkin V., Nozkova J. Effect of photoperiod on *Linum usitatissimum* L. characters. Journal of Natural Fibers. 2020;17(9):1345-1354. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1568345>

14. Yu Y., Wu G., Yuan H., Cheng L., Zhao D., Huang W., Zhang S., Zhang L., Chen H., Zhang J., Guan F. Identification and characterization of miRNAs and targets in flax (*Linum usitatissimum*) under saline, alkaline, and salinealkaline stresses. BMC Plant Biol. 2016;16(1):124. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0808-2>

15. Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Belenikin M. S., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., Rachinskaya O. A., Lakunina V. A., Krasnov G. S., Snezhkina A. V., Sadritdinova A. F., Uroshlev L. A., Koroban N. V., Samatadze T. E., Amosova A. V., Zelenin A. V., Muravenko O. V., Bolsheva N. L., Kudryavtseva A. V. Excess fertilizer responsive miRNAs revealed in *Linum usitatissimum* L. Biochimie. 2015;109:36-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2014.11.017>

#### Сведения об авторах

**Куземкин Иван Александрович**, младший научный сотрудник, Институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru)

✉ **Рожмина Татьяна Александровна**, доктор биол. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, Институт льна – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

#### Information about the authors

**Ivan A. Kuzemkin**, junior researcher, Flax Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru)

✉ **Tatiana A. Rozhmina**, DSc in Biology, Head of the Laboratory of Breeding Technologies, Flax Institute – Separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federation, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Качество семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок

© 2022. Е. В. Попова✉, Е. Г. Арзамасова, И. В. Шихова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты многолетних исследований (2011-2021 гг.) по определению качества семян клевера паннонского сорта Снежок, получаемых в условиях Кировской области (Северо-Восток европейской части России). Масса 1000 семян составляла в среднем 4,16 г с изменениями по годам от 3,83 до 4,60 г и зависела от количества выпавших осадков ( $r = 0,71$ ), гидротермического коэффициента в период цветения травостоев ( $r = 0,69$ ), среднесуточных и дневных температур воздуха в период «цветение-начало созревания» ( $r = -0,70$ ). В среднем длина семян составляла 2,45, ширина – 1,93; толщина – 1,40 мм. По соотношению данных параметров семена имели яйцевидную и эллипсовидную (удлиненную) формы. Крупность семенного материала (интегральный показатель) не превышала 2,0 мм. В годы с большей влагообеспеченностью (98-189 % от нормы) были сформированы крупные семена (от 1,92 до 2,00 мм), с недостаточной (64-81 %) – мелкие (1,78 мм). По исходным показателям всхожести весь семенной материал соответствовал требованиям ГОСТа Р 52325-2005 и отнесён к категории «оригинальные семена». Всхожесть и энергия прорастания составили соответственно 86,7-99,5 и 80,0-97,0 %, зависели от среднесуточной температуры воздуха в период «бутионизация-созревание семян» ( $r = 0,66$  и  $0,68$ ) и сохранялись на высоком уровне первые три-четыре года хранения. Семенной материал имел преимущественно невысокое содержание твёрдых семян (1,5-7,0 %). В отдельные годы «твёрдосемянность» свежесобранных семян достигала 20,0-36,0 %, однако после прохождения периода послеуборочного дозревания она значительно снижалась. Свежесобранные семена имели жёлтую окраску, которая в процессе хранения постепенно менялась на бежево-коричневую или коричнево-бежевую. Регрессионный анализ показал сильную взаимосвязь между окраской семян различных сроков хранения и показателями всхожести. Наличие в партии большого количества жёлтых семян указывало на их высокую энергию прорастания ( $r = 0,98$ ) и всхожесть ( $r = 0,95$ ), преимущественное содержание семян коричневого цвета свидетельствовало о потере семенами посевных качеств ( $r = -0,94$  и  $r = -0,91$  соответственно).

**Ключевые слова:** семенной материал, масса 1000 семян, линейные размеры, крупность, посевные качества, цвет, хранение

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0098).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Попова Е. В., Арзамасова Е. Г., Шихова И. В. Качество семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):675-684.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.675-684>

Поступила: 05.06.2022

Принята к публикации: 10.10.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Quality of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) seeds of Snezhok variety

© 2022. Eugenia V. Popova✉, Ekaterina G. Arzamasova, Irina V. Shihova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents the results of many years of research (2011-2021) on determining the quality of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) seeds of Snezhok variety obtained in the conditions of Kirov region (North-East of the European part of Russia). The weight of 1000 seeds averaged 4.16 g with changes over the years from 3.83 to 4.60 g and depended on the amount of precipitation ( $r = 0.71$ ), the hydrothermal coefficient during the flowering period of grass stands ( $r = 0.69$ ), average daily and daytime air temperatures during the "flowering-the beginning of maturation" period ( $r = -0.70$ ). On average, the length of the seeds was 2.45 mm, width – 1.93 mm; thickness – 1.40 mm. According to the ratio of these parameters, the seeds had an ovoid and ellipsoid (elongated) shape. The size of the seed material (integral indicator) did not exceed 2.0 mm. In years with greater moisture availability (98-189 % to the norm) large seeds were formed (from 1.92 to 2.00 mm), with insufficient moisture (64-81 %) – small seeds (1.78 mm). According to the initial germination indicators, all seed material met the requirements of GOST R 52325-2005 and was classified as "original seeds". Germination and germinating energy were 86.7-99.5 and 80.0-97.0 %, respectively, they depended on the average daily air temperature during the "budding-seed ripening" period ( $r = 0.66$  and  $0.68$ ) and remained at a high level for the first three to four years of storage. The seed material had mainly a low content of hard seeds (1.5-7.0 %). In some years, the "hard-seeding" of freshly harvested seeds reached 20.0-36.0%, however, after the post-harvest ripening period, it significantly decreased. The freshly harvested seeds had a yellow color, which gradually changed to beige-brown or brown-beige during storage. Regression analysis showed a strong relationship between the color of seeds of different storage periods and germination rates. The presence of a large number of

yellow seeds in the batch indicated to their high germinating energy ( $r = 0.98$ ) and germination ( $r = 0.95$ ). the predominant content of brown seeds indicated to the loss of seed sowing qualities ( $r = -0.94$  and  $r = -0.91$ , respectively).

**Keywords:** seed material, weight of 1000 seeds, linear dimensions, fineness, sowing qualities, color, storage

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0098).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this article.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Popova E. V., Arzamasova E. G., Shichova I. V. Quality of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) seeds of Snezhok variety. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):675-684. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.675-684>

Received: 05.06.2022

Accepted for publication: 10.10.2022

Published online: 26.10.2022

Современное сельскохозяйственное производство ведёт поиск и внедрение новых видов многолетних трав, способных дополнить ассортимент уже существующих и широко возделываемых видов и сортов. Одной из таких перспективных культур для земледелия Евро-Северо-Востока европейской части зоны России является клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.).

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на всей территории Российской Федерации, наряду с сортами Премьер (оригинаторы: ФГБНУ СибНИИ кормов и ФГБУН ЦСБС СО РАН) и Аник (ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА, 2012 г.), включён сорт Снежок селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (2019 г.). Он характеризуется многими ценными свойствами: высокая зимостойкость и засухоустойчивость; продуктивное долголетие (6-10 лет); отсутствие или слабое полегание травостоя; стабильность сборов кормовой массы и семян по годам; высокая питательная ценность корма; устойчивость к болезням и вредителям [1].

Определяющее условие для успешного внедрения в сельскохозяйственное производство нового для региона и России в целом сорта Снежок – получение высококачественного семенного материала и создание страховых фондов. Для этого необходимо изучение и решение ряда вопросов, связанных с семеноводством.

**Цель исследований** – определить посевные качества семян клевера паннонского сорта Снежок, полученных в условиях Кировской области (Северо-Восток европейской части России).

**Новизна исследований.** Впервые для условий Северо-Востока европейской части

России представлены обобщённые результаты многолетних исследований по определению, оценке и описанию физических, морфологических качеств и физиологических свойств семян клевера паннонского сорта Снежок.

**Материал и методы.** Семенной материал клевера паннонского сорта Снежок получен из питомников размножения посева 2010 (урожай 2011 г.) и 2011 гг. (урожаи 2012-2021 гг.), заложенных на опытном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав экспериментального поля ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Почва участков дерново-подзолистая средне-суглинистая. Агрохимические показатели пахотного слоя: низкое содержание гумуса – 2,49 – 2,51 % (по Тюрину), высокая обеспеченность  $P_2O_5$  – 211 – 209 мг/кг и средняя  $K_2O$  – 114 – 116 мг/кг (по Кирсанову); высокая кислотность почвенного раствора  $pH_{KCl} = 4,11 – 4,16$ .

Полученные после механизированной уборки семена прошли двойную очистку с доведением до 100%-ной чистоты. Хранение осуществлялось в бумажных пакетах, в лабораторных условиях.

Определение показателей качества проводили в 2011-2021 гг. по требованиям ГОСТов<sup>1</sup>. Исходные показатели всхожести определяли через три месяца после уборки урожая и ежегодно. Характеристика и оценка семян осуществлялась по физическим (масса 1000 семян), морфологическим (размеры, крупность, форма, окраска и гладкость поверхности) параметрам и физиологическим свойствам (всхожесть, энергия прорастания и содержание твёрдых семян). Линейные размеры (длина, ширина, толщина) определяли с помощью микрометра с точностью до 0,01 мм. Оценку окраски и гладкости поверхности проводили визуально.

<sup>1</sup>ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных культур. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2009. С. 12; ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2011. С. 36-64; ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян М.: Стандартинформ, 2011. С.115-118

Расчёт интегрального показателя крупности проводили по методике С. П. Мухина с применением формулы<sup>2</sup>:

$$l = \sqrt[3]{abc},$$

где  $l$  – интегральный показатель крупности семян, мм;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – соответственно средняя длина, ширина, толщина семян, мм.

Классификация крупности по величине интегрального показателя: мелкие семена ( $l \leq 2,5$  мм); средние ( $l = 2,5-4,0$  мм); крупные ( $l > 4,0$  мм).

Результаты экспериментальных исследований обработаны методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и вариационного анализов<sup>3</sup> с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS v. 2.07 и программы Microsoft Office Excel 2010. В таблицах 1 и 2 представлены средние арифметические значения величин с указанием стандартной ошибки среднего и объёма выборки ( $n$ ). Все рассчитанные коэффициенты корреляции ( $r$ ) имеют значимость на уровне 0,05.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2011-2021 гг. различались по тепло- и влагообеспеченности, что повлияло на физические, морфологические и физиологические качества семян клевера паннонского различных лет урожая.

**Результаты и их обсуждение.** Важнейшим фактором увеличения урожайности любой культуры является качество семян. Согласно статье 21 Федерального Закона «О семеноводстве», запрещается использовать для посева (посадки) семена, сортовые и посевные качества которых не соответствуют требованиям нормативных документов в области семеноводства, утверждаемых в порядке, установленном Правительством Российской Федерации<sup>4</sup>.

Большое значение для сельхозтоваропроизводителей имеют показатели «масса 1000 семян» и «всхожесть семян», которые используются для расчёта нормы высева. Семена высоких кондиций обеспечивают равномерность посева, оптимальное количество растений на

единице площади и, как следствие, повышение продуктивности травостоев и урожаев.

По массе 1000 семян клевер паннонский относится к группе крупносемянных<sup>5</sup> [2]. Исследования, проведённые в условиях Западной Сибири, показали, что масса 1000 семян изменялась под влиянием осадков, выпавших в июле: при нормальном и избыточном их количестве показатель менялся от 4,0 до 4,6 г, недостаточном снижался до 3,7 г. В одном (недостаточно увлажнённом) агроклиматическом подрайоне из двух разных найдена тесная положительная зависимость массы 1000 семян от количества выпавших осадков июля ( $r = 0,96$ ) [3].

В условиях Кировской области масса 1000 семян клевера паннонского сорта Снежок изменялась в зависимости от года получения от 3,83 (2016, 2020 гг.) до 4,60 г (2015 г.), среднее значение составило 4,16 г. Самые тяжёлые семена были получены в 2015 и 2017 гг. (4,53 и 4,60 г), лёгкие – в 2016, 2020 и 2018 гг. (3,83 и 3,87 г) (табл. 1).

Вариабельность ( $C_v$ ) значений показателя «масса 1000 семян» по годам исследований была незначительной и составила 6,5 %. Найдена положительная зависимость массы 1000 семян от количества выпавших осадков ( $r = 0,71$ ) и гидротермического коэффициента (ГТК) в период цветения травостоев ( $r = 0,69$ ) (рис. 1, а), отрицательная – от среднесуточных и дневных температур воздуха в период «цветение-начало созревания» ( $r = -0,70$ ) (рис. 1, б).

Наряду с массой 1000 семян, их крупность и выполненность может быть выражена в линейных размерах: длине, ширине и толщине – основных признаках, по которым проводят очистку и сортирование.

По соотношению длины, ширины и толщины определяется форма семян, по их совокупности (интегральный показатель) – крупность, по толщине – выполненность. Измерения показали, что длина семян составляла в среднем 2,45 мм, ширина – 1,93, толщина – 1,40 мм. Изменения размеров по годам исследований были незначительными, коэффициент вариации ( $C_v$ ) составил соответственно 2,9; 3,8; 5,3 % (табл. 2).

<sup>2</sup>Мухин С. П. Оценка крупности семян для создания машин сельскохозяйственного комплекса. Зерновые культуры. 1996;(4):8-9.

<sup>3</sup>Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. М.: ВНИИК, 2002. 72 с.; Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

<sup>4</sup>Федеральный закон «О семеноводстве» от 17.12.1997, № 149-ФЗ, Глава V, ст. 21.

URL: <https://base.garant.ru/12106441/>

<sup>5</sup>Ильина Е. Я. Посевные качества семян видов рода *Trifolium*, интродуцированных на Среднем Урале. Онтогенез травянистых поликарпических растений: сб. научн. тр. Свердловск, 1978. С.126-137.

Таблица 1 – Масса 1000 семян клевера паннонского сорта Снежок /  
 Table 1 – Weight of 1000 seeds of the Hungarian clover of Snezhok variety

| Год урожая /<br>Year of harvest       | Год жизни /<br>Year of life | Масса 1000 семян, г /<br>Weight of 1000 seeds, g |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|
| 2011                                  | Второй / Second             | 4,23±0,03                                        |
| 2012                                  | Второй / Second             | 4,13±0,03                                        |
| 2013                                  | Третий / Third              | 4,00±0,05                                        |
| 2014                                  | Четвёртый / Fourth          | 4,37±0,03                                        |
| 2015                                  | Пятый / Fifth               | 4,60±0,00                                        |
| 2016                                  | Шестой / Sixth              | 3,83±0,03                                        |
| 2017                                  | Седьмой / Seventh           | 4,53±0,02                                        |
| 2018                                  | Восьмой / Eighth            | 3,87±0,03                                        |
| 2019                                  | Девятый / Ninth             | 4,07±0,03                                        |
| 2020                                  | Десятый / Tenth             | 3,83±0,07                                        |
| 2021                                  | Одиннадцатый / Eleventh     | 4,27±0,03                                        |
| Среднее / Average                     |                             | 4,16±0,01                                        |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> |                             | 0,18                                             |

Таблица 2 – Морфологические свойства семян клевера паннонского сорта Снежок /  
 Table 2 – Morphological properties of seeds of the Hungarian Snezhok variety

| Год урожая /<br>Year of harvest       | Год жизни /<br>Year of life | Размеры семян, мм / Seed sizes, mm<br>$\bar{x} \pm S\bar{x}$ (n = 100) |                   |                        | Интегральный<br>показатель крупности,<br>мм / Integral index of<br>size, mm |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                                       |                             | длина /<br>length                                                      | ширина /<br>width | толщина /<br>thickness |                                                                             |
| 2011                                  | Второй / Second             | 2,50±0,16                                                              | 2,04±0,14         | 1,40±0,05              | 1,93                                                                        |
| 2012                                  | Второй / Second             | 2,40±0,20                                                              | 1,86±0,10         | 1,48±0,04              | 1,88                                                                        |
| 2013                                  | Третий / Third              | 2,32±0,07                                                              | 1,80±0,05         | 1,34±0,04              | 1,78                                                                        |
| 2014                                  | Четвёртый / Fourth          | 2,46±0,04                                                              | 1,88±0,04         | 1,36±0,04              | 1,85                                                                        |
| 2015                                  | Пятый / Fifth               | 2,42±0,08                                                              | 1,92±0,07         | 1,52±0,02              | 1,92                                                                        |
| 2016                                  | Шестой / Sixth              | 2,40±0,05                                                              | 1,86±0,04         | 1,36±0,06              | 1,82                                                                        |
| 2017                                  | Седьмой / Seventh           | 2,56±0,03                                                              | 2,02±0,04         | 1,54±0,03              | 2,00                                                                        |
| 2018                                  | Восьмой / Eighth            | 2,42±0,02                                                              | 1,92±0,02         | 1,40±0,00              | 1,87                                                                        |
| 2019                                  | Девятый / Ninth             | 2,48±0,05                                                              | 1,96±0,04         | 1,37±0,04              | 1,88                                                                        |
| 2020                                  | Десятый / Tenth             | 2,54±0,05                                                              | 1,98±0,02         | 1,34±0,02              | 1,89                                                                        |
| 2021                                  | Одиннадцатый / Eleventh     | 2,49±0,07                                                              | 1,94±0,04         | 1,34±0,03              | 1,86                                                                        |
| Среднее / Average                     |                             | 2,45±0,02                                                              | 1,93±0,02         | 1,40±0,02              | 1,88                                                                        |
| C <sub>v</sub> , %                    |                             | 2,9                                                                    | 3,8               | 5,3                    | 3,1                                                                         |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> |                             | 0,07                                                                   | 0,10              | 0,06                   | -                                                                           |

Семенной материал, полученный при уборке травостоев второго года жизни (2011, 2012 гг.), был не однороден по длине (2,34...2,66 и 2,20...2,60 мм) и ширине (1,90...2,18 и 1,76...1,96 мм соответственно). В следующие годы отклонения от среднего значения были выражены слабее.

Максимальные значения длины и ширины семени получены в семенном материале

2011, 2020, 2017 гг., минимальные – в 2013 г. Самые длинные семена были и самыми широкими, а короткие – узкими ( $r = 0,89$ ). При этом длина семени превышала ширину в среднем в 1,27 раза, по годам сборов семенного материала – в 1,23-1,31 раза. Полученные результаты позволили описать форму семян как яйцевидную и эллипсовидную (удлиненную).

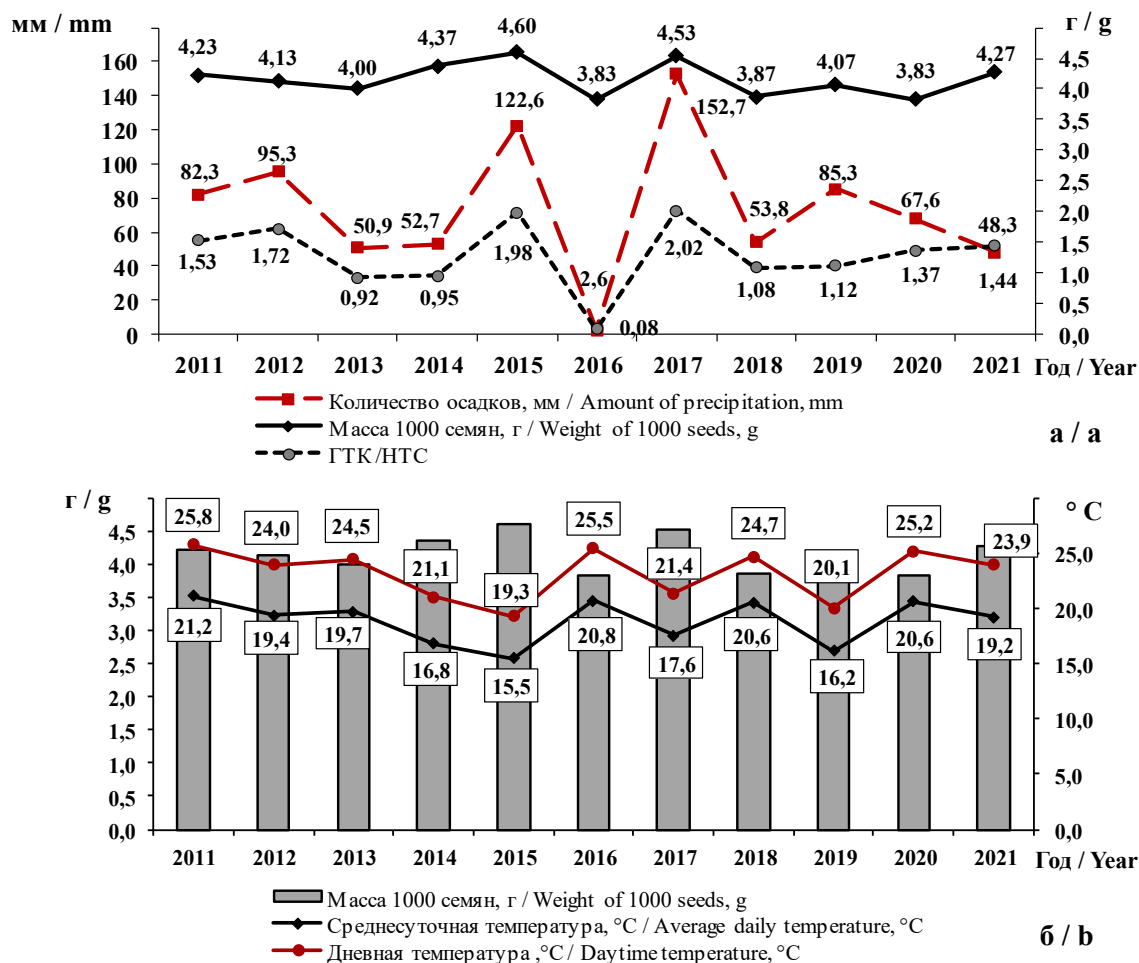


Рис. 1. Масса 1000 семян клевера паннонского сорта Снежок в зависимости от количества выпавших осадков и ГТК в период цветения (а), среднесуточной и дневной температур воздуха в период цветения-начала созревания семян (б) /

Fig. 1. Weight of 1000 seeds of the Hungarian clover of Snezhok variety depending on the amount of precipitation and HTC during the flowering period (a), average daily and daytime air temperatures during the flowering-the beginning of seed ripening period (b)

Толщина семян, характеризующая выполнение и наиболее полно отражающая биологические свойства, была подвержена большей изменчивости, чем длина и ширина. Выполненными могут быть как мелкие, так и крупные семена<sup>6</sup>. Самые толстые семена сформированы в 2015 и 2017 гг. (1,52 и 1,54 мм). В первом случае – при средних значениях длины и ширины (2,42×1,92 мм), во втором – при максимальных (2,56×2,02 мм). Слабо выполненные семена (1,34 мм) при минимальных значениях длины и ширины (2,32×1,80 мм) получены в 2013 г., средних (2,49×1,94 мм) – в 2021 г., максимальных (2,54×1,98 мм) – в 2020 г. Обнаружена взаимосвязь толщины семян с массой 1000 семян ( $r = 0,66$ ) и интегральным показателем крупности ( $r = 0,59$ ).

Согласно нашим исследованиям, клевер паннонский сорта Снежок по крупности семян,

не превышающей 2,0 мм, относится к мелко-семянным сельскохозяйственным культурам, но по массе 1000 семян, составляющей в среднем 4,16 г (3,83-4,60 г) – к крупносемянным видам многолетних бобовых трав. Крупные и очень крупные семена (1,92-2,00 мм) были получены в 2011, 2015 и 2017 гг., средние (1,82-1,89 мм) – в 2012, 2014, 2016, 2018-2021 гг., мелкие (1,78 мм) – в 2013 г.

По исходным показателям всхожести семенной материал соответствовал требованиям ГОСТ Р 52325-2005 и был отнесен к категории «оригинальные семена».

В большинстве лет изучения энергия прорастания была высокой и изменялась от 80,0 (2015 г.) до 97,0 % (2012 г.). Средние значения её величин (71,3 и 73,0 %) были получены в 2017 и 2020 гг., самые низкие (50,7 %) – в 2014 г. (рис. 2).

<sup>6</sup>Кулешов Н. Н. Агрономическое семеноведение. М.: Сельхозиздат, 1963. 304 с.

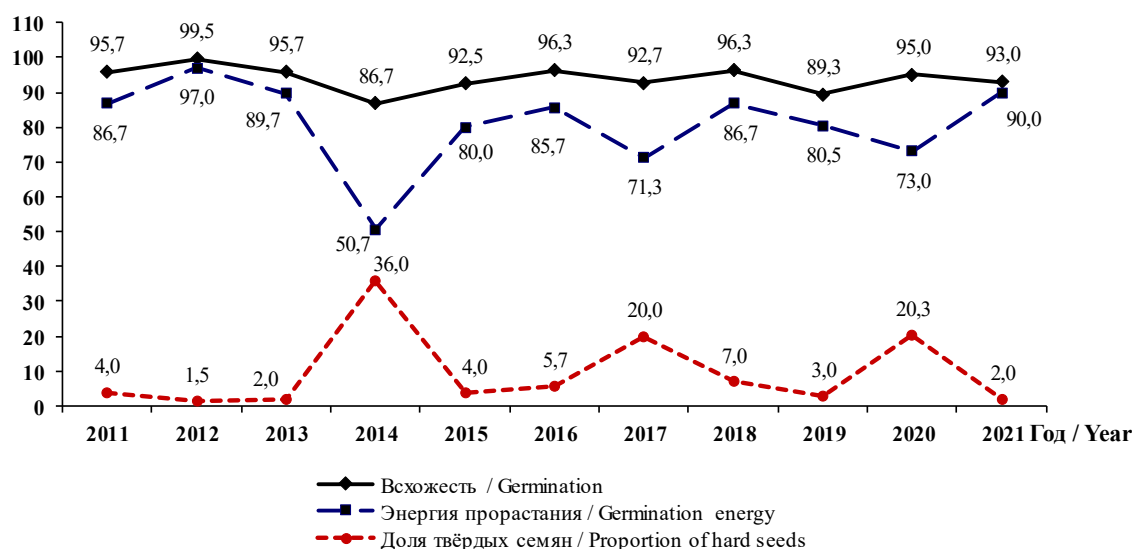


Рис. 2. Показатели всхожести свежесобранных семян клевера паннонского сорта Снежок, % /  
Fig. 2. Germination indicators of freshly harvested seeds of the Hungarian Snezhok variety, %

Энергия прорастания была подвержена изменениям ( $C_v = 15,5\%$ ) под влиянием среднесуточной температуры воздуха в период «бутионизация-созревание семян» ( $r = 0,66$ ). Самый низкий показатель (50,7 %) отмечен в 2014 г. при среднесуточных температурах воздуха 14,7 °С, высокий (97,0 %) – в 2012 г. при 18,4 °С.

Все семена имели высокую 86,7 и 89,3 % (2014 и 2019 гг.) и очень высокую 92,5-99,5 % (2011-2013, 2015-2019 и 2021 гг.) всхожесть. Вариабельность показателя была незначительной ( $C_v = 3,81\%$ ), что говорит о его стабильности по годам исследований.

Как и все многолетние бобовые травы, клевер паннонский обладает особым свойством – «твёрдосемянностью». Условия её образования у вида пока не изучены [3]. Эта особенность имеет как положительную, так и отрицательную сторону: с одной стороны, предохраняет семена от загнивания при хранении, обеспечивает высокий уровень всхожести посевного материала при длительных сроках хранения (до 20 лет) [4], с другой – высокое содержание твёрдых семян затрудняет расчёт нормы высева и создание травостоев с оптимальной густотой стояния растений, усложняет дальнейшую эксплуатацию земель, т. к. семена с отсроченным прорастанием засоряют посевы других культур. Содержание твёрдых семян у клевера паннонского, по разным данным, может составлять 65-90 % [3, 5, 6].

Для семенного материала сорта Снежок характерно содержание преимущественно невысокого количества твёрдых семян: лишь в три года (2014, 2017 и 2020 г.) из одиннадцати

«твёрдосемянность» после уборки достигала 20,0-36,0 %. Варьирование по годам исследований было самое сильное ( $C_v = 115,6\%$ ), размах составил 34,5 %. Найдена положительная зависимость данного показателя от среднесуточных температур воздуха в период окончания цветения и начала созревания семян ( $r = 0,73$ ).

Семена многих бобовых культур способны сохранять высокую всхожесть в течение длительного времени: клевер гибридный – 4 года, клевер луговой и ползучий – 5 лет; люцерна – 9 лет<sup>7</sup>; лядвенец рогатый – 4-10 лет [7, 8]. По данным исследований, проведённых в условиях Западной Сибири, всхожесть семян клевера паннонского сорта Премьер сохранялась в течение 4 лет [3]. Определение возможных сроков хранения семян клевера паннонского сорта Снежок в условиях Северо-Востока европейской части России было проведено впервые.

В настоящее время старение семян считается основной причиной снижения их качества. При этом происходит последовательный и прогрессирующий процесс детериорации – накопления дегенеративных изменений до полной потери способности к прорастанию. Он может начинаться на стадии физиологической зрелости и продолжаться при уборке урожая, обработке и хранении семян со скоростью, определяемой их генетическими особенностями и интенсивностью воздействия неблагоприятных экзогенных факторов. Семена различных партий с одинаковой лабораторной всхожестью часто могут различаться по степени детериорации [9].

<sup>7</sup>Там же.

Результаты наших исследований показали, что всхожесть семян в годы получения и первый год хранения была очень высокой

и составила соответственно 86,7 (2014 г.) – 99,5 % (2012 г.) и 89,1 (2014 г.) – 98,0 % (2018 г.) (табл. 3).

*Таблица 3 – Всхожесть семян клевера паннонского сорта Снежок по годам хранения (2011-2021 гг.), % /*  
*Table 3 – Seed germination of the Hungarian Snezhok variety by years of storage (2011-2021), %*

| Год урожая /<br>Year of harvest | Год хранения / Year of storage |             |             |             |               |                |             |             |             |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|------|------|
|                                 | 0                              | 1           | 2           | 3           | 4             | 5              | 6           | 7           | 8           | 9    | 10   |
| 2011                            | <b>95,7*</b>                   | <b>96,0</b> | <b>93,4</b> | <b>87,6</b> | <b>72,3**</b> | <b>55,7***</b> | 42,0        | 40,7        | 37,0        | 37,0 | 19,3 |
| 2012                            | <b>99,5</b>                    | <b>95,0</b> | <b>95,1</b> | <b>94,9</b> | <b>86,3</b>   | <b>84,7</b>    | <b>79,7</b> | <b>71,0</b> | <b>78,7</b> | 63,3 | -    |
| 2013                            | <b>95,7</b>                    | <b>94,6</b> | <b>94,5</b> | <b>94,3</b> | <b>88,7</b>   | <b>89,7</b>    | <b>78,8</b> | <b>75,7</b> | <b>73,0</b> | -    | -    |
| 2014                            | <b>86,7</b>                    | <b>89,1</b> | <b>88,3</b> | <b>78,0</b> | <b>75,3</b>   | 68,3           | 62,0        | 44,0        | -           | -    | -    |
| 2015                            | <b>94,5</b>                    | <b>91,0</b> | <b>92,7</b> | <b>92,0</b> | <b>82,0</b>   | 70,0           | 64,7        | -           | -           | -    | -    |
| 2016                            | <b>96,3</b>                    | <b>97,3</b> | <b>97,3</b> | <b>92,5</b> | <b>86,3</b>   | <b>73,7</b>    | -           | -           | -           | -    | -    |
| 2017                            | <b>92,7</b>                    | <b>97,7</b> | <b>87,0</b> | <b>76,9</b> | 66,7          | -              | -           | -           | -           | -    | -    |
| 2018                            | <b>96,3</b>                    | <b>98,0</b> | <b>94,0</b> | <b>94,0</b> | -             | -              | -           | -           | -           | -    | -    |
| 2019                            | <b>89,3</b>                    | <b>96,0</b> | <b>85,7</b> | -           | -             | -              | -           | -           | -           | -    | -    |
| 2020                            | <b>95,0</b>                    | <b>93,3</b> | -           | -           | -             | -              | -           | -           | -           | -    | -    |
| 2021                            | <b>93,0</b>                    | -           | -           | -           | -             | -              | -           | -           | -           | -    | -    |

\* отмеченные полужирным шрифтом значения всхожести относятся к категории «оригинальные и элитные семена» /

\*germination values marked in bold type refer to the category "original and elite seeds";

\*\* полужирным шрифтом и курсивом – к категории «репродукционные семена» / \*\* in bold and italics – to the category "reproductive seeds"; \*\*\* к категории «некондиционные семена» / \*\*\* to the category "substandard seeds".

Весь семенной материал первые три года хранения сохранял высокую всхожесть на уровне требований для категории «оригинальные и элитные» (не ниже 75 %).

На четвёртый год хранения наблюдалось незначительное снижение показателя у семян большинства лет урожаев с сохранением категории. Семенной материал 2011 г. с всхожестью 72,3 % был переведён в «репродукционные», 2017 г. (66,7 %) – в «некондиционные».

Значительное снижение всхожести семян наблюдалось с пятого года хранения. При этом показатель сохранялся на уровне категорий «оригинальные и элитные» и «репродукционные» у семян урожаев трёх лет из шести: 2012, 2013 и 2016 гг. У семян 2012 и 2013 гг. такой уровень сохранялся до девятого года хранения.

Семена большинства лет урожаев, кроме 2014 г. (50,7 %), имели высокую энергию прорастания (80,0-97,0 %). У семян урожаев 2011, 2014-2017, 2019, 2020 гг. она повышалась с исходных значений 50,7-86,7 % (год уборки) до 70,8-94,7 % (первый год хранения) за счёт снижения содержания твёрдых семян (табл. 4).

Для энергии прорастания семян характерны те же закономерности изменения, что и

для всхожести: высокий уровень показателя сохранялся у семян урожаев 2014-2016 гг. до четвёртого года хранения, у семян урожаев 2012 и 2013 гг. – до восьмого года хранения.

Содержание твёрдых семян через год после уборки снижалось с 1,5-36,0 % до 1,0-16,4 % (табл. 5). К третьему-четвёртому годам хранения количество твёрдых семян снижалось максимально. Дальнейшие изменения твёрдосемянности (пятый-седьмой годы хранения) были незначительны.

По результатам визуальной оценки, свежесобранные семена имели жёлтую (от бледно-жёлтой до насыщенно жёлтой, иногда с лёгким оранжевым оттенком) окраску, и преимущественно матовую поверхность. Такой семенной материал получили в 2011-2016, 2018, 2019 гг. Матовые и бледно-жёлтые семена были собраны в 2020 г., с зеленоватым оттенком – в 2021 г., глянцево-жёлтые и жёлтые с бежевым оттенком – в 2017 г. В процессе хранения (до 2021 г.) наблюдался постепенный переход исходной окраски сначала в лёгкие бежевые оттенки (3-5 лет хранения), затем в бежево-коричневую или коричнево-бежевую.

Таблица 4 – Энергия прорастания семян клевера паннонского сорта Снежок по годам хранения (2011-2021 гг.), % /

Table 4 – Seed germinating energy of the Hungarian Snezhok variety by years of storage (2011-2021), %

| Год урожая /<br>Year of harvest | Год хранения / Year of storage |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | 0                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| 2011                            | 86,7                           | 88,4 | 84,5 | 81,6 | 68,4 | 48,7 | 41,3 | 40,0 | 36,5 | 35,3 | 18,3 |
| 2012                            | 97,0                           | 90,0 | 90,1 | 89,9 | 75,3 | 83,3 | 78,3 | 69,5 | 77,0 | 62,3 | -    |
| 2013                            | 89,7                           | 88,3 | 88,2 | 89,3 | 86,7 | 89,7 | 76,0 | 71,3 | 71,7 | -    | -    |
| 2014                            | 50,7                           | 70,8 | 68,3 | 77,3 | 75,0 | 66,3 | 60,3 | 43,3 | -    | -    | -    |
| 2015                            | 80,0                           | 85,3 | 91,3 | 90,7 | 80,8 | 69,3 | 64,0 | -    | -    | -    | -    |
| 2016                            | 85,7                           | 94,7 | 93,3 | 88,0 | 83,0 | 69,7 | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2017                            | 71,3                           | 89,0 | 75,0 | 66,0 | 55,0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2018                            | 86,7                           | 85,7 | 90,3 | 87,0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2019                            | 80,5                           | 90,7 | 83,0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2020                            | 73,0                           | 85,0 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2021                            | 90,0                           | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Таблица 5 – Содержание твёрдых семян клевера паннонского сорта Снежок по годам хранения (2011-2021 гг.), % /

Table 5 – The content of hard seeds of the Hungarian Snezhok variety by years of storage (2011-2021), %

| Год урожая /<br>Year of harvest | Год хранения / Year of storage |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                 | 0                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 2011                            | 4,0                            | 1,4  | 1,1  | 0,9  | 1,0  | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 1,7 | 0,3 |
| 2012                            | 1,5                            | 1,5  | 1,3  | 1,4  | 3,0  | 1,3 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | 1,0 | -   |
| 2013                            | 2,0                            | 3,0  | 1,7  | 1,0  | 1,3  | 0,0 | 0,5 | 2,7 | 1,3 | -   | -   |
| 2014                            | 36,0                           | 16,4 | 16,0 | 0,0  | 0,3  | 0,3 | 1,0 | 0,7 | -   | -   | -   |
| 2015                            | 4,0                            | 1,0  | 1,3  | 1,3  | 0,3  | 0,3 | 0,7 | -   | -   | -   | -   |
| 2016                            | 5,7                            | 2,7  | 4,0  | 2,5  | 3,0  | 4,0 | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2017                            | 20,0                           | 8,7  | 10,0 | 10,0 | 10,0 | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2018                            | 7,0                            | 6,7  | 2,7  | 6,7  | -    | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2019                            | 3,0                            | 4,3  | 2,7  | -    | -    | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2020                            | 20,3                           | 7,7  | -    | -    | -    | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 2021                            | 2,0                            | -    | -    | -    | -    | -   | -   | -   | -   | -   | -   |

Опыты по проращиванию семян с различной окраской, проведённые в условиях Западной Сибири, показали, что высокую всхожесть имели только жёлтые семена. Коричневые, начиная от светлого оттенка, не всходили в полевых и лабораторных условиях<sup>8</sup>.

В 2021 г. из семенного материала урожая 2011-2021 г. были отобраны пробы по 100 семян в четырёх повторениях с последующим разбором на три фракции по цвету:

жёлтые, бежевые, коричневые. Полученные результаты позволили охарактеризовать семенной материал в зависимости от преобладания в нём семян разной окраски, как коричнево-жёлто-бежевый в 2011 г., жёлто-коричнево-бежевый в 2013 и 2014 гг., жёлто-бежево-коричневый – в 2012, 2015, 2017 гг., жёлто-бежевый – в 2016 и 2020 гг., жёлтый с оттенками – в 2018, 2019 и 2021 гг. (табл. 6).

<sup>8</sup>Жмудь Е. В. Интродукция *Trifolium pannonicum* Jacq. В лесостепь Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1997. С. 15. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000024995?page=1&rotate=0&theme=white>

Таблица 6 – Цвет и посевные качества семян клевера паннонского сорта Снежок, % (2021 г.) /  
 Table 6 – Color and sowing qualities of seeds of the Hungarian Snezhok variety, % (2021)

| Год<br>урожая /<br>Year of<br>harvest | Окраска семян / Seed coloration |                    |                       | Посевные качества / Sowing qualities                |                            |                                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                       | жёлтые /<br>yellow              | бежевые /<br>beige | коричневые /<br>brown | энергия прорас-<br>тания / energy of<br>germination | всхожесть /<br>germination | количество<br>твёрдых семян /<br>number of hard seeds |
| 2011                                  | 31,7                            | 16,3               | 52,0                  | 31,0                                                | 32,0                       | 0,3                                                   |
| 2012                                  | 69,3                            | 19,3               | 11,4                  | 65,3                                                | 67,0                       | 1,0                                                   |
| 2013                                  | 70,7                            | 13,0               | 16,3                  | 71,7                                                | 71,7                       | 0,0                                                   |
| 2014                                  | 50,3                            | 22,0               | 27,7                  | 48,7                                                | 49,3                       | 0,0                                                   |
| 2015                                  | 61,3                            | 20,0               | 18,7                  | 60,7                                                | 61,7                       | 1,0                                                   |
| 2016                                  | 68,3                            | 26,7               | 5,0                   | 66,3                                                | 68,3                       | 2,0                                                   |
| 2017                                  | 64,3                            | 20,3               | 15,4                  | 69,3                                                | 80,0                       | 5,3                                                   |
| 2018                                  | 93,0                            | 4,7                | 2,3                   | 88,0                                                | 92,7                       | 4,7                                                   |
| 2019                                  | 87,3                            | 7,3                | 5,4                   | 83,3                                                | 89,0                       | 4,7                                                   |
| 2020                                  | 80,7                            | 19,3               | 0,0                   | 84,7                                                | 95,3                       | 10,3                                                  |
| 2021                                  | 93,0                            | 4,7                | 2,3                   | 93,3                                                | 96,7                       | 3,0                                                   |

Проведённый парный регрессионный анализ показал, что цвет семян связан с показателями всхожести. Так, наличие в материале большого количества жёлтых семян указывало на их высокую энергию прорастания ( $r = 0,98$ ) и всхожесть ( $r = 0,95$ ) и, наоборот, преимущественное содержание коричневых – свидетельствовало о потере семенами этих посевных качеств ( $r = -0,94$  и  $r = -0,94$ ). Сила связи жёлтого и коричневого цвета с содержанием твёрдых семян была средней ( $r = 0,59$  и  $r = -0,60$  соответственно). Каких-либо связей показателей всхожести с бежевой окраской найдено не было.

**Выводы.** 1. Сорт клевера паннонского Снежок относится к крупносемянным видам многолетних бобовых трав, в условиях Кировской области (Северо-Восток европейской части России) данный признак стабилен. Масса 1000 семян составляет в среднем 4,16 г, показатель зависит от количества выпавших осадков ( $r = 0,71$ ) и ГТК в период цветения травостоев ( $r = 0,69$ ), среднесуточных и дневных температур воздуха в период цветения-начала созревания ( $r = -0,70$ ).

2. По соотношению длины, ширины и толщины ( $2,45 \times 1,93 \times 1,40$  мм) семена имеют яйцевидную и эллипсовидную (удлинённую) формы. Длина и ширина семени находятся в сильной взаимосвязи ( $r = 0,89$ ): чем длиннее семя, тем оно шире.

3. По исходным показателям всхожести весь семенной материал соответствует требованиям ГОСТа Р 52325-2005 и отнесён к категории «оригинальные семена»: всхожесть и энергия прорастания составляют соответственно 86,7-99,5; 80,0-97,0 % и сохраняются на высоком уровне первые три-четыре года хранения.

4. Свежеубранные семена имеют жёлтую окраску и преимущественно матовую поверхность. В процессе хранения происходит постепенный переход в бежево-коричневую или коричнево-бежевую окраски. Наличие в партии большого количества жёлтых семян указывает на высокую энергию прорастания ( $r = 0,98$ ) и всхожесть ( $r = 0,95$ ), преимущественное содержание коричневых свидетельствует о потере семенами этих посевных качеств ( $r = -0,94$  и  $r = -0,91$  соответственно).

#### Список литературы

1. Попова Е. В., Грипась М. Н., Арзамасова Е. Г. Изучение параметров семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) Снежок при долголетнем использовании посева в условиях Кировской области. Адаптивное кормопроизводство. 2019;(4):15-26. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-15-26>
2. Нечаева Т. В., Якутина О. П., Боголюбова Е. В. Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – перспективная кормовая культура и фитомелиорант (литературный обзор). Почвы и окружающая среда. 2020;3(1):1-23. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.115>
3. Боголюбова Е. В., Коняева Н. М. Качество семян клевера паннонского Премьер в условиях Западной Сибири. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018;48(3):34-42. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-5>

4. Жмудь Е. В. Изменчивость количественных признаков клевера паннонского в условиях Западной Сибири. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. 1995;234:86-88.

5. Кшникаткина А. Н., Игнатьев А. С. Влияние покровных культур на продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в лесостепи Среднего Поволжья. Нива Поволжья. 2012;(3(24)):2-8.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20145202>

6. Кшникаткина А. Н., Галиуллин А. А. Интродукция и адаптация клевера паннонского к условиям лесостепи Среднего Поволжья. Нива Поволжья. 2007;(2(3)):14-17.

7. Зекич Н., Симич А., Вукович С. Влияние сроков хранения на качество семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.). Кормопроизводство. 2012;4:25-26.

8. Мухина Н. А. Влияние условий созревания и хранения на качество семян лядвенца рогатого. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1966;38(1):160-163.

9. Алексейчук Г. Н., Ламан Н. А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Минск: ИООО «Право и экономика», 2005. С. 16-17.

#### References

1. Popova E. V., Gripas M. N., Arzamasova E. G. Studying parameters of seed grass stand of pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) variety 'Snezhok' at long-term use of sowing in the conditions of the Kirov. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* = Adaptive fodder production. 2019;(4):15-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-15-26>

2. Nechaeva T. V., Yakutina O. P., Bogolyubova E. V. Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – perspective forage crop and phytomeliorant (literary review). *Pochvy i okruzhayushchaya sreda* = The Journal of Soils and Environment. 2020;3(1):1-23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.115>

3. Bogolyubova E. V., Konyaeva N. M. seed quality of premier cultivar of hungarian clover in the conditions of western siberia. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2018;48(3):34-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-5>

4. Zhmud E. V. Variability of quantitative traits of Hungarian clover in the conditions of Western Siberia. *Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rasteniyevodstva im. N. I. Vavilova*. 1995;234:86-88. (In Russ.).

5. Kshnikatkina A. N., Ignatev A. C. Influence of cover crops on the productivity of the pannonicum clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) in the forest steppe zone of the middle Volga region. *Niva Povolzh'ya* = Volga Region Farmland. 2012;(3(24)):2-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20145202>

6. Kshnikatkina A. N., Galiullin A. A. Introduction and adaptation of Hungarian clover to the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga. *Niva Povolzh'ya* = Volga Region Farmland. 2007;(2(3)):14-17. (In Russ.).

7. Zekić N., Simić A., Vučković S. Effect of storage time on bird's foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) seed quality. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2012;4:25-26. (In Russ.).

8. Mukhina N. A. Influence of ripening and storage conditions on the quality of bird's foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) seeds. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 1966;38(1):160-163. (In Russ.).

9. Alekseychuk G. N., Laman N. A. Physiological quality of seeds of agricultural crops and methods for its evaluation. Minsk: IOOO «Pravo i ekonomika», 2005. pp. 16-17.

#### Сведения об авторах

✉ **Попова Евгения Валериевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>, e-mail: [PopovaEV8008@yandex.ru](mailto:PopovaEV8008@yandex.ru)

**Арзамасова Екатерина Геннадьевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства многолетних трав, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

**Шихова Ирина Витальевна**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и селекции, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru)

#### Information about the authors

✉ **Eugenia V. Popova**, PhD in Agricultural Science, researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>,  
e-mail: [PopovaEV8008@yandex.ru](mailto:PopovaEV8008@yandex.ru)

**Ekaterina G. Arzamasova**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Head of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

**Irina V. Shihova**, junior researcher, the Laboratory of Molecular Biology and Breeding, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Хозяйственно ценные признаки и товарно-потребительские свойства новых сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана

© 2022. Б. М. Гусейнова<sup>1</sup>✉, М. Д. Абдулгамидов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,  
г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация

<sup>2</sup>Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур –  
филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,  
г. Буйнакск, Республика Дагестан, Российская Федерация

В работе приведены результаты изучения урожайности, биохимического состава, дегустационных и товарно-потребительских показателей качества 24 гибридных форм и 12 сортов черешни селекции Дагестанской селекционной опытной станции плодовых культур (ДСОСПК). Исследования проводили с использованием общепринятых методов анализа и стандартных методик сортоизучения черешни. Из группы сортов ранне-среднего срока созревания лучшими, отличающимися высоким содержанием растворимых сухих веществ (РСВ), сахаров и витамина С, отмечены сорта Жемчужная, Гранатовая, Алмазная, Бигарро Краинского, Берекет, и гибридные формы 31/7; 109/1 и 180/1, в плодах которых массовая концентрация этих веществ варьировала в пределах 12,4-14,7 %, 10,34-12,85 % и 6,9-9,5 мг% соответственно. Среди сортов среднего срока созревания наибольшую способность к накоплению РСВ, сахаров и витамина С в плодах проявили сорта Буйнакская черная, Лезгинка, Марал и гибриды под номерами 43/2; 190/4 и 71/3 – содержание этих компонентов химического состава составляло соответственно 12,4-16,6 %, 10,53-12,19 % и 7,2-9,2 мг%. В группе сортов ранне-среднего срока созревания лучшими по показателю «масса плода», по сравнению с контрольным сортом черешни Дагестанка (7,4 г), выделялись: Жемчужная (8,0 г), Гранатовая (8,2 г) и Берекет (8,3 г). Среди сортов среднего срока созревания по массе плода, по сравнению с контрольным сортом Наполеон черная (7,2 г), отличались сорта Марал (7,4 г) и Буйнакская черная (8,3 г). Наивысшую общую дегустационную оценку (4,9-5,0 баллов) получили плоды сортов Гранатовая, Берекет, Алмазная, Лезгинка, Буйнакская черная и Марал. Эти же сорта имели хорошие показатели средней урожайности (т/га): Гранатовая – 9,78; Берекет – 8,72; Буйнакская черная – 7,59 и Марал – 7,54. Учитывая результаты проведенных исследований, можно заключить, что сорта черешни селекции ДСОСПК: Гранатовая, Берекет, Буйнакская черная и Марал, плоды которых обладают лучшими хозяйственно ценными признаками и высокими товарно-потребительскими свойствами, могут быть представлены на государственное сортоиспытание и использованы в селекционной работе.

**Ключевые слова:** *Prunus avium* L., сорт, гибрид, урожайность, пищевая ценность, дегустационная оценка, технические показатели качества плодов

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» (тема FNMN-2022-0009, № госрегистрации 122022400196-7).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гусейнова Б. М., Абдулгамидов М. Д. Хозяйственно ценные признаки и товарно-потребительские свойства новых сортов и гибридных форм черешни в условиях Дагестана. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):685-696. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.685-696>

Поступила: 20.06.2022

Принята к публикации: 27.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Agronomic characters and commodity and consumer qualities of new varieties and hybrid forms of cherries in the conditions of Dagestan

© 2022. Batuch M. Guseynova<sup>1</sup>✉, Magomed D. Abdulgamidov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation

<sup>2</sup>Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops – a branch of the Dagestan Agriculture Science Center, Bujnask, Republic of Dagestan, Russian Federation

Studied were the yield, biochemical composition, tasting and consumer quality indicators of 24 hybrid forms and 12 varieties of cherry bred by the Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops. The research was carried out using conventional methods of analysis and standard methods of cherry variety studying. Of the group of varieties of early-medium ripening, the best distinguished by a high content of soluble dry substances, sugars and vitamin C were the varieties Zhemchuzhnaya, Granatovaya, Almaznaya, Bigarro Krainskogo, Bereket, and hybrid forms 31/7; 109/1 and 180/1 in which the

mass concentration of these substances ranged from 12.4-14.7 %; 10.34-12.85 % and 6.9-9.5 mg%, respectively. Among the varieties of medium ripening, the largest ability to accumulate soluble dry substances, sugars and vitamin C in fruits was shown by the varieties Bujnaskaya chernaya, Lezginka, Maral and hybrids numbered 43/2; 190/4 and 71/3 in which the content of these components of the chemical composition was 12.4-16.6 %; 10.53-12.19 % and 7.2-9.2 mg%, respectively. The best indicators of fetal weight, compared to the control variety of cherries Dagestanka (7.4 g) in the group of varieties of early-medium maturation were shown by: Zhemchuzhnaya (8.0 g); Granatovaya (8.2 g) and Bereket (8.3 g). Among the varieties of medium ripening, a more significant mass of the fruit compared to the control variety Napoleon chernaya (7.2 g) was in the varieties Maral (7.4 g) and Bujnaskaya chernaya (8.3 g). The highest overall tasting rating (4.9-5 points) was received by the fruits of the varieties Granatovaya, Bereket, Zhemchuzhnaya, Lezginka, Bujnaskaya chernaya and Maral. The same varieties had good indicators of average yield (t/ha): Granatovaya – 9.78; Bereket – 8.72; Bujnaskaya chernaya – 7.59 and Maral – 7.54. Taking into account the results of the studies carried out, it can be concluded that the varieties of cherry bred by the Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops Granatovaya, Bereket, Bujnaskaya chernaya and Maral the fruits of which have the best agronomic characters and high commodity and consumer qualities, can be submitted for state variety testing and used in breeding work.

**Keywords:** *Prunus avium* L., variety, hybrid, yield, nutritional value, tasting assessment, technical indicators of fruit quality

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Dagestan Agriculture Science Center (theme No. 122022400196-7).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Guseynova B. M., Abdulgamidov M. D. Agronomic characters and commodity and consumer qualities of new varieties and hybrid forms of cherries in the conditions of Dagestan. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):685-696. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.685-696>

Received: 20.06.2022

Accepted for publication: 27.09.2022

Published online: 26.10.2022

Садоводство занимает особое место в обеспечении населения страны плодово-ягодной продукцией, содержащей богатый запас необходимых для правильного функционирования организма человека макро- и микронутриентов, в число которых, помимо углеводов, белков и жиров, входят витамины, полифенолы, минеральные вещества и другие химические соединения. В России, в соответствии с современными требованиями здорового питания, рекомендуемый годовой уровень потребления фруктов и ягод составляет 100 кг на одного человека<sup>1</sup>. По данным Росстата<sup>2</sup>, в 2021 году в нашей стране общее потребление плодов и ягод достигло 10,3 млн тонн, общий объем их производства во всех категориях хозяйств составил всего 3,9 млн тонн. Самообеспеченность плодами и ягодами в России в 2021 году составила 37,8 %. Удовлетворение потребности населения страны от медицинской нормы их потребления в 2021 г. равнялось 63 %. Дефицит фруктов и ягод покрывался за счет поставок по импорту, который в 2021 г. равнялся 6,4 млн тонн.

Однако в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ<sup>3</sup>, утвержденной Указом Президента РФ от 21 января 2020 г., уровень самообеспечения фруктами и ягодами в России должен составлять не менее 60 %. Для достижения целевого индикатора Доктрины продовольственной безопасности РФ по уровню самообеспечения фруктами и ягодами, объем собственного производства их в нашей стране должен составить не менее 5,2 млн тонн.

Основными ограничителями продуктивности сельхозкультур как в нашей стране, так и за рубежом являются абиотические стрессоры среды культивирования, из-за которых теряется 50-82 % урожая [1, 2, 3]. По данным А. А. Жученко [3], лишь около 10 % пашни в мире свободны от действия стрессовых факторов. По мнению исследователей Е. А. Егорова, Ж. А. Шадринной и Г. А. Кочьяна, недостаточная эффективность плодородства в России в значительной степени обусловлена низким адаптивным потенциалом возделываемых сортов садовых культур в целом [4].

<sup>1</sup>Приказ Минздрава России от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878?ysclid=l8ikjllkzi870799052>

<sup>2</sup>Сельское хозяйство в России. 2021: стат. сб. Росстат. М., 2021. 100 с.

URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf)

<sup>3</sup>Доктрина продовольственной безопасности РФ (от 21 января 2020 г.).

URL: <https://mex.gov.ru/upload/iblock/f23/f239bc3c1f8283992797b17cbe05443c.pdf?ysclid=l8il2vvy4d232405755>

В решении вышеназванной проблемы обеспечения населения плодово-ягодной продукцией отечественного производства центральное место принадлежит селекции, созданию и использованию новых сортов садовых культур с улучшенным биохимическим составом плодов, повышенной адаптивностью к абиотическим и биотическим стрессорам среды, высокой продуктивностью и товарными качествами, а также созданию и выделению ценных доноров и генисточников для селекции, которые должны быть основаны на максимально возможном раскрытии биотического потенциала сорта [5, 6, 7, 8, 9]. Вклад сортов плодовых и ягодных культур в увеличении качества и количества урожая может достигать 50-80 %, и поэтому роль селекционного улучшения растений будет непрерывно возрастать.

Одним из наиболее популярных фруктовых растений во многих странах мира является черешня (*Prunus avium* L.). Ежегодно в мире производится более 2 млн тонн черешни, в Российской Федерации в среднем выращивается 80 тыс. тонн<sup>4</sup>. Промышленный сортимент черешни является наиболее обширным и многообразным по сравнению с остальными косточковыми культурами. Мировой сортимент черешни, созданный в основном за счёт искусственного отбора и гибридизации, насчитывает более 2000 сортов, на долю России приходится около 600 сортов отечественного происхождения [8, 10].

Республика Дагестан, благодаря наличию на ее территории благоприятных почвенно-климатических условий и вертикальной поясности, является одним из главных районов промышленного выращивания фруктов и ягод [11, 12, 13, 14], в том числе и высококачественной черешни, пользующейся неограниченным спросом на потребительском рынке плодовой продукции. По данным Минсельхозпрода Республики Дагестан<sup>5</sup>, черешневые сады занимают территорию, равную примерно 1000 га, с которой собирают 2,5-3,0 тыс. тонн урожая в год. На сегодняшний день удельный вес черешни среди других возделываемых в республике плодовых культур составляет 11 %.

В результате эффективной селекционной работы к настоящему времени на Дагес-

танской селекционной опытной станции плодовых культур (ДСОСПК) выведены и созданы 36 гибридных форм и 26 селекционных сортов черешни. Однако этот сортимент не лишен недостатков: недостаточно высокие товарно-потребительские показатели качества плодов; низкий уровень урожайности в годы с неблагоприятными природно-климатическими условиями; измельчение плодов при нехватке влаги; растрескивание плодов и распространение плодовой гнили при высокой атмосферной влажности в период вегетации и при созревании.

Поэтому для успешного формирования промышленного сортимента черешни в Дагестане решающее значение имеют научные исследования, направленные на изучение и выделение принципиально новых доноров и ген-источников хозяйственно ценных признаков, создание новых сортов черешни, отличающихся высокой адаптивностью к биотическим и абиотическим стрессорам среды, сочетающих в себе потенциальную продуктивность со стабильной урожайностью и высокими показателями качества плодов.

**Цель исследований** – комплексная оценка сортов и гибридных форм черешни селекции ДСОСПК для выявления среди них наиболее перспективных сортообразцов, характеризующихся стабильной урожайностью, хорошим качеством плодов, что важно для оптимизации промышленного сортимента черешни в условиях Дагестана.

Такая работа, на наш взгляд, поможет ускорить обеспечение населения местной высококачественной плодовой продукцией, и тем самым ослабит проблему импортозамещения.

**Научная новизна.** Проведено комплексное исследование большого количества гибридных форм и новых сортов черешни селекции ДСОСПК по биохимическим и техническим показателям качества плодов, по урожайности для выявления среди них наиболее перспективных сортообразцов, сочетающих в себе потенциальную продуктивность со стабильной урожайностью и высокими показателями качества плодов, что важно для оптимизации промышленного сортимента черешни в условиях Дагестана.

---

<sup>4</sup>FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Электронный ресурс]. URL: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Retrieved on 10-08-2012 (дата обращения: 22.03.2022).

<sup>5</sup>В Дагестане продолжается уборка урожая черешни. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан. [Электронный ресурс]. URL: <http://mcxrd.ru/news/item/4605> (дата обращения: 20.04.2022).

**Материал и методы.** Объектами изучения служили 12 новых селекционных сортов и 24 гибридные формы черешни селекции ДСОСПК.

Исследования проводили в 2019-2021 гг. с образцами черешни, выращенной в насаждениях, расположенных на первом экспериментальном участке опытной станции согласно общепринятым методикам<sup>6</sup>. Посадку опытных образцов черешни осуществляли в 2004 году. Схема посадки черешни 6х5 м. Подвой – антипка. Каждый опытный сортообразец представлен 5-7 деревьями. На опытных садовых участках проводили идентичные агротехнические мероприятия в соответствии с общепринятыми рекомендациями. Сбор плодов осуществляли по достижении съемной зрелости.

Почва под насаждениями темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая, глубина залегания галечников 150-200 см. Мощность почвенного профиля составляет 60-70 см. Почвенно-поглощающий комплекс насыщен кальцием и магнием 15,60-18,43 и 5,14-6,36 мг-экв/100 г почвы соответственно. Содержание гумуса 1,97-3,56 %. Количество гидролизуемого азота 61-73, подвижного фосфора и калия 18,0-22,3 и 252-284 мг/кг почвы соответственно. Химический состав почв определяли по ГОСТ-29269, содержание поглощенных оснований кальция и магния – ГОСТ 26428, азота – методом Корнфилда, подвижных форм фосфора и калия – методом Мачигина по ГОСТ 26205.

Климат в зоне проведения исследований умеренно-континентальный. Самый тёплый месяц – июль со среднемесячной температурой в годы проведения исследований 21,7-24,4 °С. Наиболее холодный месяц в году – январь со среднемесячной температурой (-0,7; -1,4 °С). Среднегодовая температура во время проведения исследований варьировала в пределах 10,7-11,2 °С. По количеству осадков территория хозяйства относится к зоне недостаточного увлажнения – 365-463 мм в год, в связи с чем разность между испарением (780 мм в год) и осадками восполнялась вегетационными и влагозарядковыми поливами. Сумма активных температур (САТ) в годы исследований (3360-3456 °С) оказывала благоприятное влияние на качество и количество получаемого урожая черешни.

Состав и количественное содержание биоконпонентов в плодах черешни оценивали по показателям: содержание растворимых сухих веществ – ГОСТ ISO 2173; массовая концентрация сахаров – ГОСТ 8756.13; наличие титруемых кислот – ГОСТ ISO 750; содержание витамина С (аскорбиновая кислота) – ГОСТ 24556.

У опытных образцов черешни определяли размеры (мм), массу плода и косточки (г), дегустационные показатели (балл) и урожайность (т/га).

Обработку результатов исследований осуществляли методами математической статистики с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий определяли с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Современная концепция селекции предъявляет определенные требования к новым сортам, которые должны превосходить существующие сорта по комплексу хозяйственно ценных признаков. Несмотря на определенные успехи в области селекции черешни, промышленный сортимент юга России не отвечает в полной мере требованиям интенсивного садоводства и нуждается в регулярном обновлении сортами, сочетающими комплекс хозяйственно ценных свойств [5]. Одним из актуальных путей решения этой задачи остается селекция садовых культур, направленная на создание сортов для выращивания в конкретных природно-климатических условиях. Поэтому в условиях предгорной плодовой зоны Дагестана выполняется селекционная работа, направленная на получение сортов совершенно нового уровня, превосходящих существующие стандартные по комплексу хозяйственно ценных признаков.

В результате изучения были определены значительные различия между сортами и формами исследуемой черешни по массовой концентрации компонентов биохимического состава (табл. 1). Одним из важнейших показателей качества перерабатываемых фруктов и ягод является содержание в них сухих веществ, на количество которых влияют не только вид и сорт плодовых растений, но и природно-климатические условия места их произрастания.

<sup>6</sup>Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: изд-во Всерос. НИИ селекции плодовых культур, 1999. 608 с.; Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: изд-во Всерос. НИИ селекции плодовых культур, 1995. 502 с.

# ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING

Таблица 1 – Биохимический состав сортов и гибридных форм черешни селекции ДСОСПК (среднее за 2019-2021 гг.) /  
Table 1 – Biochemical composition of hybrid forms and varieties of cherry bred by the Dagestan Breeding  
Experimental Station of Fruit Crops (average for 2019-2021)

| Сорт, гибрид /<br>Variety, hybrid                                             | Растворимые сухие<br>вещества, % / Soluble<br>dry substances, % | Общий<br>сахар, % /<br>Total sugar,<br>% | Титруемая<br>кислотность, % /<br>Titratable acidity,<br>% | Витамин<br>C, мг% /<br>Vitamin C,<br>mg% | Сахаро-<br>кислотный<br>индекс / Sugar<br>acid index |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>Группа ранне-среднего срока созревания / Early-middle maturation group</i> |                                                                 |                                          |                                                           |                                          |                                                      |
| Дагестанка (контроль) /<br>Dagestanka (control)                               | 14,3±0,23                                                       | 10,39±0,18                               | 0,73±0,02                                                 | 7,4±0,13                                 | 14,2                                                 |
| Любимица Корвацкого /<br>Lyubimica Korvackogo                                 | 12,8±0,27                                                       | 9,90±0,21                                | 0,71±0,01                                                 | 6,1±0,14                                 | 13,9                                                 |
| Горянка / Goryanka                                                            | 11,9±0,19                                                       | 9,94±0,18                                | 0,63±0,01                                                 | 7,7±0,12                                 | 15,8                                                 |
| Предгорная Дагестана /<br>Predgornaya Dagestana                               | 11,8±0,21                                                       | 10,02±0,19                               | 0,76±0,01                                                 | 6,4±0,11                                 | 13,2                                                 |
| Жемчужная / Zhemchuzhnaya                                                     | 13,1±0,25                                                       | 10,40±0,17                               | 0,70±0,01                                                 | 6,9±0,15                                 | 14,9                                                 |
| Гранатовая / Granatovaya                                                      | 14,7±0,29                                                       | 12,85±0,20                               | 0,74±0,01                                                 | 8,6±0,19                                 | 17,4                                                 |
| Алмазная / Almaznaya                                                          | 13,7±0,27                                                       | 10,34±0,16                               | 0,79±0,02                                                 | 9,0±0,21                                 | 13,1                                                 |
| Бигарро Краинского /<br>Bigarro Krainskogo                                    | 14,3±0,23                                                       | 12,61±0,21                               | 0,66±0,01                                                 | 9,5±0,18                                 | 19,1                                                 |
| Берекет / Bereket                                                             | 12,4±0,18                                                       | 11,40±0,17                               | 0,60±0,01                                                 | 7,5±0,15                                 | 19,0                                                 |
| <i>Гибрид / Gibrid</i>                                                        |                                                                 |                                          |                                                           |                                          |                                                      |
| 2/1                                                                           | 11,5±0,19                                                       | 8,90±0,17                                | 0,77±0,02                                                 | 6,2±0,13                                 | 11,6                                                 |
| 31/7                                                                          | 13,4±0,22                                                       | 11,45±0,21                               | 0,67±0,01                                                 | 8,5±0,16                                 | 17,1                                                 |
| 63/3                                                                          | 12,6±0,20                                                       | 9,80±0,16                                | 0,61±0,01                                                 | 7,6±0,17                                 | 16,1                                                 |
| 109/1                                                                         | 13,6±0,30                                                       | 10,44±0,23                               | 0,75±0,01                                                 | 7,1±0,14                                 | 13,9                                                 |
| 31/9                                                                          | 13,3±0,32                                                       | 11,10±0,18                               | 0,81±0,02                                                 | 6,8±0,12                                 | 13,7                                                 |
| 31/10                                                                         | 12,1±0,21                                                       | 10,08±0,19                               | 0,74±0,01                                                 | 6,7±0,12                                 | 13,6                                                 |
| 180/1                                                                         | 14,1±0,26                                                       | 10,79±0,17                               | 0,70±0,01                                                 | 8,3±0,17                                 | 15,4                                                 |
| 48/8                                                                          | 12,5±0,24                                                       | 10,40±0,20                               | 0,86±0,02                                                 | 5,9±0,12                                 | 12,1                                                 |
| 69/1                                                                          | 9,5±0,15                                                        | 8,18±0,13                                | 0,96±0,02                                                 | 6,2±0,19                                 | 8,5                                                  |
| 131/1                                                                         | 12,5±0,22                                                       | 10,89±0,17                               | 0,88±0,02                                                 | 6,7±0,14                                 | 12,4                                                 |
| 51/23                                                                         | 12,6±0,20                                                       | 11,24±0,22                               | 0,66±0,01                                                 | 6,9±0,15                                 | 17,0                                                 |
| <i>Группа среднего срока созревания / Medium maturation group</i>             |                                                                 |                                          |                                                           |                                          |                                                      |
| Наполеон черная (контроль) /<br>Napoleon chernaya (control)                   | 16,3±0,31                                                       | 10,75±0,18                               | 0,66±0,01                                                 | 7,5±0,19                                 | 16,3                                                 |
| Дагестанская черная /<br>Dagestanskaya chernaya                               | 12,9±0,27                                                       | 10,45±0,20                               | 0,65±0,01                                                 | 6,6±0,14                                 | 16,1                                                 |
| Буйнакская черная /<br>Bujnaksкая chernaya                                    | 16,6±0,32                                                       | 11,78±0,19                               | 0,62±0,01                                                 | 7,2±0,15                                 | 19,0                                                 |
| Лезгинка / Lezginka                                                           | 15,5±0,29                                                       | 12,02±0,22                               | 0,70±0,02                                                 | 7,6±0,17                                 | 17,2                                                 |
| Марал (27/4) / Maral (27/4)                                                   | 15,1±0,27                                                       | 10,82±0,18                               | 0,60±0,01                                                 | 7,6±0,14                                 | 18,0                                                 |
| <i>Гибрид / Gibrid</i>                                                        |                                                                 |                                          |                                                           |                                          |                                                      |
| 53/7                                                                          | 12,1±0,24                                                       | 9,86±0,21                                | 0,80±0,02                                                 | 6,1±0,12                                 | 12,3                                                 |
| 53/5                                                                          | 12,0±0,25                                                       | 9,64±0,17                                | 0,78±0,02                                                 | 6,3±0,13                                 | 12,4                                                 |
| 43/2                                                                          | 12,4±0,25                                                       | 10,53±0,19                               | 0,73±0,01                                                 | 8,1±0,19                                 | 14,4                                                 |
| 190/4                                                                         | 16,4±0,32                                                       | 12,19±0,23                               | 0,72±0,01                                                 | 8,0±0,17                                 | 16,9                                                 |
| 100/2                                                                         | 12,7±0,28                                                       | 9,85±0,17                                | 0,77±0,01                                                 | 7,5±0,15                                 | 12,8                                                 |
| 72/4                                                                          | 12,9±0,26                                                       | 11,00±0,19                               | 0,78±0,02                                                 | 6,9±0,12                                 | 14,1                                                 |
| 71/3 (черная) / 71/3 (black)                                                  | 13,2±0,24                                                       | 10,83±0,18                               | 0,63±0,01                                                 | 9,2±0,17                                 | 17,2                                                 |
| 71/3 (розовая) / 71/3 (pink)                                                  | 13,0±0,29                                                       | 7,99±0,15                                | 0,71±0,01                                                 | 5,4±0,11                                 | 11,3                                                 |
| 27/9 (к-5)                                                                    | 12,6±0,22                                                       | 10,02±0,23                               | 0,73±0,02                                                 | 6,2±0,16                                 | 13,7                                                 |
| 42/10                                                                         | 12,4±0,23                                                       | 9,74±0,16                                | 0,64±0,01                                                 | 7,5±0,18                                 | 15,2                                                 |
| 79/3                                                                          | 13,4±0,26                                                       | 10,72±0,19                               | 0,73±0,02                                                 | 5,6±0,12                                 | 14,7                                                 |
| 43/3                                                                          | 13,2±0,25                                                       | 11,08±0,20                               | 0,62±0,01                                                 | 6,5±0,12                                 | 17,9                                                 |
| 51/9                                                                          | 14,1±0,29                                                       | 11,94±0,22                               | 0,72±0,02                                                 | 7,6±0,16                                 | 16,6                                                 |

Содержание растворимых сухих веществ (РСВ) в сортах и гибридных формах черешни ранне-среднего срока созревания составило 9,5 (гибрид 69/1)...14,7 % (сорт Гранатовая). Повышенным накоплением в плодах РСВ, среди исследованных сортов и форм черешни среднего срока созревания, отличились сорта Буйнакская черная (16,6 %), Лезгинка (15,5 %), Марал (15,1 %) и гибрид 190/4 (16,4 %). Учитывая тот факт, что для производства большинства видов консервной продукции технологическими инструкциями предусмотрено использование черешни с содержанием сухих веществ не менее 14 %, можно считать, что плоды многих из исследованных сортов и гибридных форм черешни могут быть использованы для производства консервов.

Отличительная особенность плодов черешни – ярко выраженный сладкий вкус, что обусловлено не только высоким содержанием сахаров, но и тем, что они представлены в основном фруктозой и глюкозой [15, 16, 17]. Наивысшим сахаронакоплением среди сортов черешни ранне-среднего срока созревания выделились: Гранатовая (12,85 %); Бигарро Краинского (12,61 %); Берекет (11,40 %); гибрид 31/7 (11,45 %), наименее сладкими получены плоды гибридных форм 69/1 (8,18 %) и 2/1 (8,90 %). Определено, что многие исследованные сорта из группы ранне-среднего срока созревания по содержанию общего сахара превосходили контрольный сорт Дагестанка (10,39 %). Лучшими по сахаристости, по сравнению с контрольным сортом Наполеон черная (10,75 %), среди сортов и гибридов черешни среднего срока созревания, отмечены Буйнакская черная (11,78 %), Лезгинка (12,02 %), Марал (10,82 %), гибриды 190/4 (12,19 %) и 72/4 (11,00 %).

Для плодов черешни характерна невысокая кислотность. Наибольшей кислотностью (0,74-0,96 %) среди сортов ранне-среднего срока созревания, по сравнению с контрольным сортом Дагестанка (0,73 %), отличались сорта Предгорная Дагестана, Гранатовая, Алмазная, гибридные формы 2/1; 109/1; 31/9; 69/1; 131/1 и 48/8. В сортах и гибридных формах черешни среднего срока созревания кислотность варьировала от 0,60 (Марал) до 0,80 % (гибрид 53/7). Многие из исследованных сортов среднего срока созревания проявили более высокую способность синтезировать кислоты, чем контрольный сорт Наполеон черная (0,66 %).

Хороший вкус плодов черешни обеспечивается оптимальным соотношением в них сахаров и кислот, создающим широкую вкусо-

вую гамму. Как видно из данных таблицы 1, наиболее перспективными по вкусовым качествам, учитывая показатели сахарно-кислотного индекса, являются Гранатовая (17,4), Бигарро Краинского (19,1), Берекет (19,0) и гибрид 31/7 (17,1) среднераннего срока созревания, а также Буйнакская черная (19,0), Марал (18,0), Лезгинка (17,2), гибриды 71/3 (17,2) и 43/3 (17,9) среднего срока созревания.

Изучение накопления витамина С в плодах черешни показало, что его количество в сортах и гибридных формах ранне-среднего срока созревания колебалось в пределах от 5,9 до 9,5 мг%. Наиболее высоким содержанием витамина С (7,5-9,5 мг%), по сравнению с контрольным сортом Дагестанка (7,4 мг%), отличались сорта и гибриды черешни из группы ранне-среднего срока созревания: Горянка, Гранатовая, Алмазная, Бигарро Краинского, Берекет и гибриды 31/7; 63/3; 180/1 (табл. 1).

Среди сортов и гибридных форм черешни среднего срока созревания наилучшую способность к синтезу витамина С, по сравнению с контрольным сортом Наполеон черная (7,5 мг%), проявили сорта Лезгинка, Марал, гибриды 43/2; 190/4; 71/3, в плодах которых его содержание составляло 7,6 (Лезгинка и Марал) – 9,2 мг% (гибрид 71/3).

В промышленном садоводстве в последние годы большое внимание уделяется крупноплодным сортам, адаптированным к условиям выращивания. Самую большую выбраковку среди гибридных сеянцев вызывает малый размер плодов, поскольку крупноплодность контролируется рецессивными генами. Анализ полученного в ДСОСПК гибридного материала черешни показал, что только селекция с использованием крупноплодных сортов как в качестве материнской, так и отцовской формы, дает возможность усилить проявление признака крупноплодности.

Как видно из данных таблицы 2, плоды гибридов и новых сортов черешни разных сроков созревания различались по средней массе плода, которая колебалась в пределах 5,3 (гибриды 2/1 и 31/10) ...8,3 г (Берекет и Буйнакская черная). Лучшими показателями массы плода, по сравнению с контрольным сортом Дагестанка (7,4 г), среди сортов ранне-среднего срока созревания отличались: Жемчужная (8,0 г); Гранатовая (8,2 г) и Берекет (8,3 г). В группе сортов среднего срока созревания более значительная масса плода, по сравнению с контрольным сортом Наполеон черная (7,2 г), была у сортов Марал (7,4 г) и Буйнакская черная (8,3 г).

Таблица 2 – Товарно-потребительские показатели качества новых сортов и гибридных форм черешни  
(среднее за 2019-2021 гг.)

Table 2 – Commodity and consumer qualities of new varieties and hybrid forms of cherries (average for 2019-2021)

| Сорт, гибрид /<br>Variety, hybrid                                      | Средняя масса<br>плода, г / Avera-<br>ge fetal weight, g | Размеры плода, мм /<br>Fetal dimensions, mm |                       | Индекс формы<br>плода / Fetal<br>Shape Index | Средняя масса<br>косточки, г /<br>Average pit<br>weight, g | Доля косточки<br>в массе плода,<br>% / Percentage<br>of pit in the fetal<br>mass, % |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        |                                                          | высота /<br>height                          | диаметр /<br>diameter |                                              |                                                            |                                                                                     |
| Группа ранне-среднего срока созревания / Early-middle maturation group |                                                          |                                             |                       |                                              |                                                            |                                                                                     |
| Дагестанка (контроль) / Dagestanka (control)                           | 7,4                                                      | 22                                          | 24                    | 0,92                                         | 0,40                                                       | 5,4                                                                                 |
| Любимица Корвацкого / Lyubimica Korvackogo                             | 6,8                                                      | 22                                          | 23                    | 0,96                                         | 0,41                                                       | 6,0                                                                                 |
| Горянка / Goryanka                                                     | 6,4                                                      | 21                                          | 23                    | 0,91                                         | 0,38                                                       | 5,9                                                                                 |
| Предгорная Дагестана / Predgornaya Dagestana                           | 6,2                                                      | 20                                          | 23                    | 0,87                                         | 0,42                                                       | 6,8                                                                                 |
| Жемчужная / Zhemchuzhnaya                                              | 8,0                                                      | 22                                          | 23                    | 0,96                                         | 0,45                                                       | 5,6                                                                                 |
| Гранатовая / Granatovaya                                               | 8,2                                                      | 23                                          | 24                    | 0,96                                         | 0,40                                                       | 4,9                                                                                 |
| Алмазная / Almaznaya                                                   | 7,2                                                      | 21                                          | 23                    | 0,91                                         | 0,45                                                       | 6,3                                                                                 |
| Бигарро Краинского / Bigarro Krainskogo                                | 6,5                                                      | 21                                          | 23                    | 0,91                                         | 0,43                                                       | 6,6                                                                                 |
| Берекет / Bereket                                                      | 8,3                                                      | 22                                          | 25                    | 0,88                                         | 0,42                                                       | 5,1                                                                                 |
| Гибрид / Gibrid                                                        |                                                          |                                             |                       |                                              |                                                            |                                                                                     |
| 2/1                                                                    | 5,3                                                      | 18                                          | 20                    | 0,90                                         | 0,35                                                       | 6,6                                                                                 |
| 31/7                                                                   | 6,8                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,37                                                       | 5,4                                                                                 |
| 63/3                                                                   | 6,5                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,42                                                       | 6,5                                                                                 |
| 109/1                                                                  | 7,2                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,45                                                       | 6,3                                                                                 |
| 31/9                                                                   | 5,7                                                      | 18                                          | 20                    | 0,90                                         | 0,35                                                       | 6,1                                                                                 |
| 31/10                                                                  | 5,3                                                      | 19                                          | 19                    | 1,00                                         | 0,38                                                       | 7,2                                                                                 |
| 180/1                                                                  | 7,1                                                      | 21                                          | 23                    | 0,91                                         | 0,44                                                       | 6,2                                                                                 |
| 48/8                                                                   | 6,4                                                      | 21                                          | 21                    | 1,00                                         | 0,41                                                       | 6,4                                                                                 |
| 69/1                                                                   | 5,4                                                      | 18                                          | 20                    | 0,90                                         | 0,38                                                       | 7,0                                                                                 |
| 131/1                                                                  | 5,8                                                      | 19                                          | 21                    | 0,90                                         | 0,37                                                       | 6,4                                                                                 |
| 51/23                                                                  | 6,4                                                      | 20                                          | 22                    | 0,91                                         | 0,38                                                       | 5,9                                                                                 |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                  | 0,41                                                     | 0,66                                        | 0,70                  |                                              | 0,02                                                       | -                                                                                   |
| Группа среднего срока созревания / Medium maturation group             |                                                          |                                             |                       |                                              |                                                            |                                                                                     |
| Наполеон черная (контроль) /<br>Napoleon chernaya (control)            | 7,2                                                      | 23                                          | 22                    | 1,05                                         | 0,35                                                       | 4,9                                                                                 |
| Дагестанская черная / Dagestanskaya chernaya                           | 6,8                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,40                                                       | 5,9                                                                                 |
| Буйнакская черная / Bujnaksкая chernaya                                | 8,3                                                      | 21                                          | 24                    | 0,88                                         | 0,34                                                       | 4,1                                                                                 |
| Лезгинка / Lezginka                                                    | 7,0                                                      | 20                                          | 22                    | 0,91                                         | 0,37                                                       | 5,3                                                                                 |
| Марал (27/4) / Maral (27/4)                                            | 7,4                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,35                                                       | 4,7                                                                                 |
| Гибрид / Gibrid                                                        |                                                          |                                             |                       |                                              |                                                            |                                                                                     |
| 53/7                                                                   | 5,4                                                      | 18                                          | 20                    | 0,90                                         | 0,39                                                       | 7,2                                                                                 |
| 53/5                                                                   | 6,1                                                      | 20                                          | 22                    | 0,91                                         | 0,37                                                       | 6,1                                                                                 |
| 43/2                                                                   | 6,3                                                      | 20                                          | 21                    | 0,95                                         | 0,37                                                       | 5,9                                                                                 |
| 190/4                                                                  | 6,2                                                      | 20                                          | 21                    | 0,95                                         | 0,41                                                       | 6,6                                                                                 |
| 100/2                                                                  | 6,8                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,43                                                       | 6,3                                                                                 |
| 72/4                                                                   | 5,8                                                      | 19                                          | 21                    | 0,90                                         | 0,42                                                       | 7,2                                                                                 |
| 71/3 (черная) / 71/3 (black)                                           | 6,3                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,37                                                       | 5,9                                                                                 |
| 71/3 (розовая) / 71/3 (pink)                                           | 5,9                                                      | 20                                          | 19                    | 1,05                                         | 0,34                                                       | 5,8                                                                                 |
| 27/9 (к-5)                                                             | 5,6                                                      | 19                                          | 20                    | 0,95                                         | 0,37                                                       | 6,6                                                                                 |
| 42/10                                                                  | 4,6                                                      | 17                                          | 19                    | 0,89                                         | 0,32                                                       | 7,0                                                                                 |
| 79/3                                                                   | 5,8                                                      | 19                                          | 22                    | 0,86                                         | 0,37                                                       | 6,4                                                                                 |
| 43/3                                                                   | 6,9                                                      | 21                                          | 22                    | 0,95                                         | 0,41                                                       | 5,9                                                                                 |
| 51/9                                                                   | 6,1                                                      | 19                                          | 21                    | 0,90                                         | 0,39                                                       | 6,4                                                                                 |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                  | 0,40                                                     | 0,65                                        | 0,59                  |                                              | 0,01                                                       | -                                                                                   |

По массе плодов сорта черешни можно условно разделить на группы: очень мелкие (до 4 г), мелкие (4,1-6,0 г), средние (6,1-9,5 г), крупные (9,6-11,0 г) и очень крупные (более 11,0 г). Среди изученных сортов и гибридных форм черешни ранне-среднего срока созревания в группе мелкоплодных оказались гибриды под номерами 2/1; 31/10; 69/1 и 131/1. Все остальные сорта и гибридные формы ранне-среднего срока созревания, средняя масса плода которых варьировала в пределах от 6,2 (Предгорная Дагестана) до 8,3 г (Берекет), отнесены к группе среднеплодных. Отмечено, что и среди сортов среднего срока созревания подавляющее большинство также имело массу плода 6,1-8,3 г. Они были определены в группу среднеплодных. Мелкими оказались плоды гибридных форм под номерами 42/10; 53/7; 79/3; 27/9; 71/3 и 72/4 с массой 4,6-5,9 г.

Согласно ГОСТ 33801-2016, диаметр плодов черешни, предлагаемых для реализации в свежем виде, у высшего товарного сорта должен быть не менее 20 мм, первого товарного сорта – не менее 17 мм, второго товарного сорта – не менее 12 мм. К высшему товарному сорту, за исключением гибрида 31/10, относятся все исследованные селекционные сорта и гибридные формы черешни ранне-среднего срока созревания, диаметр плода которых по наибольшему поперечному размеру колебался в пределах от 20 до 25 мм. Из сортов среднего срока созревания к первому товарному сорту были отнесены гибриды 48/8 и 71/3 (розовая), а остальные сорта были определены в группу высшего товарного сорта.

Важным признаком плодов является их форма, оцениваемая показателем «индекс формы» (отношение высоты плода к его диаметру). У плодов исследованной черешни индекс формы находился в пределах от 0,86 (гибрид 79/3) до 1,05 (гибрид 71/3) относительных единиц.

Согласно данным таблицы 2, средняя масса косточки в плодах исследованных сортов и гибридных форм черешни составляла 0,32 (гибрид 42/10) ... 0,45 г (сорта Жемчужная и Алмазная).

На следующем этапе эксперимента черешню подвергали органолептической оценке, которая давалась по 5-балльной шкале, независимой дегустационной комиссией. Каждый опытный образец оценивался по показателям: внешний вид, консистенция мякоти, вкус. У всех плодов отсутствовали несвойственные

сортам посторонние привкусы и запахи. По внешнему виду в качестве лучших выделены следующие сорта и гибридные формы: из группы ранне-среднего срока созревания – Гранатовая, Алмазная и Берекет (5 баллов), из группы среднего срока созревания – Буйнакская черная, Лезгинка, Марал и гибрид 43/3 (4,8-5,0 баллов). Многие из исследованных сортов и гибридов черешни имели плотную консистенцию мякоти плода. Из группы ранне-среднего срока созревания наиболее высоко были оценены вкусовые качества (4,8-5,0 баллов) плодов черешни сортов Горянка, Гранатовая, Алмазная, Бигарро Краинского, Берекет и гибридных форм 51/23; 31/7 и 180/1. Лучшими по вкусовым показателям среди опытных образцов черешни среднего срока созревания оказались сорта Буйнакская черная, Марал и Лезгинка (4,9-5,0 баллов).

Величина и качество урожая – основные результирующие показатели для оценки сортов и технологий. Трехлетние данные урожайности исследованных сортов и гибридных форм черешни, выращиваемых в предгорной зоне Дагестана, показали, что их урожайность в большой степени зависит от климатических условий года, особенно в период цветения и завязывания плодов (табл. 3).

Анализ урожайности опытных образцов сортов черешни ранне-среднего срока созревания, культивируемых в условиях Дагестана, свидетельствует о том, что для большинства изучаемых сортов и гибридов наиболее благоприятными оказались климатические условия 2021 года, но для многих селекционных сортов и гибридных форм среднего срока созревания погодные условия 2021 года были менее благоприятными по сравнению с климатическими условиями предыдущего года. Обильные осадки и распространение монилиоза в насаждениях при созревании плодов в большей степени отразились на показателях урожайности сортов черешни среднего срока созревания.

Высокая урожайность (8,72-9,78 т/га) определена у гибрида 31/9 и сортов черешни Гранатовая и Берекет. Они же в группе сортов ранне-среднего срока созревания оказались лучшими по урожайности в сравнении с контрольным сортом Дагестанка (8,24 т/га). Среди опытных образцов черешни среднего срока созревания более высокой урожайностью (контрольный сорт Наполеон черная – 7,29 т/га) отличились сорта Марал – 7,54 т/га и Буйнакская черная – 7,59 т/га.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /  
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 3 – Урожайность новых сортов и гибридных форм черешни селекции ДСОСПК, т/га (2019-2021 гг.)  
Table 3 – The yield of hybrid forms and new varieties of cherry bred by the Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops, t/ha (2019-2021)

| Сорт, гибрид /<br>Variety, hybrid                                             | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | Среднее /<br>Average | % к контролю /<br>% to control |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|--------------------------------|
| <i>Группа ранне-среднего срока созревания / Early-middle maturation group</i> |         |         |         |                      |                                |
| Дагестанка (контроль) / Dagestanka (control)                                  | 5,33    | 8,72    | 10,66   | 8,24                 | -                              |
| Любимица Корвацкого / Lyubimica Korvackogo                                    | 1,40    | 7,33    | 9,22    | 5,98                 | 72,6                           |
| Горянка / Goryanka                                                            | 5,80    | 5,93    | 6,49    | 6,07                 | 73,7                           |
| Предгорная Дагестана / Predgornaya Dagestana                                  | 4,42    | 4,66    | 12,32   | 7,13                 | 86,6                           |
| Жемчужная / Zhemchuzhnaya                                                     | 3,45    | 3,73    | 5,99    | 4,39                 | 53,3                           |
| Гранатовая / Granatovaya                                                      | 3,78    | 12,75   | 12,80   | 9,78                 | 118,6                          |
| Алмазная / Almaznaya                                                          | 6,20    | 4,16    | 2,93    | 4,43                 | 53,8                           |
| Бигарро Краинского / Bigarro Krainskogo                                       | 3,43    | 6,49    | 11,32   | 7,08                 | 85,9                           |
| Берекет / Bereket                                                             | 5,00    | 9,12    | 12,05   | 8,72                 | 105,9                          |
| <i>Гибрид / Gibrid</i>                                                        |         |         |         |                      |                                |
| 2/1                                                                           | 2,20    | 9,66    | 3,33    | 5,06                 | 61,4                           |
| 31/7                                                                          | 5,80    | 5,16    | 1,33    | 4,10                 | 49,7                           |
| 63/3                                                                          | 1,82    | 7,49    | 4,56    | 4,62                 | 56,1                           |
| 109/1                                                                         | 2,14    | 9,36    | 6,39    | 5,96                 | 72,4                           |
| 31/9                                                                          | 3,40    | 12,45   | 11,20   | 9,02                 | 109,4                          |
| 31/10                                                                         | 1,20    | 9,52    | 4,00    | 4,91                 | 59,5                           |
| 180/1                                                                         | 0,75    | 7,46    | 5,39    | 4,53                 | 55,0                           |
| 48/8                                                                          | 0,95    | 2,60    | 3,66    | 2,40                 | 29,2                           |
| 69/1                                                                          | 3,20    | 6,73    | 11,52   | 7,15                 | 86,8                           |
| 131/1                                                                         | 3,50    | 8,23    | 4,16    | 5,30                 | 64,3                           |
| 51/23                                                                         | 1,74    | 6,16    | 6,16    | 4,69                 | 56,9                           |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                         | 0,78    | 1,20    | 1,66    | 0,86                 | -                              |
| <i>Группа среднего срока созревания / Medium maturation group</i>             |         |         |         |                      |                                |
| Наполеон черная (контроль) /<br>Napoleon chernaya (control)                   | 3,50    | 11,06   | 7,32    | 7,29                 | -                              |
| Дагестанская черная / Dagestanskaya chernaya                                  | 2,70    | 4,53    | 5,60    | 4,28                 | 58,7                           |
| Буйнакская черная / Bujnanskaya chernaya                                      | 2,42    | 11,49   | 8,86    | 7,59                 | 104,1                          |
| Лезгинка / Lezginka                                                           | 2,70    | 8,39    | 9,32    | 6,80                 | 93,3                           |
| Марал (27/4) / Maral (27/4)                                                   | 3,66    | 11,16   | 7,79    | 7,54                 | 103,4                          |
| <i>Гибрид / Gibrid</i>                                                        |         |         |         |                      |                                |
| 53/7                                                                          | 1,15    | 2,10    | 4,66    | 2,64                 | 36,2                           |
| 53/5                                                                          | 2,05    | 3,26    | 2,40    | 2,57                 | 35,3                           |
| 43/2                                                                          | 1,43    | 6,19    | 2,93    | 3,52                 | 48,2                           |
| 190/4                                                                         | 4,00    | 8,42    | 8,33    | 6,92                 | 94,9                           |
| 100/2                                                                         | 1,35    | 1,83    | 5,66    | 2,95                 | 40,4                           |
| 72/4                                                                          | 2,24    | 6,39    | 7,33    | 5,32                 | 73,0                           |
| 71/3 (черная) / 71/3 (black)                                                  | 4,10    | 7,69    | 7,06    | 6,28                 | 86,2                           |
| 71/3 (розовая) / 71/3 (pink)                                                  | 2,20    | 7,46    | 5,49    | 5,05                 | 69,3                           |
| 27/9 (к-5)                                                                    | 0,88    | 5,73    | 2,00    | 2,87                 | 39,4                           |
| 42/10                                                                         | 0,85    | 5,19    | 1,00    | 2,35                 | 32,2                           |
| 79/3                                                                          | 2,52    | 5,13    | 8,33    | 5,33                 | 73,1                           |
| 43/3                                                                          | 2,80    | 8,08    | 7,49    | 6,12                 | 84,0                           |
| 51/9                                                                          | 1,45    | 4,30    | 1,17    | 2,31                 | 31,6                           |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                         | 0,49    | 1,40    | 1,32    | 0,94                 | -                              |

Учёными из ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», на основе многолетней научно-исследовательской работы и с учетом современных потребностей промышленного производства, разработана модель нового сорта черешни для юга России, согласно которой основные параметры сорта должны соответствовать следующим показателям: средняя урожайность 12-15 т/га; масса плода – 8-12 г; дегустационная оценка 4,6-4,8 балла, время вступления в плодоношение 4-5 лет [18]. Анализ результатов исследований сортимента новых сортов и гибридных форм черешни селекции ДСОСПК по целому комплексу хозяйственно-ценных признаков позволил выделить сорта и гибридные формы черешни, отвечающие вышеуказанным модельным условиям, т. е. соответствующие требованиям современного промышленного садоводства. Таковыми оказались сорта черешни: Гранатовая, Берекет, Буйнакская черная и Марал.

**Заключение.** Таким образом, результаты комплексного изучения новых сортов и гибридных форм черешни разных сроков созревания селекции ДСОСПК показывают, что по товарно-потребительским показателям качества самыми лучшими оказались сорта и гибридные формы: в группе ранне-среднего срока созревания – Жемчужная, Гранатовая, Берекет, гибриды 109/1 и 180/1; в группе среднего срока созревания – Буйнакская черная, Лезгинка и Марал.

По результатам биохимических исследований лучшими из группы ранне-среднего срока созревания, отличающимися высоким содержанием РСВ, сахаров и витамина С, оказались сорта Жемчужная, Гранатовая,

Алмазная, Бигарро Краинского, Берекет, и гибридные формы 31/7; 109/1 и 180/1, в которых массовая концентрация этих пищевых веществ варьировала в пределах 12,4-14,7 %; 10,34-12,85 % и 6,9-9,5 мг%, соответственно. В группе сортов среднего срока созревания наибольшую способность к накоплению РСВ, сахаров и витамина С проявили сорта Буйнакская черная, Лезгинка, Марал и гибриды под номерами 43/2; 190/4 и 71/3, в плодах которых содержание этих веществ составляло соответственно 12,4-16,6 %; 10,53-12,19 % и 7,2-9,2 мг%.

Изученные сорта и гибриды черешни, отличающиеся высокими товарно-потребительскими показателями качества плодов и большим запасом в них пищевых веществ, оказались лучшими и по результатам органолептической оценки. Общие дегустационные баллы у этих сортов составляли 4,8-5,0 баллов.

Из исследованного сортимента черешни лучшими показателями средней урожайности отличились сорта: Гранатовая 9,78 т/га; Берекет 8,72 т/га; Буйнакская черная 7,59 т/га; Марал 7,54 т/га, и гибриды под номерами 31/9; 190/4; 71/3 и 43/3, у которых средняя урожайность колебалась в пределах 6,12-9,02 т/га.

Таким образом, сорта черешни селекции ДСОСПК: Гранатовая, Берекет, Буйнакская черная и Марал, отличающиеся лучшими хозяйственно ценными признаками и товарно-потребительскими показателями качества, отвечающие по производственно-биологическим свойствам требованиям современного садоводства, могут послужить основой для дальнейшего улучшения сортимента черешни и быть представленными на государственное сортоиспытание.

#### *Список литературы*

1. Bray E. A., Bailey-Serres J., Weretilnyk E. Responses to abiotic stress. Biochemistry & molecular biology of plants. In: Gruissem W. and Jones R., Eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, 2000. Pp. 1158-1203.
2. Shanker A. K., Venkateswarlu B. Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations. Janeza Tridne Rijeka, Croatia. 2011:428. DOI: <https://doi.org/10.5772/895>
3. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: изд-во РУДН «Агрорус», 2001. Т. II. 708 с.
4. Егоров Е. А., Шадрин Ж. А., Кочьян Г. А. Экономические условия устойчивого развития промышленного плодового и виноградарства. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011;(12):150-159. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17042293>
5. Алехина Е. М. Селекционная оценка сортоформ черешни по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019;(57(3)):18-28. DOI: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28>
6. Serradilla M. J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., López-Corrales M., Córdoba M. G. Physico-chemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). Food Chemistry. 2012;133(4):1551-1559. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.02.048>
7. Алехина Е. М. Формирование перспективного промышленного сортимента черешни для южной зоны садоводства. Садоводство и виноградарство. 2017;(4):15-21. DOI: <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2017.4.6839>

8. Еремина О. В. Изучение генофонда черешни и его практическое использование. Хранение и использование генетических ресурсов садовых и овощных культур: Междунар. науч.-практ. конф. Крымск: ООО «Просвещение-Юг», 2015. С. 34-36.
9. Granqer A. R. Gene flow in cherry orchards. Theor. and Appl. Genet. 2004;108(3):497-500. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1426-6>
10. Kelebek H., Selli S. Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. International Journal of Food Science and Technology. 2011;46(12):2530-2537. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2011.02777.X>
11. Касумова Ф.-Х. Г. Генетические ресурсы косточковых культур для создания новых сортов на юге России. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012;(15(3)):43-50  
Режим работы: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17719361>
12. Алибеков Т. Б. Мобилизация и использование генетических ресурсов плодовых Дагестана для решения важнейших задач садоводства республики. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014;(27(3)):30-41. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21480018>
13. Ашурбекова Ф. А., Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Химический состав винограда, культивируемого в районах виноградарства Дагестана, отличающихся почвенно-климатическими условиями. Достижения науки и техники АПК. 2020;34(3):17-21. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10303>
14. Гусейнова Б. М., Даудова Т. И. Биохимический состав плодов хурмы, выращиваемой в Дагестане, и его изменение в процессе холодного хранения. Сельскохозяйственная биология. 2011;46(5):107-112. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/5-2011guseinova.html>
15. Причко Т. Г., Алехина Е. М. Оптимизация сортового состава черешни по качественным показателям плодов на юге России. Аграрная Россия. 2019;(1):15-18. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-1-15-18>
16. Быкова Т. О., Алекшина С. А., Демидова А. В., Макарова Н. В., Деменина Л. Г. Сравнительный анализ химического состава плодов вишни и черешни различных сортов, выращенных в Самарской области. Известия вузов. Пищевая технология. 2017;(1):32-35.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28843470>
17. Заремук Р. Ш., Алехина Е. М., Богатырева С. В., Доля Ю. А. Результаты селекции косточковых культур в условиях Юга России. Российская сельскохозяйственная наука. 2017;(3):10-13.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29160061>
18. Алехина Е. М. Роль сортов черешни селекции СКЗНИИСиВ в современном сорimente Северного Кавказа. Современные сорта и технологии для интенсивных садов: Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 275-летию Андрея Тимофеевича Болотова. Орел: изд-во ВНИИСПК, 2013. С. 13-15.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24501170>

### References

1. Bray E. A., Bailey-Serres J., Weretilnyk E. Responses to abiotic stress. Biochemistry & molecular biology of plants. In: Gruissem W. and Jones R., Eds., American Society of Plant Physiologists, Rockville, 2000. Pp. 1158-1203.
2. Shanker A. K., Venkateswarlu B. Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations. Janeza Tridne Rijeka, Croatia. 2011:428. DOI: <https://doi.org/10.5772/895>
3. Zhuchenko A. A. Adaptive plant breeding system (ecological and genetic bases). Moscow: izd-vo RUDN «Agrorus», 2001. Vol. II. 708 p.
4. Egorov E. A., Shadrina Zh. A., Kochyan G. A. Economic conditions for stable development of industrial fruit growing and viticulture. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2011;(12):150-159. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17042293>
5. Alekhina E. M. Breeding evaluation of sweet cherry variety's forms on complex of economically valuable signs. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2019;(57(3)):18-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-18-28>
6. Serradilla M. J., Martín A., Ruiz-Moyano S., Hernández A., López-Corrales M., Córdoba M. G. Physico-chemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). Food Chemistry. 2012;133(4):1551-1559. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.02.048>
7. Alekhina E. M. Formation of perspective industrial assortment of cherry for southern horticultural zone. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2017;(4):15-21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2017.4.6839>
8. Eremina O. V. The study of the cherry gene pool and its practical use. Storage and use of genetic resources of horticultural and vegetable crops: International Scientific and Practical Conference. Krymsk: ООО «Prosveshchenie-Yug», 2015. pp. 34-36.
9. Granqer A. R. Gene flow in cherry orchards. Theor. and Appl. Genet. 2004;108(3):497-500. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1426-6>
10. Kelebek H., Selli S. Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. International Journal of Food Science and Technology. 2011;46(12):2530-2537. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2011.02777.X>

11. Kasumova F-Kh. G. Genetic resources of stone fruit crops for create of new varieties in the south of Russia. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2012;(15(3)):43-50. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17719361>
12. Alibekov T. B. Mobilization and using of fruit's genetic resources of dagestan for the solution of the major tasks of Republic Dardening. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2014;(27(3)):30-41. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21480018>
13. Ashurbekova F. A., Guseynova B. M., Daudova T. I. Chemical composition of the grapes cultivated in the dagestan wine growing regions differing in soil types and climatic conditions. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2020;34(3):17-21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10303>
14. Guseynova B. M., Daudova T. I. Biochemical content of ebony fruits, growing in Dagestan, and its changes during cold keeping. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2011;46(5):107-112. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/5-2011guseynova.html>
15. Prichko T. G., Alekhina E. M. Optimization of varietal composition of cherries by quality indicators of fruits in the south of Russia. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2019;(1):15-18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-1-15-18>
16. Bykova T. O., Aleksashina S. A., Demidova A. V., Makarova N. V., Demenina L. G. Comparative analysis of the chemical compound of the fruits cherry and sweet cherry of different varieties grown in the Samara region. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* = Food Technology. 2017;(1):32-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28843470>
17. Zaremuk R. Sh., Alekhina E. M., Bogatyreva S. V., Dolya Yu. A. The results of breeding of stone fruit crops in the conditions of the south of Russia. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2017;(3):10-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29160061>
18. Alekhina E. M. The role of varieties of cherries selection СКЗНИИСИБ, in the modern assortment the North Caucasus. Modern varieties and technologies for intensive gardens: International Scientific and Practical conference dedicated to the 275th anniversary of Andrey T. Bolotov. Orel: *izd-vo VNIISP*, 2013. pp. 13-15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24501170>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Гусейнова Батуч Мухтаровна**, доктор с.-х. наук, доцент, главный научный сотрудник, зав. отделом плодовоовощеводства и переработки, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», ул. Абдуразака Шахбанова, д. 30, мкр. Научный городок, г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация, 367014, e-mail: [info@fancrd.ru](mailto:info@fancrd.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3104-5100>, e-mail: [batuch@yandex.ru](mailto:batuch@yandex.ru)

**Абдулгамидов Магомед Дадагаджиевич**, старший научный сотрудник отдела селекции и сортоизучения плодовых культур, Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», ул. Ломоносова, д. 105, г. Буйнакск, Республика Дагестан, Российская Федерация, 368220, e-mail: [plody31@mail.ru](mailto:plody31@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4168-474X>

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

✉ **Batuch M. Guseynova**, DSc in Agricultural Science, associate professor, chief researcher, Head of the Department of Fruit and Vegetable Production and Processing, Dagestan Agriculture Science Center, st. Abdurazak Shakhbanov, 30, Nauchny Gorodok, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation, 367014, e-mail: [info@fancrd.ru](mailto:info@fancrd.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3104-5100>, e-mail: [batuch@yandex.ru](mailto:batuch@yandex.ru)

**Magomed D. Abdulgamidov**, senior researcher, the Department of Breeding and Variety Study of Fruit Crops, Dagestan Breeding Experimental Station of Fruit Crops – branch of the Dagestan Agriculture Science Center, st. Lomonosov, 105, Bujnask, Republic of Dagestan, Russian Federation, 368220, e-mail: [plody31@mail.ru](mailto:plody31@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4168-474X>

✉ – Для контактов / Corresponding author

## ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / PLANT PROTECTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.697-705>

УДК 632.752.2

**Результаты мониторинга крылатых тлей (Hemiptera: Aphididae) на посадках картофеля в условиях Северного региона России**© 2022. А. А. Шаманин<sup>1</sup>✉, М. Н. Берим<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Российская Федерация<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», г. Пушкин, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследования проводили в условиях северной части Архангельской области в период 2017-2021 гг. Цель – в ходе проведения ежегодного мониторинга лёта крылатых тлей на посадках картофеля определить их численность и видовой состав, установить закономерности миграции насекомых. Для отлова крылатых особей использовали жёлтые водные ловушки, установленные по периметру поля в начале фазы всходов картофеля. Последнюю выемку отлова осуществляли после десикации ботвы картофеля. В результате мониторинга идентифицировано 22 вида крылатых тлей. Из общего количества прямые и потенциальные переносчики вирусов представлены 6 видами – *Acyrtosiphum pisum* Harr., *Aphis fabae* Scop., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Huperomyzus laticusae* L., *Rhopalosiphum padi* L., их доля в структуре численности составила от 69,8 до 91,7 %. Из группы тлей-переносчиков вирусов ежегодно встречались в ловушках на посадках картофеля 5 видов: *A. corni* F., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *R. padi* L. Общая численность крылатых форм тлей колебалась от 61 особи в 2020 году до 107 особей в 2018 году, в 2021 году отмечалась вспышка массового размножения *R. padi* L. и *A. fabae* Scop., что увеличило общую численность отловленных насекомых до 1778 особей. В период с 2017 по 2020 год степень распространённости переносчиков вирусов соответствовала низкому значению (16-27 особей на 1 водную ловушку), в 2021 году на фоне вспышки массового размножения степень распространённости переносчиков вирусов возросла до среднего значения (445 крылатых особей на 1 водную ловушку за вегетационный период). Накопление большого миграционного потенциала тлей происходит при благоприятных погодных условиях зимнего и весеннего периодов, а также при возможности долгое время питаться на первичном кормовом растении. При непригодности кормового растения для питания тли мигрируют в поисках пищи, в результате чего снижается их численность.

**Ключевые слова:** вирусные заболевания картофеля, переносчики вирусов, мониторинг лёта, ловушка Мёрике, численность крылатых тлей

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

**Для цитирования:** Шаманин А. А., Берим Н. М. Результаты мониторинга крылатых тлей (Hemiptera: Aphididae) на посадках картофеля в условиях Северного региона России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):697-705. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.697-705>

Поступила: 09.06.2022

Принята к публикации: 20.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

**Results of monitoring winged aphids (Hemiptera: Aphididae) on potato plantations in the conditions of the Northern region of Russia**© 2022. Aleksey A. Shamanin<sup>1</sup>✉, Marina N. Berim<sup>2</sup><sup>1</sup>N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russian Federation<sup>2</sup>All-Russian Research Institute for Plant Protection, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation

The studies were carried out in the conditions of the northern part of the Arkhangelsk region in the period 2017-2021. The purpose of the research is to determine the abundance and species composition during the annual monitoring of the flight of winged aphids on potato plantations, to establish patterns of insect migration. To catch winged individuals, yellow water traps were used, installed along the perimeter of the field at the beginning of the potato germination phase. The last extraction of the catch was carried out after the desiccation of the potato tops. As a result of the monitoring, 22 species of

winged aphids were identified. Of the total number, direct and potential vectors of viruses are represented by 6 species – *Acyrtosiphum pisum* Harr., *Aphis fabae* Scop., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Hyperomyzus lactucae* L., *Rhopalosiphum padi* L., their share in the abundance structure ranged from 69.8 to 91.7 %. From the group of aphids-carriers of viruses, 5 species annually migrate to plantings: *A. corni* F., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *R. padi* L. The total number of winged aphids ranged from 61 individuals in 2020 to 107 individuals in 2018, and in 2021 there was an outbreak of mass reproduction *R. padi* L. u *A. fabae* Scop., which increased the total number of captured winged aphids to 1778 individuals. In the period from 2017 to 2020, the prevalence of virus vectors corresponded to a low value (16-27 individuals per 1 water trap), in 2021, against the background of an outbreak of mass reproduction, the prevalence of virus vectors increased to an average value (445 winged individuals per 1 water trap during the growing season). The accumulation of a large migratory potential of aphids occurs under favorable weather conditions in the winter and spring periods, and also, if possible, feed on the primary food plant for a long time. If the host plant is unsuitable for feeding, aphids migrate in search of food, as a result of which their number decreases.

**Keywords:** potato virus diseases, virus carriers, flight monitoring, Merike trap, number of winged aphids

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the World-class Scientific and Educational Center "Russian Arctic: New Materials, Technologies and Research Methods".

The authors thank the referees for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflicts of interest.

**For citations:** Shamanin A. A., Berim M. N. Results of monitoring winged aphids (HEMIPTERA: APHIDIDAE) on potato plantations in the conditions of the Northern region of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):697-705. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.697-705>

Received: 09.06.2022

Accepted for publication: 20.09.2022 Published online: 26.10.2022

На урожай картофеля и его качество оказывают негативное влияние различные штаммы вирусных заболеваний, которые вызывают функциональные расстройства у растений и меняют ход обмена веществ. Основными переносчиками вирусной инфекции на картофеле являются сосущие насекомые и, в первую очередь, тли. В группу переносимых тлями вирусов входят различные штаммы Y-вируса, A-вирус, M-вирус, S-вирус, X-вирус и вирус скручивания листьев картофеля<sup>1</sup> [1, 2].

На территории России встречается более 300 видов тлей, однако участвующих в распространении вирусов картофеля из них насчитывается около двух десятков. Наиболее эффективными переносчиками вирусов считаются *Aphis fabae* Scop., *Aphis frangulae* Kalt., *Aphis gossypii* Glov., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Myzus persicae* Sulz., питающиеся на картофеле. Помимо указанных видов, вирусы за счёт пробных уколов в ходе поисковой деятельности переносят *Acyrtosiphon pisum* Harr., *Brachycaudus helichrysi* Kalt., *Myzus cerasi* F., *Phorodon humuli* Schrk., *Rhopalosiphum padi* L. [3, 4, 5, 6].

Миграционная активность тлей и их численность зависят от целого комплекса факторов, в первую очередь от условий внешней среды – температуры и влажности воздуха, количества осадков и характера их выпадения,

силы и направления ветра. Благодаря своей большой плодовитости тли при благоприятных условиях среды обитания способны быстро наращивать численность [3, 7]. Территориально, в границах Центральной части России, численность тлей уменьшается с юга на север и с юга на восток. Так, если в условиях Брянской области численность крылатых тлей за вегетационный период картофеля колеблется в пределах 800-1300 и более особей на 1 ловушку, то в условиях Московской области, Предкамской зоны Республики Татарстан и Казахстана этот показатель находится в пределах 100-600 штук [8, 9, 10, 11]. В Северо-Западном регионе России численность крылатых особей составляет 100-200 особей на 1 водную ловушку [12]. Важно отметить, что наиболее эффективный переносчик вирусов *Myzus persicae* Sulz. присутствует на посадках картофеля во всех указанных регионах и в структуре численности может занимать до 50 % от общего количества тлей-переносчиков.

В условиях Северного региона Российской Федерации, конкретно в Архангельской области, миграционная активность тлей на посадках картофеля изучена очень слабо. Мониторинг тлей на юге Архангельской области, в условиях подзоны средней тайги, позволил выявить, что афидофауна посадок картофеля представлена, как минимум, 16 видами. Идентифицированными

<sup>1</sup>Технологический процесс производства оригинального, элитного и репродукционного семенного картофеля. Практическое руководство. Под общ. ред. А. М. Малько, Б. В. Анисимова. М.: ФГБУ «Россельхозцентр», ФГБНУ ВНИИКСХ, 2017. 64 с.

прямыми и потенциальными переносчиками вирусов картофеля являются 8 видов, численность которых составляет 91-150 особей за весь период вегетации картофеля (от 2 до 4 шт. на 1 водную ловушку) [13].

**Цель исследований** – в ходе проведения ежегодного мониторинга лёта крылатых тлей на посадках картофеля уточнить их видовой состав в зоне исследований, провести оценку численности тлей в её многолетней динамике и установить закономерности миграции насекомых с учетом погодных условий и наличия кормовой базы.

**Научная новизна.** В литературе имеются лишь сведения, указывающие на слабую активность тлей в условиях Северного региона России. Данные исследования направлены на получение актуальной информации о видовом составе крылатых тлей, их численности и миграционной активности.

**Материал и методы.** Исследования проведены в 2017-2021 гг. в северной части Архангельской области (Холмогорский район). Объект изучения – крылатые тли на посадках картофеля. Мониторинг лёта насекомых осуществляли путём отлова крылатых особей желтыми водными ловушками [14, 15, 16]. Ловушки, в количестве 4 штук, расставляли по периметру посадок картофеля на расстоянии 5 метров от края поля (площадь поля менялась от 0,6 до 1,2 га в различные годы), дата установки (18 июня) приурочена к началу всходов

картофеля. Прилегающая территория представлена посевами однолетних кормовых культур на силос ( викоовсяные и горохоовсяные смеси), посадками картофеля, единичными деревьями и кустарниками. Удалённость от личных подсобных хозяйств составляла менее 250 метров. Изъятие насекомых из ловушек проводили 1 раз в неделю, последнее – после десикации ботвы картофеля (27 августа). Видовой состав определяли на фиксированном материале в лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» [17, 18].

Годы проведения исследований различались по метеорологическим показателям (табл. 1). В сравнении с многолетними наблюдениями все эти годы были несколько теплее, в особенности 2018, 2020 и 2021 годы. Необходимо выделить несколько особенностей погодных условий. Самым холодным и избыточно-увлажненным (ГТК = 2,7) выдался 2017 год. В мае 2020 года количество выпавших осадков превысило норму на 176 % (+72,3 мм) с образованием на 13 число снежного покрова высотой 6 см. В 2021 году в последний день июня выпало 106 мм осадков (40 % от общего количества за период вегетации). Тем не менее на фоне высоких температур воздуха мая и июня складывались засушливые условия в период вегетации картофеля.

**Таблица 1 – Метеорологические условия в регионе проведения исследований (по данным ФГБУ «Северное УГМС» М-2 Холмогоры) /**

**Table 1 – Meteorological conditions in the region of research (according to FSBI «Northern DHEM» M-2 Kholmogory)**

| Показатель / Index                                                         | Среднемноголетнее значение / Average perennial | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C | 10,9                                           | 11,1    | 13,5    | 11,4    | 12,4    | 13,1    |
| Май / May                                                                  | 5,9                                            | 3,2     | 9,7     | 9,0     | 6,9     | 10,1    |
| Июнь / June                                                                | 12,3                                           | 10,4    | 12,3    | 13,6    | 14,1    | 17,3    |
| Июль / July                                                                | 15,8                                           | 18,1    | 19,5    | 13,9    | 17,3    | 17,3    |
| Август / August                                                            | 13,2                                           | 15,8    | 15,5    | 11,6    | 13,2    | 14,4    |
| Сентябрь / September                                                       | 7,5                                            | 8,1     | 10,7    | 9,0     | 10,3    | 6,6     |
| Сумма осадков, мм / The amount of precipitation, mm                        | 294,0                                          | 443,3   | 317,7   | 370,7   | 408,3   | 270,0   |
| Май / May                                                                  | 41,0                                           | 14,3    | 13,7    | 32,5    | 113,3   | 37,7    |
| Июнь / June                                                                | 59,0                                           | 75,8    | 81,4    | 55,9    | 32,0    | 143,8   |
| Июль / July                                                                | 60,0                                           | 187,5   | 32,0    | 86,0    | 94,8    | 19,0    |
| Август / August                                                            | 73,0                                           | 99,5    | 124,2   | 96,7    | 92,7    | 48,9    |
| Сентябрь / September                                                       | 58,0                                           | 66,2    | 66,4    | 99,6    | 75,5    | 20,8    |
| ГТК (по Г. Т. Селянину) / НТС (according to G. T. Selyaninov)              | -                                              | 2,7     | 1,5     | 1,8     | 1,8     | 1,4     |

**Результаты и их обсуждение.** На протяжении пяти лет проведенных исследований на посадках картофеля отловлено и идентифицировано 22 вида крылатых тлей (табл. 2). Из них пять видов (*A. corni* F., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *R. padi* L., *S. avenae* F.), составляющие в структуре общей численности от 79,5 до 98,8 %, присутствовали на посадках картофеля ежегодно, вид *H. lactucae* L. (0,1-13,1 % от общего количества) отлавливался на протяжении четырёх лет. Одиннадцать видов (1,6-3,3 % в структуре общей численности) обнаружены на посадках картофеля только в один год, при этом десять из них отмечены в 2021 году. Остальные четыре вида встречались по два и три года из пяти лет отлова.

При рассмотрении миграционной активности крылатых тлей в первую очередь внимание отдаётся видам, способным переносить вирусы картофеля и, соответственно, распространять их на вегетирующие растения. В ловушках на посадках картофеля таких тлей идентифицировано шесть видов, составляющих в структуре численности от 69,8 % в 2019 году до 91,7 % в 2021 году. В эту группу вошли *A. pisum* Harr., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *H. lactucae* L., *R. padi* L.

Самым малочисленным из вышеперечисленных видов тлей являлся *A. pisum* Harr. (гороховая тля). Данный вид отлавливали только

в 2020 и 2021 годах с общим количеством в три особи (менее 0,1 % в структуре численности).

По нарастающей численности далее из идентифицированных тлей-переносчиков вирусов идет *H. lactucae* L. (салатная тля). Данный вид присутствовал в ловушках в 2018-2021 гг. Пик численности отмечен во второй половине июня в 2018 году. В дальнейшем присутствие крылатых особей *H. lactucae* L. снижалось до единичных экземпляров.

Следующим, отловленным и идентифицированным на посадках картофеля видом, переносящим вирусы, является *A. solani* Kalt. (обыкновенная картофельная тля). Рассматриваемый вид отмечался в ловушках на посадках картофеля ежегодно. Обобщённые данные за периоды отлова указывают на то, что обыкновенная картофельная тля может присутствовать в ловушках на протяжении всего периода вегетации растений – от всходов до десикации ботвы (табл. 3). Однако в отдельные годы лёт тлей происходил в различные периоды вегетации картофеля. Так, в 2017 году тли отлавливались ловушками со второй половины июля до конца наблюдений, выделялся чёткий пик лёта в период с 6 по 12 августа с численностью 14 особей. В 2018 году лёт картофельной тли пришёлся на конец июня-начало июля, в 2019 и 2020 годах тли попадали в ловушки со второй декады июля по первую декаду августа, а в 2021 году отловлено лишь три особи в третьей декаде августа.

Таблица 3 – Численность крылатых тлей вида *Aulacorthum solani* Kalt. в водных ловушках в период вегетации картофеля (северная часть Архангельской области), особь /

Table 3 – The number of winged aphids of the species *Aulacorthum solani* Kalt. in water traps during the growing season of potatoes (northern part of the Arkhangelsk region), individual

| Год /<br>Year | 18.06-<br>24.06 | 25.06-<br>01.07 | 02.07-<br>08.07 | 09.07-<br>15.07 | 16.07-<br>22.07 | 23.07-<br>29.07 | 30.07-<br>05.08 | 06.08-<br>12.08 | 13.08-<br>19.08 | 20.08-<br>27.08 | Всего /<br>Total |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2017          | 0               | 0               | 2               | 0               | 4               | 2               | 5               | 14              | 5               | 2               | 34               |
| 2018          | 1               | 6               | 6               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 13               |
| 2019          | 0               | 0               | 0               | 2               | 2               | 1               | 1               | 0               | 0               | 0               | 6                |
| 2020          | 0               | 0               | 0               | 1               | 1               | 3               | 0               | 0               | 0               | 0               | 5                |
| 2021          | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 3               | 3                |

Вид тлей – *A. nasturtii* Kalt. (крушинная тля) – является переносчиком вирусных заболеваний картофеля. Обобщение результатов уловов указывает на то, что насекомые могут присутствовать на посадках на протяжении всего периода вегетации картофеля (табл. 4). Тем не менее лёт различался по годам. В 2017 году крылатые особи начали попадать в ловушки с первой декады июля и присутствовали на посадках картофеля до конца наблюдений, явно выделяются два пика лёта: в первой декаде августа (9 насекомых) и в третьей декаде того

же месяца (13 особей). В 2018 году вид тлей *A. nasturtii* Kalt. попадал в ловушки только во второй половине июня, а в 2019-2020 годах отмечались единичные особи в период с конца июня до конца июля. Лёт тлей в 2021 году охарактеризовался двумя явными пиками: во второй декаде июля с численностью 10 особей и в третьей декаде августа – 16 особей. В остальные периоды наблюдения в данном году отлавливались единичные особи в начале июля, в третьей декаде июля и первой половине августа.

Таблица 2 – Видовой состав и численность крылатых тлей, отловленных водными ловушками в северной части Архангельской области /  
Table 2 – Species composition and abundance of winged aphids caught by water traps in the northern part of the Arkhangelsk region

| Вид / Species                            | 2017 г.    |      | 2018 г.    |      | 2019 г.    |      | 2020 г.    |      | 2021 г.    |      | Всего / Total |      |
|------------------------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|---------------|------|
|                                          | um. / ind. | %    | um. / ind. | %    | um. / ind. | %    | um. / ind. | %    | um. / ind. | %    | um. / ind.    | %    |
| <i>Acyrtosiphum pisum</i> Harr.          | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 2          | 3,3  | 1          | 0,1  | 3             | 0,1  |
| <i>Anoea corni</i> F.                    | 1          | 1,2  | 11         | 10,3 | 5          | 7,9  | 5          | 8,2  | 1          | 0,1  | 23            | 1,1  |
| <i>Aphis fabae</i> Scop.                 | 7          | 8,2  | 19         | 17,8 | 16         | 25,4 | 16         | 26,2 | 1392       | 78,3 | 1450          | 69,2 |
| <i>Aphis nasturtii</i> Kalt.             | 33         | 38,8 | 8          | 7,5  | 2          | 3,2  | 3          | 4,9  | 31         | 1,7  | 77            | 3,7  |
| <i>Aphis pomi</i> De Geer                | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 0,1  | 1             | 0,0  |
| <i>Aulacorthum solani</i> Kalt.          | 34         | 40,0 | 13         | 12,1 | 6          | 9,5  | 5          | 8,2  | 3          | 0,2  | 61            | 2,9  |
| <i>Brachycaudus cardui</i> L.            | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 26         | 1,5  | 26            | 1,2  |
| <i>Chaitophorus</i> spp.                 | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 0,1  | 1             | 0,0  |
| <i>Cinara costata</i> L.                 | 1          | 1,2  | 2          | 1,9  | 1          | 1,6  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 4             | 0,2  |
| <i>Hyperomyzus lactucae</i> L.           | 0          | 0,0  | 14         | 13,1 | 1          | 1,6  | 2          | 3,3  | 2          | 0,1  | 19            | 0,9  |
| <i>Lachnus</i> spp.                      | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 0,1  | 1             | 0,0  |
| <i>Macrosiphoniella absinthii</i> L.     | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 2          | 0,1  | 2             | 0,1  |
| <i>Macrosiphum rosae</i> L.              | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 2          | 3,3  | 5          | 0,3  | 7             | 0,3  |
| <i>Megoura viciae</i> Buck.              | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 5          | 0,3  | 5             | 0,2  |
| <i>Myzaphis rosarum</i> Kalt.            | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 13         | 0,7  | 13            | 0,6  |
| <i>Pemphigus</i> spp.                    | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 0,1  | 1             | 0,0  |
| <i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> Goot. | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 1,6  | 0          | 0,0  | 1             | 0,0  |
| <i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk.      | 0          | 0,0  | 6          | 5,6  | 4          | 6,3  | 0          | 0,0  | 58         | 3,3  | 68            | 3,2  |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> L.             | 2          | 2,4  | 25         | 23,4 | 19         | 30,2 | 21         | 34,4 | 202        | 11,4 | 269           | 12,8 |
| <i>Sipha</i> spp.                        | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 1          | 0,1  | 1             | 0,0  |
| <i>Sitobion avenae</i> F.                | 7          | 8,2  | 9          | 8,4  | 9          | 14,3 | 4          | 6,6  | 29         | 1,6  | 58            | 2,8  |
| <i>Tuberculatus</i> spp.                 | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 0          | 0,0  | 3          | 0,2  | 3             | 0,1  |
| Всего / Total                            | 85         | 100  | 107        | 100  | 63         | 100  | 61         | 100  | 1778       | 100  | 2094          | 100  |

Таблица 4 – Численность крылатых тлей вида *Aphis nasturtii* Kalt. в водных ловушках в период вегетации картофеля (северная часть Архангельской области), особь /

Table 4 – The number of winged aphids of the species *Aphis nasturtii* Kalt. in water traps during the growing season of potatoes (northern part of the Arkhangelsk region), individual

| Год /<br>Year | 18.06-<br>24.06 | 25.06-<br>01.07 | 02.07-<br>08.07 | 09.07-<br>15.07 | 16.07-<br>22.07 | 23.07-<br>29.07 | 30.07-<br>05.08 | 06.08-<br>12.08 | 13.08-<br>19.08 | 20.08-<br>27.08 | Всего /<br>Total |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2017          | 0               | 0               | 1               | 4               | 2               | 0               | 9               | 2               | 2               | 13              | 33               |
| 2018          | 5               | 3               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 8                |
| 2019          | 0               | 0               | 0               | 1               | 0               | 1               | 0               | 0               | 0               | 0               | 2                |
| 2020          | 0               | 1               | 0               | 0               | 2               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 3                |
| 2021          | 0               | 0               | 2               | 0               | 10              | 1               | 0               | 2               | 0               | 16              | 31               |

Отлов крылатых особей *R. padi* L. (черёмухово-злаковой тли) ловушками на посадках картофеля отличался по годам (табл. 5). В 2017 году было отловлено всего две особи во второй декаде августа. В 2018 и 2019 годах насекомые присутствовали в ловушках в третьей декаде июня, затем их лёт прекращался и возобновлялся в первой декаде августа. Мониторинг лёта тлей в 2020 году показал, что черёмухово-злаковая тля начала миграцию на своего первичного хозяина – черемуху –

в первой декаде августа и на протяжении всего месяца присутствовала в ловушках на посадках картофеля. Особенным выдался лёт крылатых особей *R. padi* L. в 2021 году. Тли присутствовали в ловушках на посадках почти весь период вегетации картофеля. В первую половину вегетации отмечались в количестве 3-5 особей. Во второй половине вегетации началось волнообразное наращивание численности насекомых с 13 особей во второй декаде июля до 134 особей в третьей декаде августа.

Таблица 5 – Численность крылатых тлей вида *Rhopalosiphum padi* L. в водных ловушках в период вегетации картофеля (северная часть Архангельской области), особь /

Table 5 – The number of winged aphids of the species *Rhopalosiphum padi* L. in water traps during the growing season of potatoes (northern part of the Arkhangelsk region), individuals

| Год /<br>Year | 18.06-<br>24.06 | 25.06-<br>01.07 | 02.07-<br>08.07 | 09.07-<br>15.07 | 16.07-<br>22.07 | 23.07-<br>29.07 | 30.07-<br>05.08 | 06.08-<br>12.08 | 13.08-<br>19.08 | 20.08-<br>27.08 | Всего /<br>Total |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2017          | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 2               | 0               | 0               | 2                |
| 2018          | 9               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 3               | 6               | 7               | 25               |
| 2019          | 5               | 1               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 5               | 5               | 3               | 19               |
| 2020          | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 5               | 9               | 3               | 4               | 21               |
| 2021          | 3               | 4               | 0               | 5               | 0               | 13              | 8               | 31              | 4               | 134             | 202              |

Вид тли *A. fabae* Scop. (свекловичная, она же бобовая тля) присутствовал на посадках картофеля ежегодно (табл. 6). В 2017 году его отлавливали лишь в июле, в 2018 году – во второй половине июня, в первой декаде июля и первой декаде августа. Лёт насекомых данного вида в 2020 году отмечался с начала наблюдений до конца июля, при дальнейшей вегетации тли не отлавливались. Как и в случае с *R. padi* L., лёт бобовой тли в 2021 году имел значимые особенности, связанные с резким увеличением численности. В данном году крылатых особей отлавливали на протяжении всего периода наблюдений. При этом чётко выделились два пика лёта. Первый пик (575 особей) пришёлся на вторую декаду июля, наблюдалось постепенное наращивание чис-

ленности до пика с 8 особей и снижение численности после пика до 7 особей. Второй пик пришёлся на третью декаду августа, скачок был резкий – с 7 до 536 особей.

Резкий подъём численности в 2021 году видов *R. padi* L. и *A. fabae* Scop. связан, в первую очередь, с высокими температурами воздуха в мае и июне, за счет чего скопился высокий миграционный потенциал. Кроме того, на Северо-Западе России отмечена низкая численность основного естественного врага тлей *Coccinella septemlineata* L. [19]. Миграция черёмухово-злаковой тли на вторичного хозяина – зерновые культуры – в регионе наблюдается, обычно, в первой половине июня. В этот период количество тлей было значительным. В дальнейшем ливневые дожди снизили численность

насекомого (осадков за этот период выпало в 2,5 раза больше среднесезонного значения). Жаркий и засушливый июль не способствовал ее нарастанию. Только в конце июля численность тли начинает постепенно нарастать. Погодные условия августа были близки к норме, что благоприятно воздействовало на жизнедеятельность вида. В конце августа отмечается пик численности фитофага. В этот

период имеет место повышенная миграционная активность вредителя за счет его перелета на первичного хозяина. Численность бобовой тли *A. fabae* Scop. сохранялась на высоком уровне весь июль, а также конец августа (период миграционной активности насекомого). Статистически явных зависимостей лёта тлей от температуры воздуха и осадков за пятилетний период наблюдений установлено не было.

Таблица 6 – Численность крылатых тлей вида *Aphis fabae* Scop. в водных ловушках в период вегетации картофеля (северная часть Архангельской области), особь /

Table 6 – The number of winged aphids of the species *Aphis fabae* Scop. in water traps during the growing season of potatoes (northern part of the Arkhangelsk region), individuals

| Год /<br>Year | 18.06-<br>24.06 | 25.06-<br>01.07 | 02.07-<br>08.07 | 09.07-<br>15.07 | 16.07-<br>22.07 | 23.07-<br>29.07 | 30.07-<br>05.08 | 06.08-<br>12.08 | 13.08-<br>19.08 | 20.08-<br>27.08 | Всего /<br>Total |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2017          | 0               | 0               | 1               | 0               | 4               | 2               | 0               | 0               | 0               | 0               | 7                |
| 2018          | 4               | 8               | 3               | 0               | 0               | 0               | 4               | 0               | 0               | 0               | 19               |
| 2019          | 0               | 1               | 4               | 2               | 2               | 4               | 0               | 1               | 2               | 0               | 16               |
| 2020          | 4               | 4               | 2               | 3               | 4               | 2               | 0               | 0               | 0               | 0               | 16               |
| 2021          | 0               | 4               | 63              | 575             | 117             | 56              | 27              | 9               | 5               | 536             | 1392             |

Важным фактором, влияющим на численность тлей, является кормовая база. Наибольшее количество особей (1241 – *A. fabae* Scop. и 128 – *R. padi* L.) отловлены ловушкой под номером 3, которая была установлена на юго-восточной стороне посадок картофеля. Данный участок поля граничил с посевами смеси однолетних кормовых культур на силос (рапс яровой + вика яровая + овёс яровой), где создавались благоприятные условия для развития и размножения насекомых. Смесь посеяна 25 мая, укос на силос проведён 14 июля. На момент укоса овёс яровой (основа смеси) находился в фазе «колошение», вика яровая – «бутонизация-начало цветения», рапс яровой – «цветение». Высокая численность обоих видов тлей приходилась на третью декаду августа, когда отмечалось максимальное развитие отавы однолетних культур.

Мониторинг численности тли показывает степень распространённости насекомых – переносчиков вирусов, что в свою очередь характеризует условия региона для возделывания картофеля и обосновывает необходимость применения защитных мероприятий. В период с 2017 по 2020 год численность крылатых форм тлей, отлавливаемых на одну ловушку за вегетационный период, составила от 16 до 27 особей, что соответствует низкой степени распространённости переносчиков<sup>2</sup> [3].

В 2021 году, на фоне вспышки численности *R. padi* L. и *A. fabae* Scop., степень распространённости переносчиков вирусов отмечена средняя – отловлено на 1 водную ловушку 445 крылатых особей.

**Заключение.** В условиях Северного региона России в ловушках на посадках картофеля в период вегетации его надземной массы отловлено 22 вида крылатых форм тлей. Ежегодно присутствующие тли представлены 5 видами: *A. corni* F., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *R. padi* L., *S. avenae* F. Потенциальных переносчиков вирусов идентифицировано 6 видов – *A. pisum* Harr., *A. fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *A. solani* Kalt., *H. lactucae* L., *R. padi* L., в структуре численности которые составили от 69,8 до 91,7 %.

Общая численность крылатых форм тлей колебалась от 61 особи в 2020 году до 1778 особей в 2021. При этом в последний год исследований произошла вспышка численности *R. padi* L. и *A. fabae* Scop., благодаря чему степень распространённости переносчиков вирусов в данный год оказалась средняя (445 крылатых особей на 1 водную ловушку за вегетационный период). В предшествующие периоды наблюдений степень распространённости переносчиков вирусов соответствовала низкому значению (16-27 особей на 1 водную ловушку).

<sup>2</sup>Биологические (экономические) пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. Прилуки: БелНИИЗР, 2018. 28 с.

Полученные нами данные показали влияние погодных условий на численность и миграционную активность тлей. Благоприятные условия в зимне-весенний период способствовали созданию значительного миграционного потенциала насекомых. Начало миграции на основные растения-хозяева начинается в июне. Июнь 2021 года отличался повышенными температурами воздуха, по сравнению с многолетними показателями, одновременно со значительным количеством выпавших осадков, что создало хорошие условия для дальнейшего развития популяций фитофагов. Этим можно объяснить высокую численность тлей именно в том году. Благодаря погодным условиям июня также создалась благоприятная для вредителей кормовая база. Наибольшее количество крылатых особей в ловушках наблюдается в августе, что связано, с одной стороны, с необходимостью насе-

комых искать хозяев для откладки яиц на зимовку, с другой – с увеличением численности тлей (преимущественно бобовой и черемухово-злаковой) на молодой отаве злаковых и бобовых трав.

Тли-переносчики вирусов картофеля присутствуют на посадках на протяжении всего периода вегетации, что совместно с показателем их распространённости указывает на необходимость проведения агротехнических мероприятий: использование чистого от вирусов семенного материала; соблюдение пространственной изоляции; организация севооборота; применение средств защиты растений от вредителей; проведение десикации ботвы. Систематический ежегодный мониторинг позволяет спрогнозировать лёт тлей и выявить интенсивность и сроки проводимых профилактических и истребительных мероприятий на посадках картофеля.

#### *Список литературы*

1. Анисимов Б. В. Фитосанитарные зоны и их роль в безвирусном семеноводстве картофеля. Защита и карантин растений. 2014;(11):14-19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22400430>
2. Ерохова М. Д. Мониторинг тлей-переносчиков вирусов: международный и Российский опыт. Защита картофеля. 2016;(2):24-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27808697>
3. Зыкин А. Г. Вирусные болезни картофеля. Л.: «Колос», 1976. 152 с.
4. Берим М. Н. Тли на картофеле. Защита картофеля. 2015;(2):13-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26192234>
5. Радченко Е. Е. Устойчивость картофеля к тлям. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(1):74-82. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.225>
6. Sukhoruchenko G. I., Ivanova G. P., Volgarev S. A., Berim M. N. Species composition of aphids (HEMIPTERA, APHIDIDAE) on seed potato planting in Northwest Russia. Entomological review. 2019;99(8):1113-1124. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0013873819080050>
7. Повава А. А. Типы приспособлений тлей к питанию на кормовых растениях. Л.: «Наука», 1967. 291 с.
8. Ториков В. Е., Величко П. А. Динамика распространения крылатых тлей на посадках картофеля. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020;(1(77)):21-26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42349501>
9. Зейрук В. Н., Белякова Н. А., Белов Г. Л., Васильева М. К., Деревягина М. К., Митина Г. В. Биологическая защита меристемного семенного картофеля от вредителей – переносчиков вирусов в закрытом грунте. Защита картофеля. 2017;(4):3-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32529788>
10. Сабирова Р. М., Сафиуллина Г. Ф., Ахмадеева З. А., Паутова Г. Г. Векторная активность крылатых тлей на посадках картофеля в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019;14(S4-1):96-101. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42315246>
11. Екатеринская Е. М., Тайков В. В., Карпова О. В. Особенности лёта тлей на посадках оздоровленного картофеля, выращиваемого в Костанайском НИИСХ. Защита картофеля. 2016;(1):3-5. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28140709>
12. Сезонов А. Н., Козлов Л. П., Якушина Т. А. Мониторинг лета тлей – важный этап защиты картофеля от вирусов. Картофель и овощи. 2003;(3):14.
13. Шаманин А. А., Корелина В. А., Берим М. Н., Попова Л. А. Результаты отлова крылатых особей тлей водными ловушками на посадках картофеля в условиях южной части Архангельской области. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021;16(3):215-225. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-3-215-225>
14. Махоткин А. Г., Гричанов И. Я., Овсянникова Е. И. Водные ловушки для учёта двукрылых насекомых. Защита и карантин растений. 2001;(8):36.
15. Moericke V. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, Myzodes persicae (Zulz). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. 1951;3:23-24.
16. Мутин В. А., Шеенко П. С., Чурилова В. С. Результаты уловов двукрылых (Insecta, Diptera) ловушками Мёрике с оценкой привлекательности их цвета. Человек и природа: грани гармонии и углы соприкосновения. 2012;(1):140-146. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19144425>
17. Шапошников Г. Х. Подотряд Aphidinea – тли. Определитель насекомых Европейской части СССР. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 1. С. 489-616.
18. Remaudiee G., Seco Fernandez M. V. Claves de pulgonesalados de la region Mediterranea. Universidad de Leon. 1990. Vol. 2. 205 p.
19. Берим М. Н. Вспышка массового размножения тлей на Северо-Западе России в 2021 году и анализ причин её возникновения. Сахарная свекла. 2021;(8):23-26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47574763>

*References*

1. Anisimov B. V. Phytosanitary zones and their role in virus-free seed potato production. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2014;(11):14-19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22400430>
2. Erokhova M. D. Monitoring of aphid vectors of viruses: international and Russian experience. *Zashchita kartofelya*. 2016;(2):24-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27808697>
3. Zykin A. G. Viral diseases of potatoes. Leningrad: «Kolos», 1976. 152 p.
4. Berim M. N. Aphids on potato. *Zashchita kartofelya*. 2015;(2):13-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26192234>
5. Radchenko E. E. Aphid resistance in potato. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017;21(1):74-82. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.225>
6. Sukhoruchenko G. I., Ivanova G. P., Volgarev S. A., Berim M. N. Species composition of aphids (HEMIPTERA, APHIDIDAE) on seed potato planting in Northwest Russia. *Entomological review*. 2019;99(8):1113-1124. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0013873819080050>
7. Povova A. A. Types of aphid adaptations to feeding on forage plants. Leningrad: «Nauka», 1967. 291 p.
8. Torikov V. E., Velichko P. A. Dynamics of aphids spread on potato plantings. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2020;(1(77)):21-26. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42349501>
9. Zeyruk V. N., Belyakova N. A., Belov G. L., Vasilyeva M. K., Derevyagina M. K., Mitina G. V. Biological protection of nuclear seed potato from pests – vectors of viruses in greenhouses. *Zashchita kartofelya*. 2017;(4):3-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32529788>
10. Sabirova R. M., Safiullina G. F., Akhmadeeva Z. A., Pautova G. G. Vector activity of winged aphids on potato landings in the conditions of kama zone of the Republic of Tatarstan. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2019;14(S4-1):96-101. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42315246>
11. Ekaterinskaya E. M., Taykov V. V., Karpova O. V. Peculiarities of volatile aphides flights at plantations of improved potato cultivated in Kostanay Agricultural Research Institute. *Zashchita kartofelya*. 2016;(1):3-5. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28140709>
12. Sezonov A. N., Kozlov L. P., Yakushina T. A. Monitoring the summer of aphids is an important step in protecting potatoes from viruses. *Kartofel' i ovoshchi* = Potato and Vegetables. 2003;(3):14. (In Russ.).
13. Shamanin A. A., Korelina V. A., Berim M. N., Popova L. A. The results of catching winged aphids with water traps on potato plantings in the southern part of the Arkhangelsk region. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2021;16(3):215-225. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-3-215-225>
14. Makhotkin A. G., Grichanov I. Ya., Ovsyannikova E. I. Water traps for accounting for diptera insects. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2001;(8):36. (In Russ.).
15. Moericke V. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, Myzodes persicae (Zulz). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 1951;3:23-24.
16. Mutin V. A., Sheenko P. S., Churilova V. S. Results of catches of diptera (Insecta, Diptera) by Merike traps with an assessment of the attractiveness of their color. *Chelovek i priroda: grani garmonii i ugly soprikosnoveniya*. 2012;(1):140-146. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19144425>
17. Shaposhnikov G. Kh. The Aphidinea suborder is aphids. The determinant of insects of the European part of the USSR. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. Vol. 1. pp. 489-616.
18. Remauidie G., Seco Fernandez M. V. Claves de pulgonesalados de la region Mediterranea. Universidad de Leon. 1990. Vol. 2. 205 p.
19. Berim M. N. An outbreak of mass reproduction of aphids in the North-West of Russia in 2021 and the analysis of its causes. *Sakharnaya svekla*. 2021;(8):23-26. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47574763>

*Сведения об авторах*

✉ **Шаманин Алексей Алексеевич**, научный сотрудник лаборатории растениеводства, ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, пос. Луговой, д. 10, Приморский р-н, Архангельская обл., Российская Федерация, 163032, e-mail: [dinauka@fciactic.ru](mailto:dinauka@fciactic.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8611-8637>, e-mail: [lexxik\\_l@mail.ru](mailto:lexxik_l@mail.ru)

**Берим Марина Николаевна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», ш. Подбельского, д. 3, г. Пушкин, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196608, e-mail: [info@vizr.spb.ru](mailto:info@vizr.spb.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6207-4505>

*Information about the authors*

✉ **Aleksey A. Shamanin**, researcher, the Laboratory of Crop Production, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 10, Lugovoy vil., Primorsky district, Arkhangelsk region, Russian Federation, 163032, e-mail: [dinauka@fciactic.ru](mailto:dinauka@fciactic.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8611-8637>, e-mail: [lexxik\\_l@mail.ru](mailto:lexxik_l@mail.ru)

**Marina N. Berim**, PhD in Biological Science, senior researcher, All-Russian Research Institute for Plant Protection, 3, sh. Podbelsky, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation. 196608, e-mail: [info@vizr.spb.ru](mailto:info@vizr.spb.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6207-4505>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области

© 2022. О. А. Жуикова ✉, Г. А. Баталова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Овсяная шведская муха (*Oscinella frit* L.) является опасным вредителем на посевах овса. Исследования по устойчивости к фитофагу проводили в 2016–2021 гг. Устойчивость 200 перспективных линий и сортов селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого оценивали в питомнике конкурсного испытания при естественных для развития вредителя условиях по шкале Всероссийского НИИ защиты растений, процент повреждения личинками стеблей определяли по признаку «усыхание центрального листа» в период «кущение-выход в трубку». Лучшие условия для развития вредителя складывались в 2016 г. ( $I_j = 3,0$ ) и 2021 г. ( $I_j = 2,7$ ) при максимальной поврежденности растений 34 % у пленчатых и 22 % у голозерных генотипов соответственно. Неблагоприятные для фитофага условия сложились в 2017 г. ( $I_j = -2,7$ ) и 2019 г. ( $I_j = -2,9$ ) – повреждение растений не превышало 3 %. В 2018 и 2020 годах при близком к нулю индексе условий среды ( $I_j = -0,41$  и  $0,10$  соответственно) поврежденность растений овса шведской мухой не превысила 5 %. В исследованиях установлена обратная корреляционная зависимость между повреждением овса шведской мухой и ГТК в период «посев-кущение» ( $r = -0,73$ ), общей ( $r = -0,30...-0,39$ ) и продуктивной кустистостью ( $r = -0,59...-0,77$ ), урожайностью зерна ( $r = -0,20...-0,61$ ). Установлена прямая корреляционная зависимость между повреждаемостью растений и пластичностью генотипов к повреждению ( $r = 0,88$ ). Выделены линии с минимальным повреждением стеблей: 233h12, 394h12, 251h14, 194h13, 63h11, 21h12o, 153h13, 157h13, 65h11, 72h11. Низкая пластичность отмечена у линий: 178h13, 4h14, 114h12, 4h12, их урожайность от величины повреждения шведской мухой существенно не изменялась. Наиболее стабильными по изученному признаку были линии 4h14, 178h13, 2h12o, 63h11, 4h12 и сорта Спассан, Фаленец.

**Ключевые слова:** *Oscinella frit* L., растения, повреждение, индекс условия среды, температура, осадки

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Жуикова О. А., Баталова Г. А. Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):706–713.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713>

Поступила: 20.06.2022

Принята к публикации: 05.10.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region

© 2022. Olga A. Zhuikova ✉, Galina A. Batalova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The oat fly (*Oscinella frit* L.) is a dangerous pest in oat crops. Studies on resistance to phytophagous were conducted in 2016–2021. The stability of 200 promising lines and varieties bred by the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky was evaluated in the nursery of a competitive test under natural conditions for the development of the pest according to the scale of the All-Russian Research Institute for Plant Protection, the percentage of the stem damage by larvae was determined on the basis of "drying of the central leaf during the period "tillering-shooting" trait. The best conditions for the development of the pest were formed in 2016. ( $I_j = 3.0$ ) and 2021 g. ( $I_j = 2.7$ ), with maximum plant damage of 34 % in hulled and 22 % in naked genotypes, respectively. Unfavorable conditions for the phytophagous developed in 2017 ( $I_j = -2.7$ ) and 2019. ( $I_j = -2.9$ ) – damage to plants did not exceed 3 %. In 2018 and 2020, with the index of environmental conditions close to zero ( $I_j = -0.41$  and  $0.10$ , respectively), the damage of oat plants by the oat fly (*Oscinella frit* L.) did not exceed 5 %. The studies established an inverse correlation between the damage of oats by the oat fly and the HTC during the "sowing-tillering" period ( $r = -0.73$ ), total ( $r = -0.30...-0.39$ ) and productive bushiness ( $r = -0.59...-0.77$ ), grain yield ( $r = -0.20...-0.61$ ). A direct correlation was established between plant damage and the plasticity of genotypes to damage ( $r = 0.88$ ). Lines with minimal stem damage have been selected: 233h12, 394h12, 251h14, 194h13, 63h11, 21h12o, 153h13, 157h13, 65h11, 72h11. Low plasticity was noted in the lines: 178h13, 4h14, 114h12, 4h12, their yield did not change significantly from the amount of damage by oat fly (*Oscinella frit* L.). The most stable according to the studied trait were the lines: 4h14, 178h13, 2h12o, 63h11, 4h12 and varieties Sapsan, Falenets.

**Keywords:** *Oscinella frit* L., plants, damage, index of environmental condition, temperature, precipitation

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

*For citations:* Zhuikova O. A., Batalova G. A. Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):706-713. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713>

Received: 20.06.2022

Accepted for publication: 05.10.2022

Published online: 26.10.2022

Ценность сорта определяет не только максимально возможная величина урожайности, но и способность формировать ее экономически значимую величину в изменяющихся условиях выращивания [1]. В земледелии Северо-Восточного региона европейской территории России необходимо учитывать множество условий, основными из которых являются почвенно-климатические. Также важную роль отводят созданию сортов, адаптивных к экологическим факторам. На посевах овса отмечают ежегодное повреждение растений злаковыми мухами в большей или меньшей степени [2]. Овсяная шведская муха *Oscinella frit* L. – наиболее распространенный вид среди злаковых мух-фитофагов, обладает значительной приспособляемостью к различным условиям окружающей среды. Личинки шведской мухи повреждают овёс, рожь, пшеницу и дикие злаки [3], но предпочитают откладывать яйца на растениях овса [4, 5]. Личинка, питаясь внутри стебля, уничтожает конус нарастания, при этом центральный лист желтеет, увядает в виде свисающей нити и отламывается [6]. Замечено, что сильнее повреждаются сорта с тонкостенным и быстроувядающим coleoptile, чем с толстостенным [7].

Сильное повреждение посевов зерновых колосовых культур отмечается во всех регионах России. По данным А. И. Илларионова и Р. А. Самсонова [8], потери урожая от повреждения шведской мухой составляли 1,5...15,0 %, в отдельные годы достигали 30-50 %.

По данным ФГБУ «Россельхозцентр» по Кировской области<sup>1</sup>, заселенность обследованных площадей зерновых культур личинками шведской мухи в период «полное кушение-выход в трубку» в 2016-2020 гг. достигала 70 % при средней заселенности от 2,1 до 58,0 экз/м<sup>2</sup>. Поэтому шведская муха в отдельные годы считается экономически значимым вредителем колосовых культур в Кировской области. Фитосанитарная ситуация может осложняться из-за отсутствия устойчивых сортов к злаковым фитофагам.

**Цель исследования** – анализ новых сортов и линий овса селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (ФАНЦ Северо-Востока) по адаптивности и устойчивости к повреждению шведской мухой в разных погодных условиях вегетации растений.

**Научная новизна** – в статье представлена характеристика устойчивости к шведской мухе новых перспективных линий и сортов овса селекции ФАНЦ Северо-Востока, которые проанализированы по адаптивности и устойчивости к шведской мухе, изучено влияние средовых факторов на вредоносность фитофага, выявлены зависимости между повреждением растений и гидротермическими условиями вегетации, кустистостью растений, урожайностью зерна и содержанием пигментов в листьях.

**Материал и методы.** Исследования проведены в ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область) на дерново-подзолистых средне-суглинистых почвах в 2016-2021 гг. Для поиска устойчивых к шведской мухе генотипов овса изучали 137 пленчатых и 64 голозерных линий и сортов питомника конкурсного сортоиспытания в естественных для развития вредителя условиях. Стандартом для пленчатых линий служил сорт Кречет, для голозерных – Вятский. Устойчивость сортов оценена по шкале Всероссийского НИИ защиты растений<sup>2</sup>, при просмотре не менее 100 растений в каждом образце при трехкратной повторности. Процент повреждения личинками главных и боковых стеблей определяли по признаку «усыхание центрального листа», учеты проводили в наиболее критический для повреждения растений период «кушение-выход в трубку». Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по А. И. Селянинову<sup>3</sup>. Адаптивность сортов в связи с повреждением оценивали по показателям: индекс условий среды ( $I_j$ ), коэффициент регрессии ( $b_i$ ), индекс стабильности ( $S_i^2$ ) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell

<sup>1</sup>Обзоры фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Кировской области. ФГБУ «Россельхозцентр», 2016-2020 гг.

<sup>2</sup>Вилкова Н. А. Методы оценки сельскохозяйственных культур на групповую устойчивость к вредителям. СПб.: ВИЗР, 2003. 112 с.

<sup>3</sup>Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. Л.-М.: Гидрометеорол. изд-во, 1928. Вып. 20. С. 165-177.

в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной<sup>4</sup>. Статистическая обработка данных проведена методами вариационного и корреляционного анализов с использованием табличного процессора Microsoft Office Excel 2007.

**Результаты и их обсуждение.** Повреждение растений вредителем и погодные условия в течение 6 лет изучения овса на устойчивость к нему существенно различались по годам.

Судя по индексу условий среды ( $I_j$ ), который изменялся от -2,9 до +3,0, лучшие для развития вредителя складывались в 2016 г. ( $I_j = +3,0$ ) и 2021 г. ( $I_j = +2,7$ ) (табл. 1). Поврежденность растений шведской мухой у пленчатых генотипов варьировала от 0 до 34 % в 2016 г., от 6,7 до 24,0 % в 2021 г. (в среднем 13,9 и 12,9 % соответственно), у голозерных – от 2,0 до 22,0 % в 2016 г., от 5,2 до 21,6 % в 2021 г. (в среднем 8,6 и 10,3 %). Во второй

половине мая 2016 г. растения испытывали экстремальную засуху ( $ГТК = 0,2$ ). Недостаточное увлажнение ( $ГТК = 0,98$ ) в период от посева до фазы кушения сдерживало рост растений, но не ограничивало развитие большинства вредителей сельскохозяйственных культур. Наибольшее заселение личинками отмечали на ранних всходах овса в конце второй декады мая. В дальнейшем погодные условия установились более комфортными для растений, август был сухим и жарким. В мае 2021 году преобладала аномально жаркая погода, часто с сухими периодами,  $ГТК$  за период «посев-всходы» составил 0,1. В первой декаде июня стояла умеренно теплая погода, затем преобладала жаркая, дожди были крайне слабыми и только во второй декаде. Такие условия способствовали увеличению численности вредителя.

*Таблица 1 – Поврежденность сортов и линий овса шведской мухой в зависимости от условий года (в среднем по генотипам), % /*

*Table 1 – Damage to varieties and lines of oats by frit fly in dependence to the year conditions (an average among genotypes), %*

| Год /<br>Year | $I_j$ | ГТК за период<br>«посев-кушение» /<br>HTC for the period<br>«sowing-tillering» | Пленчатые генотипы /<br>Hulled genotypes     |                                     | Голозерные генотипы /<br>Naked genotypes     |                                     |
|---------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
|               |       |                                                                                | поврежденность<br>растений /<br>plant damage | гибель<br>растений /<br>plant death | поврежденность<br>растений /<br>plant damage | гибель<br>растений /<br>plant death |
| 2016          | +3,0  | 0,2                                                                            | 13,9±0,9                                     | 9,0±0,8                             | 8,6±0,6                                      | 4,1±0,5                             |
| 2017          | -2,7  | 1,3                                                                            | 2,0±0,08                                     | 0                                   | 1,5±0,03                                     | 0,3±0,01                            |
| 2018          | -0,41 | 0,9                                                                            | 5,8±0,4                                      | 3,4±0,3                             | 12,8±0,3                                     | 1,6±0,06                            |
| 2019          | -2,9  | 1,1                                                                            | 2,9±0,6                                      | 0,8±0,05                            | 2,2±0,1                                      | 0,9±0,05                            |
| 2020          | +0,1  | 1,2                                                                            | 3,1±0,4                                      | 0,5±0,02                            | 3,8±0,2                                      | 0,3±0,02                            |
| 2021          | +2,7  | 0,5                                                                            | 12,9±0,6                                     | 0,6±0,1                             | 10,3±0,7                                     | 0,6±0,09                            |

Неблагоприятные условия для развития фитофага сложились в 2017 г. ( $I_j = -2,7$ ) и 2019 г. ( $I_j = -2,9$ ). В результате поврежденность растений не превышала 3 %. Аномально холодный май 2017 г. с частыми осадками и заморозками ( $ГТК = 2,5$ ) сдерживал развитие личинок и куколок, а низкие температуры конца месяца повлияли на длительность периода окукливания и выхода имаго. Среднее повреждение растений составило 2 %. Обильные дожди и недостаток эффективных температур вегетационного периода 2017 г. привели к удлинению прохождения фаз развития растений и

полеганию посевов. Всходы овса в 2019 г. появились в первой декаде мая, когда отмечали резкую смену тепла и холода. В период «всходы-кушение» погодные условия были более благоприятны ( $ГТК = 1,0$ ). В июне на фоне нестабильной температуры и высокой влагообеспеченности ( $ГТК = 2,0$ ) вредоносность фитофага была незначительная, о чем свидетельствует максимальный уровень повреждения растений до 3 %. Июль и август характеризовались пониженным температурным фоном и периодическими ливнями.

<sup>4</sup>Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. 1984;(4):109-113.

В 2018 и 2020 годах при индексе условий среды, близким к нулю ( $I_j = -0,41$  и  $+0,10$  соответственно), поврежденность растений овса шведской мухой не превышала 5 %. В начале мая 2018 г. преобладала солнечная и теплая погода, в последнюю декаду – холодная и пасмурная; уровень ГТК за период «всходы-кущение» составил 2,2. Во второй половине июня стояла теплая без осадков погода, на посевах отмечали невысокую численность вредителя. В среднем повреждение пленчатых генотипов составило 5,8 %, голозерных – 2,8 %. В июле было жарко и солнечно, в августе преобладала сухая, с небольшими осадками, умеренно теплая и временами жаркая погода. Вегетационный период 2020 г. характеризовался неустойчивой по температуре погодой в мае, часто было сухо, лишь в отдельные дни шли дожди. Фаза кушения овса наступила в первой половине июня, когда было прохладно и отмечали заморозки (ГТК = 0,8), что определило низкую численность вредителя на растениях: в среднем 3,1 % – у пленчатых, 3,8 % – у голозерных генотипов. Последующее развитие растений проходило при оптимальных для культуры погодных условиях.

Таким образом, показатели  $I_j$  и ГТК, отражающие характер взаимодействий в патосистеме «овес-шведская муха», можно считать прогностическими в оценке степени повреждения растений фитофагом.

Профилактикой борьбы с вредителем является посев культуры в ранние сроки. Это связано с более благоприятным для развития растений гидротермическим режимом и возможностью ускоренного прохождения наиболее уязвимой для заселения вредителя фазы. При этих условиях неповрежденные растения более полно используют свой биометрический потенциал, а у поврежденных – лучше выражена защитная реакция [9, 10]. Высокая выживаемость личинок злаковых мух происходит на стадии двух листьев, наиболее низкая – пяти листьев [5].

В ходе корреляционного анализа установлена разнонаправленная зависимость между повреждением овса шведской мухой и температурой воздуха в разные календарные сроки и этапы онтогенеза растений. На вредоносность фитофага оказала прямое влияние температура воздуха в апреле ( $r = 0,83$ ) и мае ( $r = 0,68$ ),

обратное – уровень ГТК в период «посев-кущение» ( $r = -0,73$ ).

Следует отметить, что степень повреждения овса во многом определяется условиями перезимовки шведской мухи, которая сохраняется на посевах озимых зерновых и дикорастущих злаковых трав. Чтобы снизить повреждение озимых культур, их посев следует проводить в последнюю пятидневку августа или первую пятидневку сентября [11]. Ранний сев из-за большой биомассы провоцирует усиление распространения и вредоносности шведской мухи, а поздний влечет за собой серьезную угрозу растениям озимой ржи. Как правило, вредитель на таких посевах зимует в стадии личинки, весной допитывается на них и окукливается. Вылетевшая муха откладывает яйца на ранние посевы яровых зерновых культур. Выявлено, что чем теплее сентябрь в Кировской области, тем больше вредоносность фитофага на яровых посевах ( $r = 0,69$ ).

Среди изученного сортимента овса обнаружена дифференциация по устойчивости к шведской мухе. Наибольшее повреждение растений в 2016 г. отмечено у пленчатого сорта Аватар (34 %), в 2018 г. – линии 275h14 (20 %), в 2021 г. – линии 94h18 (24 %). Аналогичная тенденция выявлена и у голозерных генотипов, хотя признак выражен слабее. В 2016 г. наибольшее повреждение наблюдали у сортов Бекас (16 %) и Вятский (22 %), в 2018 г. – у линии 23h12 (20 %), в 2021 г. – линии 42h12o (21,6 %).

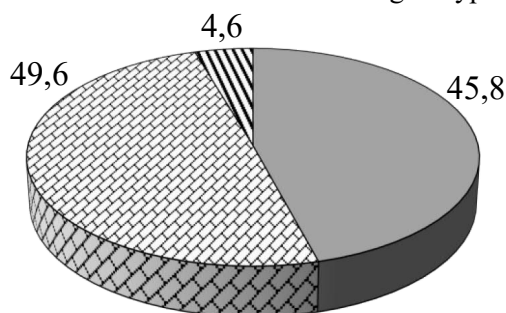
Слабое повреждение растений (не более 4 %) отмечено в 2017 г., 2019 и 2020 годах. Поэтому для иммунологической характеристики линий и сортов использовали максимальные показатели повреждения в провокационных для развития шведской мухи годы: 2016, 2018 и 2021.

Стандартные сорта характеризовались средней устойчивостью при повреждении растений – Кречет не более 18 %, Вятский – 22 %. Половина изученных пленчатых сортов и линий также отличались средней устойчивостью к шведской мухе, слабое проявление признака отмечено у 4,6 % генотипов, остальные проявили устойчивость (рис. 1). Для селекции выделены линии: 233h12, 394h12, 251h14, 194h13, И-4935, у которых повреждение растений было минимальным (до 5 %) и не приводило к их гибели.

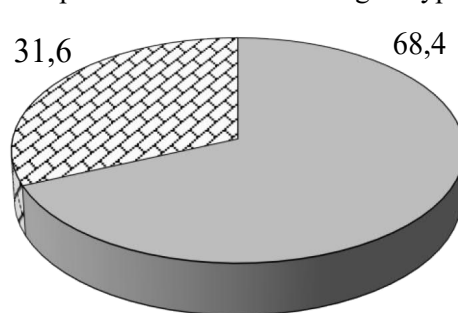
Повреждение 68,4 % голозерных генотипов не превышало 10 %, остальные – характеризовались средней устойчивостью. Выделены

линии 63h11, 21h12o, 153h13, 157h13, 65h11, 72h11 с наименьшим повреждением (до 5 %) и отсутствием гибели растений.

Пленчатые генотипы / Hulled genotypes



Голозерные генотипы / Naked genotypes



- Устойчивые / Resistant
- ▨ Среднеустойчивые / Moderately resistant
- ▤ Слабоустойчивые / Weakly resistant

Рис. 1. Устойчивость генотипов овса селекции ФАНЦ Северо-Востока к шведской мухе, % /

Fig. 1. Frit fly resistance of oat genotypes bred by the Federal Agricultural Research Center of the North-East, %

Вредоносность шведской мухи проявляется в достоверном (при  $P \geq 0,05$ ) снижении общей ( $r = -0,30 \dots -0,39$ ) и продуктивной кустиности ( $r = -0,59 \dots -0,77$ ) растений овса. По данным А. Г. Семеновой и И. О. Юдина [12], ячмень по сравнению с другими колосовыми культурами более вынослив к фитофагу. Авторы отметили, что выносливые сорта ячменя при одинаковой степени повреждения не снижают урожайность. В наших исследованиях выявлена достоверная (при  $P \geq 0,05$ ) корреляционная связь от слабой до средней степени между повреждением овса и урожайностью ( $r = -0,20 \dots -0,61$ ). В годы, когда зависимость была слабой, отмечена достоверная прямая корреляция урожайности с озерненностью метелки ( $r = 0,56$ ), которая в свою очередь зависела от гидротермических показателей ( $r = 0,47$ ).

Установлено, что повреждение растений овса шведской мухой до 5 % не оказывало негативного влияния на урожайность изученных сортов и линий. При повреждении от 5 до 10 % зависимость была значимая ( $r = -0,41$  при  $P \geq 0,05$ ). В связи с этим селекционную работу по отбору перспективных генотипов на устойчивость к шведской мухе стоит проводить с повреждением растений, не превышающим 5 %.

В исследованиях А. Г. Семеновой и Л. И. Нефедовой [13] выявлено, что сильно повреждаемые шведской мухой растения содержат больше хлорофилла и каротиноидов, чем относительно устойчивые, что, вероятно, обусловлено значительной ролью

хлорофилла в процессе фотосинтеза – образованием глюкозы, которая является трофически привлекательной для шведской мухи. В наших исследованиях выявлена достоверная (при  $P \geq 0,05$ ) положительная зависимость между повреждением овса и содержанием в листьях хлорофилла *a* ( $r = 0,48 \dots 0,59$ ) и каротиноидов ( $r = 0,30 \dots 0,55$ ).

Коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ) характеризует пластичность сорта, позволяет определить, насколько генотип изменяет признак при улучшении или ухудшении условий вегетации. Среди изученных генотипов овса наибольшей отзывчивостью на повреждение растений отличались пленчатые сорта: Медведь, Кречет, Сапсан и линия 2h12o ( $b_i = 1,1 \dots 1,9$ ), среди голозерных – линии 63h11, 42h12o, 72h11 и сорта Багет и Вятский ( $b_i = 1,1 \dots 2,1$ ) (табл. 2). При возделывании данных генотипов требуется высокий уровень защиты от вредителя. Слабая реакция на изменение условий среды отмечена у пленчатых (178h13, 4h14) и голозерных (114h12, 4h12) линий. При увеличении повреждения их урожайность существенно не изменялась. Установлена высокая корреляционная зависимость между повреждением овса шведской мухой и пластичностью генотипа ( $r = 0,88$  при  $P \geq 0,05$ ).

Наиболее стабильными по изученному признаку были линии 4h14, 178h13, 2h12o, 63h11, 4h12 и сорта Сапсан, Фаленец ( $S_i^2 = 4,8 \dots 27,5$ ). Самая низкая стабильность отмечена у линий 114h12 и 42h12o.

*Таблица 2 – Характеристика сортов и линий овса по параметрам пластичности ( $b_i$ ) и стабильности ( $S_i^2$ ) к повреждению растений шведской мухой (2016...2021 гг.) /*  
*Table 2 – Characteristics of oat varieties and lines according to the parameters of plasticity ( $b_i$ ) and stability ( $S_i^2$ ) to plant damage by frit fly (2016...2021)*

| Сорт, линия /<br>Variety, line | Параметры / Parameters |         |                                              | Характеристика /<br>Characteristic                                                                                     |
|--------------------------------|------------------------|---------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | $b_i$                  | $S_i^2$ | предел повреждения, %/<br>limit of damage, % |                                                                                                                        |
| Пленчатые / Hulled             |                        |         |                                              |                                                                                                                        |
| Кречет /<br>Krechet            | 1,8                    | 51,1    | 0,1-17,7                                     | Высокая пластичность, средняя стабильность /<br>High plasticity, medium stability                                      |
| Медведь /<br>Medved'           | 1,5                    | 55,6    | 0,5-14,2                                     | Высокая пластичность, высокая стабильность /<br>High plasticity, high stability                                        |
| Сапсан /<br>Sapsan             | 1,9                    | 2,7     | 3,0-20,0                                     |                                                                                                                        |
| Фаленец /<br>Falenets          | 1,0                    | 15,0    | 1,6-13,2                                     | Соответствие изменениям условий,<br>высокая стабильность /<br>Compliance with changing conditions, high stability      |
| 2h12o                          | 1,1                    | 15,7    | 0-12,0                                       | Высокая пластичность, высокая стабильность /<br>High plasticity, high stability                                        |
| 178h13                         | 0,5                    | 11,0    | 1,1-6,7                                      | Низкая пластичность, высокая стабильность /<br>Low plasticity, high stability                                          |
| 4h14                           | 0,8                    | 4,8     | 0-10,2                                       |                                                                                                                        |
| Голозерные / Naked             |                        |         |                                              |                                                                                                                        |
| Вятский /<br>Vyatsky           | 1,4                    | 57,0    | 0,2-10,3                                     | Высокая пластичность, средняя стабильность /<br>High plasticity, medium stability                                      |
| Багет /<br>Baget               | 1,4                    | 85,3    | 0,3-9,6                                      | Высокая пластичность, низкая стабильность /<br>High plasticity, low stability                                          |
| 63h11                          | 1,1                    | 9,9     | 0,1-8,0                                      | Высокая пластичность, высокая стабильность /<br>High plasticity, high stability                                        |
| 11h12o                         | 1,0                    | 21,1    | 0,2-8,2                                      | Соответствие изменениям условий,<br>высокая стабильность /<br>Compliance with changing conditions, high stability      |
| 114h12                         | 0,9                    | 106,4   | 0,1-8,1                                      | Низкая пластичность, самая низкая стабильность /<br>Low plasticity, lowest stability                                   |
| 4h12                           | 0,8                    | 16,5    | 0,3-7,0                                      | Низкая пластичность, высокая стабильность /<br>Low plasticity, high stability                                          |
| 74h12                          | 1,0                    | 73,4    | 0,1-12,3                                     | Соответствие изменениям условий,<br>низкая стабильность /<br>Compliance with changes in conditions, low stability      |
| 72h11                          | 1,2                    | 49,2    | 0,1-10,4                                     | Высокая пластичность, средняя стабильность /<br>High plasticity, medium stability                                      |
| 42h12o                         | 2,1                    | 123,1   | 0,9-21,6                                     | Высокая пластичность, самая низкая стабильность /<br>High plasticity, lowest stability                                 |
| 31h12                          | 1,0                    | 33,5    | 1,0-10,0                                     | Соответствие изменениям условий,<br>средняя стабильность / Compliance with changes<br>in conditions, average stability |

**Заключение.** Для профилактики повреждения растений шведской мухой крайне важно соблюдать оптимальные сроки посева как овса, так и озимых культур, соседствующих с яровыми, т. к. погодные условия оказывают существенное влияние на ее развитие. В условиях Кировской области благоприятна для развития шведской мухи сухая теплая погода в период «посев-кущение» овса.

В генофонде овса конкурсного сортоиспытания селекции ФАНЦ Северо-Востока выявлены устойчивые к вредителю линии: И-4553, 96h11, 119h11, 394h12, 178h13, 683h05, 21h12o, 4h12, 11h12o, 63h11 и другие. Линии 178h13, 4h12, 11h12o имели высокую стабильность признака. Линия 63h11 имела высокую пластичность и высокую стабильность на изменяющиеся условия среды.

*Список литературы*

1. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., Faria L. C., Melo L. C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. *Semina: Ciencias Agrarias, Londrina*. 2017;38(3):1241-1250. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017V38N3P1241>
2. Жуикова О. А., Шешегова Т. К., Баталова Г. А. Состояние генофонда овса по устойчивости к основным болезням и шведской мухе, источники признака на Северо-Востоке Нечерноземной зоны РФ. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2011;(5(24)):4-7. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16728844>
3. Нарчук Э. П. Личинки злаковых мух (Diptera, Chloropidae): разнообразие сред обитания и пищевая специализация. *Зоологический журнал*. 2014;93(1):81-91. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?doi=10.7868/S0044513414010139>
4. Vickerman G. P. Host plan preferences of *Oscinella* spp. (Diptera: Chloropidae) in the laboratory. *Annals of Applied Biology*. 1978;89(3):379-386. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1978.tb05963.x>
5. Vickerman G. P. Survival and duration of development of *Oscinella* spp. (Diptera: Chloropidae) on different Gramineae in the laboratory. *Annals of Applied Biology*. 1978;89(3):387-393. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1978.tb05964.x>
6. Jonasson T. Frit fly *Oscinella* frit oviposition on oat seedlings: ecological significance of the host plant selection. *Oikos*. 1977;29(1):104-111. DOI: <https://doi.org/10.2307/3543299>
7. Jonasson T. Susceptibility of oat seedlings to oviposition by the frit fly, *Oscinella* frit L. (Dipt., Chloropidae). *Journal of Applied Entomology*. 1980;89(1-5):263-268. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1980.tb03465.x>
8. Илларионов А. И., Самсонов Р. А. Злаковые мухи: распространение, вредоносность и приемы ограничения их численности. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2010;(1(24)):10-26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15106181>
9. Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М., Сержанова А. Р., Ганиева И. С. Влияние сроков посева на повреждаемость ячменя шведской мухой и урожайность зерна в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. *Плодородие*. 2020;(3):38-41. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.114.12>
10. Norman Cunliffe M. A., J. C. F. Fryer M. A. Studies on *Oscinella* frit L.: supplementary data on the relation between varietal differences of oat plants and susceptibility to infestation. *Annals of Applied Biology*. 1925;12(4):508-515. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1925.tb04241.x>
11. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К., Уткина Е. И. Шведская муха на посевах озимой ржи в Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014;(3):4-7. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21494403>
12. Семенова А. Г., Юдин И. О. Возможность сохранения урожая ячменя при значительной вредоносности шведской мухи. *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. научн. тр. СПб.: Санкт-Петербургский аграрный университет, 2018. С. 75-80.* Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32702677&pf=1>
13. Семенова А. Г., Нефедова Л. И. Факторы устойчивости ячменя к овсяной шведской мухе. *Вестник защиты растений*. 2005;(1):38-44.

*References*

1. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., Faria L. C., Melo L. C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. *Semina: Ciencias Agrarias, Londrina*. 2017;38(3):1241-1250. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017V38N3P1241>
2. Zhuykova O. A., Sheshegova T. K., Batalova G. A. State of gene pool of oats on resistance to basic diseases and frit fly, and sources of the character on the North-East of Non-black soil zone of Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2011;(5(24)):4-7. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16728844>
3. Narchuk E. P. Chloropid larvae (diptera, chloropidae): diversity, habitats and feeding specializations. *Zoologicheskij zhurnal*. 2014;93(1):81-91. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?doi=10.7868/S0044513414010139>
4. Vickerman G. P. Host plan preferences of *Oscinella* spp. (Diptera: Chloropidae) in the laboratory. *Annals of Applied Biology*. 1978;89(3):379-386. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1978.tb05963.x>
5. Vickerman G. P. Survival and duration of development of *Oscinella* spp. (Diptera: Chloropidae) on different Gramineae in the laboratory. *Annals of Applied Biology*. 1978;89(3):387-393. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1978.tb05964.x>
6. Jonasson T. Frit fly *Oscinella* frit oviposition on oat seedlings: ecological significance of the host plant selection. *Oikos*. 1977;29(1):104-111. DOI: <https://doi.org/10.2307/3543299>
7. Jonasson T. Susceptibility of oat seedlings to oviposition by the frit fly, *Oscinella* frit L. (Dipt., Chloropidae). *Journal of Applied Entomology*. 1980;89(1-5):263-268. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1980.tb03465.x>

8. Illarionov A. I., Samsonov R. A. Corn flies: spreading, harmfulness and their number restriction practice. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Voronezh state agrarian university. 2010;(1(24)):10-26. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15106181>
9. Shaikhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M., Serzhanova A. R., Ganieva I. S. Influence of terms of seeding barley on inflammation of the swedish fly and the yield of grain under the conditions of the Prekam zone of the Republic of Tatarstan. *Plodorodie*. 2020;(3):38-41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.114.12>
10. Norman Cunliffe M. A., J. C. F. Fryer M. A. Studies on *Oscinella frit* L.: supplementary data on the relation between varietal differences of oat plants and susceptibility to infestation. *Annals of Applied Biology*. 1925;12(4):508-515. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1925.tb04241.x>
11. Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K., Utkina E. I. Frit fly on a winter rye sowings in the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2014;(3):4-7. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21494403>
12. Semenova A. G., Yudin I. O. Possibility of preserving the barley yield significantly damaged by the oat fly. Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution: collection of scientific works. Saint-Petersburg: *St. Peterburgskiy agrarnyy universitet*, 2018. pp. 75-80. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32702677&pff=1>
13. Semenova A. G., Nefedova L. I. Faktory ustoychivosti yachmenya k ovsyanyy shvedskoy mukhe. *Vestnik zashchity rasteniy* = Plant Protection News. 2005;(1):38-44. (In Russ.).

#### **Сведения об авторах**

✉ **Жуйкова Ольга Анатольевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции овса, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166 а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3290-4827>, e-mail: [zhuikova\\_o@mail.ru](mailto:zhuikova_o@mail.ru)

**Баталова Галина Аркадьевна**, доктор с.-х. наук, академик РАН, зав. отделом селекции овса, заместитель директора по селекционной работе, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166 а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

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

✉ **Olga A. Zhuikova**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Head of the Laboratory of Oat Breeding, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin Str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3290-4827>, e-mail: [zhuikova\\_o@mail.ru](mailto:zhuikova_o@mail.ru)

**Galina A. Batalova**, DSc in Agricultural Science, academician of RAS, Deputy Director for Breeding Work, Head of the Department of Oat Breeding, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin Str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Фунгицидный протравитель против грибных фитопатогенов люпина узколистного

© 2022. Л. И. Пимохова✉, Г. А. Яговенко, Ж. В. Царапнева, Н. В. Мисникова  
Всероссийский научно-исследовательский институт люпина –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
имени В. Р. Вильямса», Брянская область, Российская Федерация

В статье представлены результаты лабораторного и полевого изучения эффективности протравителя Дэлит Про КС (концентрат суспензии) против семенной инфекции антракноза и других болезней люпина. Работу проводили в 2019-2021 гг. в условиях Брянской области. Объект изучения – семена, проростки и посеы люпина узколистного сорта Витязь. Эффективность протравителя Дэлит Про КС (пираклостробин 200 г/л) в лабораторных условиях изучали в трех нормах применения (0,5; 1,0; 1,5 л/т). Биологическую эффективность оценивали по количеству пораженных проростков, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах, в сравнении с контролем (без протравливания). Высокую биологическую эффективность (99,4 %) против антракноза показала норма расхода 1,5 л/т. Общая всхожесть и количество семян с сильными проростками составили 99,6 и 90,4 % соответственно. Достоверно увеличилась длина корней и гипокотили проростков на 9,4 и 10,6 мм соответственно. В полевом опыте протравливание семян препаратом Дэлит Про при норме расхода 1,5 л/т проводили за месяц до посева. Эффективность протравителя оценивали в сравнении с контролем без обработки. В среднем за годы исследований биологическая эффективность протравителя против семенной инфекции антракноза составила 94,3 %. К фазе блестящего боба количество пораженных бобов уменьшилось до 3,2 % при 21,1 % в контроле. Поражение растений фузариозом снизилось с 20,1 % в контроле до 13,7 % в варианте с обработкой, ризоктонией – с 9,4 до 3,0 %. Распространение на бобах серой гнили сократилось в 2,8 раза. Всхожесть семян достоверно увеличилась на 13,3 % ( $HSP_{05} = 0,82$ ), сохранность продуктивных растений к уборке повысилась на 32,4 %. От использования фунгицидного протравителя Дэлит Про КС (1,5 л/га) получена существенная прибавка урожайности семян люпина узколистного 0,75 т/га ( $HSP_{05} = 0,03$ ), окупаемость затрат составила 5,11 рубля.

**Ключевые слова:** *Lupinus angustifolius* L., болезни, антракноз, протравитель, эффективность, урожайность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (тема № 0597-2019-0022).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Пимохова Л. И., Яговенко Г. А., Царапнева Ж. В., Мисникова Н. В. Фунгицидный протравитель против грибных фитопатогенов люпина узколистного. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):714-723. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.714-723>

Поступила: 07.06.2022

Принята к публикации: 28.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## A fungicide dresser against fungal phyto-pathogens of narrow-leaf lupin

© 2022. Ludmila I. Pimokhova✉, German L. Yagovenko, Zhanna V. Tsarapneva,  
Nadezhda V. Misnikova

The All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research  
Center of Forage Production and Agroecology, Bryansk, Russian Federation

The laboratory and field study of the dresser Delete Pro SC (suspension concentrate) effectiveness against anthracnose agent and other lupin diseases was carried out in Bryansk region in 2019-2021. Seeds, seedlings and sowings of the narrow-leaf lupin of Vityaz variety were the objects for the research. In the laboratory the effectiveness of Delete Pro (piraclostrobine 200 g/l) was tested in three doses of use (0.5; 1.0 and 1.5 l/t). Biological effectiveness was estimated by the number of infected seedlings grown in paper-and- polyethylene rolls compared to the control (without treatment). The dose 1.5 l/t had the high biological effectiveness against anthracnose (99.4 %). The total germination and the number of seeds with strong seedlings made 99.6 % and 90.4 %, respectively. The length of the roots and hypocotyl of the seedlings reliably increased by 9.4 and 10.6 mm, respectively. In the field test the seeds were treated with 1.5 l/t Delete Pro a month before sowing. The effectiveness of the fungicide was compared to the control variant without treatment. The average dresser biological effectiveness against anthracnose seed infection was 94.3 % during tests years. By the stage of brilliant pod the infected pods number decreased to 3.2 compared to 21.1 % in the control. Fusarium infection decreased from 20.1 % in the control to 13.7 % in the variant; risoctonia solari infection decreased from 9.4 % to 3.0 %. The development of Botrytis blight on the pods decreased 2.8 times. The significant true ( $LSD_{05} = 0.82$ ) increasing of seed germination made 13.3 % and survival of productive plants by the harvest period increased by 32.4 %. Due to the application of the fungicide dresser Delete Pro SC (1.5 l/ha), the significant seed yield rise was 0.75 t/ha ( $LSD_{05} = 0.03$ ); the cost recovery was 5.11 rubles.

**Keywords:** *Lupinus angustifolius* L., diseases, anthracnose, dresser, effectiveness, yield

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (theme No. 0597-2019-0022).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Pimokhova L. I., Yagovenko G. L., Tsarapneva Zh. V., Misnikova N. V. A fungicide dresser against fungal phyto-pathogens of narrow-leaf lupin. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):714-723. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.714-723>

Received: 07.06.2022

Accepted for publication: 28.09.2022

Published online: 26.10.2022

Люпин узколистый (*Lupinus angustifolius* L.) является высокобелковой бобовой культурой, которая способна давать удовлетворительный урожай в северных широтах Российской Федерации, где с другими сельскохозяйственными культурами не достигается уровня желаемой продуктивности. Оптимальная сумма эффективных температур для формирования зеленоукосного урожая люпина узколистого составляет 1280-1300 °С, созревания семян – 1600-1700 °С [1, 2]. Урожайность семян современных его сортов достигает 3-4 т/га, зеленой массы 40-60 т/га [2, 3]. В семенах люпина узколистого содержится 32-37 % сырого протеина, в сухом веществе зеленой массы – 16-20 %. Количество жира в сухом веществе зерна составляет 4,06-5,10 %, в зеленой массе – 1,31-1,63 %. Зерно кормового люпина, в отличие от других бобовых культур, содержит меньше антипитательных веществ, что позволяет использовать его в сыром виде для кормления животных.

В числе факторов, лимитирующих расширение посевных площадей и продуктивность люпина узколистого в РФ, являются болезни [4, 5, 6], самая опасная из них – антракноз (возбудитель – несовершенный гриб *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*). Патоген обладает высокой приспособляемостью к растению люпина. Он поражает все надземные органы растения, образуя в пораженной ткани большое количество репродуктивного споронения (1-3 млн в одной язве), что дает ему возможность развиваться с максимальной скоростью и вызывать эпифитотии. Развитию гриба способствуют благоприятный температурный режим (18-25 °С) и повышенная влажность воздуха (80-95 %). При этом потери урожая семян могут варьировать от 40 до 98 % [4, 6, 7]. В настоящее время во всех странах мира, где возделывается эта культура, нет сортов и видов люпина с абсолютной устойчивостью к этому патогену.

Фузариоз – опасная грибная болезнь. Возбудителем заболевания являются грибы из рода *Fusarium* Link. Патоген поражает корни

люпина, вызывая корневую гниль и, как следствие, фузариозное (трахеомикозное) увядание растений. Массовое развитие болезни наступает, если после почвенной и воздушной засухи выпадают обильные дожди. Вредоносность заболевания заключается в изреживании посевов, ухудшении качества урожая или значительной его потере.

Ризиктониоз – возбудитель болезни гриб *Rhizoctonia solani* Kuhn. Поражает всходы и молодые растения, что приводит к их гибели. Потери урожая семян от данной болезни могут достигать более 20 % [1, 8].

Возбудитель серой гнили на люпине – несовершенный гриб *Botrytis cinerea* Per. Поражает стебель, цветоносы, бобы и семена люпина. Развитию гриба способствует влажная погода во второй половине вегетации культуры. Патоген сохраняется в почве, растительных остатках и семенах.

Высеваемые семена люпина являются основным источником первичной инфекции антракноза и многих других болезней этой культуры [8, 9, 10]. По этой причине обязательно следует проводить их обеззараживание высокоэффективными протравителями против широкого спектра патогенной микрофлоры, в том числе и возбудителя антракноза, что позволит снизить количество инфицированных семян, подавить болезни в начале их развития, избежать впоследствии значительных потерь урожая [8, 11].

В России для протравливания семян люпина разрешено ограниченное количество препаратов, которые не имеют высокой активности в подавлении семенной инфекции антракноза и многих других патогенов [7, 8, 12]. В то же время на рынке средств защиты растений появляются новые препараты с высокой эффективностью против широкого спектра патогенов, которые могут успешно применяться для обеззараживания высеваемых семян люпина узколистого. Протравитель Дэлит Про, КС (концентрат суспензии) в своем составе содержит действующее вещество нового поколения – пираклостробин (200 г/л) химической

группы стробилуринов. Пиракlostробин вызывает гибель конидий во время прорастания и ингибирует развитие мицелия гриба. Дэлит Про рекомендован для протравливания семян сои и кукурузы от комплекса болезней, передающихся с почвой и семенами при норме расхода 0,5 л/т<sup>1</sup>. Для протравливания высеваемых семян люпина узколистного этот протравитель не применялся, именно по этой причине необходимо изучить свойства данного препарата против семенной инфекции антракноза и другой патогенной микрофлоры с целью защиты люпина узколистного.

**Цель исследований** – изучить биологическую и продукционную эффективность применения нового фунгицида Дэлит Про против грибных патогенов люпина узколистного в условиях Брянской области.

**Научная новизна.** Впервые в условиях Юго-Западного региона Нечерноземной зоны на люпине узколистном проведено детальное изучение эффективности различных норм применения протравителя Дэлит Про (пираклостробин 200 г/л) против семенной инфекции антракноза и других патогенов и его влияния на состояние растений (всхожесть семян, рост и развитие, урожайность растений).

**Материал и методы.** Первоначальное изучение эффективности протравителя Дэлит Про (нормы расхода 0,5; 1,0; 1,5 л/т) в подавлении семенной инфекции антракноза проводили в лабораторных условиях на семенном материале люпина узколистного сорта Витязь, искусственно зараженном *Colletotrichum lupini* var. *Lupini*. Зараженность семян люпина антракнозом определяли методом проращивания в бумажно-полиэтиленовых рулонах при оптимальной для развития патогена температуре 22 °C в течение 7 суток<sup>2, 3</sup>. Объем выборки на каждый вариант составлял 250 штук семян (5 рулонов по 50 семян). Биологическую эффективность протравителя определяли по количеству пораженных проростков в процентах

к их общему количеству в варианте. Действие протравителя на растения люпина оценивали по количеству всхожих семян с сильными и слабыми проростками, длине гипокотили и корня. Сильные проростки люпина должны иметь длину гипокотили не менее 1 см, длину зародышевого корешка – не менее 2,5 см<sup>4</sup>.

Полевые испытания протравителя Дэлит Про при норме расхода 1,5 л/т проводили на опытном поле ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса». Почва участка серая лесная легкосуглинистая, содержание гумуса 2,7 %, pH<sub>сол.</sub> 5,1. Опыты закладывали в 4-кратной повторности на делянках площадью 34 м<sup>2</sup>. Инфицированность высеваемых семян антракнозом в зависимости от года исследований составляла от 5 до 7 %. Протравливание семян люпина узколистного сорта Витязь проводили за месяц до посева при норме расхода препарата 1,5 л/т, фитоэкспертизу высеваемых семян – за неделю до посева. Посев механизированный, с нормой высева 1,2 млн всхожих семян/га. Поражение люпина болезнями и эффективность протравителя определяли в сравнении с контролем (без протравливания), начиная с фазы полных всходов и до фазы блестящего боба<sup>5, 6</sup>. Для идентификации возбудителей заболеваний по их морфологическим признакам спороношения использовали влажные камеры и световой микроскоп<sup>7</sup>. Действие протравителя на люпин оценивали по количеству всхожих семян и высоте растений. Количество бобов на растении определяли с помощью пробного снопа из 20 растений. Перед уборкой проводили учет количества растений с бобами на 1 м<sup>2</sup>. Урожай семян определяли с каждой делянки путем сплошного обмолота бобов комбайном «Сампо-500». Для статистической обработки полученных данных использовали метод дисперсионного анализа с определением наименьшей существенной разницы<sup>8</sup>.

<sup>1</sup>Каталог продукции химической компании средств защиты растений «БАСФ». [Электронный ресурс].

URL: <https://shop.basf.ru/catalog/sredstva-zashchity-rasteniy/protraviteli-semyan> (дата обращения 05.02.2019).

<sup>2</sup>ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: изд-во стандартов, 2011. 55 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9720/?ysclid=18moanq9dq25094048>

<sup>3</sup>Гаджиева Г. И., Гутковская Н. С. Методические указания по определению зараженности семян люпина антракнозом. Минск: РУП «Институт защиты растений», 2013. 20 с.

<sup>4</sup>Лихачев Б. С., Сканченко С. А., Яговенко Л. П., Корнев А. П., Косоротикова А. Н. Об оценке посевных качеств семян люпина. Селекция и семеноводство. 1991;(4):42-45.

<sup>5</sup>Методические указания по государственному испытанию фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур. Подготовили Баталов Т. С. и др. М.: ВНИИ защиты растений, 1985. 130 с.

<sup>6</sup>Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. Беттх И., Ветцель Т., Древе Ф. В. [и др.]. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

<sup>7</sup>Кунгурцева О. В. Методы мониторинга антракноза люпина. СПб.: ВНИИ защиты растений, 2002. 11 с.

<sup>8</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Погодные условия в период проведения полевых исследований (2019-2021 гг.) были благоприятны для развития и распространения антракноза и многих других болезней в посевах люпина узколистного. Посев проводили в первую декаду мая. В период всходов люпина погодные условия были различны.

Вегетационный период 2019 года – теплый и слабо засушливый (ГТК = 1,22). Май отличался тёплыми и избыточно влажными условиями (ГТК = 1,9). Всходы люпина были полными и дружными. В таких условиях семенная инфекция антракноза на молодых растениях интенсивно проявлялась, развивалась и распространялась по всему посеву. Наступление засушливых погодных условий в июне (ГТК = 0,58) и июле (ГТК = 0,98) остановило развитие и распространение болезни.

Условия вегетации в 2020 году сложились тёплыми и избыточно влажными (ГТК = 2,2). Май – прохладный и избыточно влажный (ГТК = 4,1). Период всходов люпина был продолжительным. Развитие и проявление антракноза задерживалось. Благоприятные условия для развития и распространения возбудителя антракноза сложились в июне (ГТК = 2,31) и июле (ГТК = 1,42). При достаточном количестве тепла (20,3 и 18,8 °C) и осадков (104,7 и 75,9 мм) возбудитель антракноза интенсивно развивался на растениях и молодых бобах. На стеблях появлялись продольные пятна бурого цвета, которые затем увеличивались в размерах и при

глубоком проникновении патогена вызывали искривление стебля и излом. На молодых бобах происходило образование розовых пятен, наполненных конидиальным спороношением гриба. Семена в пораженных бобах становились шуплыми, с бурыми пятнами, сильно инфицированные семена были покрыты серовато-белым мицелием гриба.

Погодные условия вегетационного периода 2021 года были тёплыми и влажными (ГТК = 1,97). Май характеризовался недостатком тепла (13,3 °C) и избыточным выпадением осадков (ГТК = 3,89). Такие погодные условия не способствовали интенсивному развитию антракноза. Благоприятные условия для распространения заболевания сложились в июле (ГТК = 2,40). Оптимальная для развития патогена температура воздуха (19,9 °C) и избыточное количество осадков (153,7 мм) способствовали интенсивному развитию и массовому распространению патогена в посевах люпина.

**Результаты и их обсуждение.** В результате лабораторных исследований выявлена высокая эффективность протравителя Дэлит Про против возбудителя антракноза. По данным фитоэкспертизы, в контрольном варианте (без обработки протравителем) поражение семян антракнозом составило 71,4 %. Использование Дэлит Про в норме 1,5 л/т было наиболее эффективным: поражение семян антракнозом снизилось до 0,4 %, биологическая эффективность против болезни достигла 99,4 % (табл. 1).

**Таблица 1 – Эффективность норм протравителя Дэлит Про против семенной инфекции антракноза и влияние их на всхожесть семян и рост проростков люпина узколистного сорта Витязь в лабораторных условиях /**

**Table 1 – The effectiveness of the dresser Delete Pro doses against anthracnose infection and their effect on Vityaz variety narrow-leaf lupin seed germination and seedling growth under laboratory conditions**

| Вариант /<br>Variant                                                                   | Норма,<br>л/т /<br>Dose,<br>l/t | Длина гипокотилы / корня, мм /<br>Hypocotyl / root<br>length, mm | Эффективность, % /<br>Effectiveness,<br>% | Всхожесть семян, % /<br>Germination of seeds, % |                                         |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|
|                                                                                        |                                 |                                                                  |                                           | всего /<br>total                                | из них проростки<br>сильные /<br>strong | слабые /<br>weak |
| Контроль / Control                                                                     | -                               | 54,8 / 99,4                                                      | -                                         | 98,0                                            | 91,6                                    | 6,4              |
| Дэлит Про<br>(пираклостробин – 200 г/л) /<br>Delete Pro<br>(pyrachlostrobin – 200 g/l) | 0,5                             | 56,3 / 97,6                                                      | 96,0                                      | 99,6                                            | 95,2                                    | 4,4              |
|                                                                                        | 1,0                             | 61,3 / 104,0                                                     | 97,8                                      | 99,6                                            | 93,6                                    | 6,0              |
|                                                                                        | 1,5                             | 65,4 / 108,8                                                     | 99,4                                      | 98,8                                            | 93,2                                    | 5,6              |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>                                                  | -                               | 0,49 / 0,53                                                      | -                                         | 0,74                                            | -                                       | -                |

На пораженных проростках антракнозом наблюдались темно-коричневые пятна на корневой шейке и семядольных листочках со спороношением гриба. В контрольном варианте количество семисуточных проростков люпина

узколистного с симптомами болезни составило 175 штук, или 71,4 % из 245 штук всхожих семян. Пятна антракноза, охватывающие большую часть гипокотилы, вызывали увядание, а затем гибель семидневных проростков в рулонах (рис. 1).



Рис. 1. Семисуточные проростки люпина узколистного сорта Витязь, выращенные в бумажно-полиэтиленовых рулонах: 1 – контроль (без протравливания); варианты с протравителем Дэлит Про: 2 – 0,5 л/т; 3 – 1,0 л/т; 4 – 1,5 л/т /

Fig. 1. The seven days-old narrow-leaf lupin seedlings of Vityaz variety grown in the paper-and-polyethylene rolls: 1 – control (treatment free); variants with disinfectant Delit Pro: 2 – 0.5 l/t; 3 – 1.0 l/t; 4 – 1.5 l/t

Признаки поражения антракнозом в виде бурых пятен со спороношением гриба на гипокотиле имели 200 проростков из 245 и 45 – на семядольных листочках. В вариантах с протравителем количество пораженных проростков составляло от 0,4 до 2,8 %. Поражение антракнозом в виде бурых пятен наблюдалось только на семядольных листочках.

В лабораторных исследованиях изучаемые нормы протравителя не оказывали отрицательного влияния на всхожесть семян. Относительно контроля всхожесть семян в вари-

антах с протравителем достоверно увеличилась на 0,8-1,6 % ( $HCp_{05} = 0,74$ ). При этом количество семян с сильными проростками увеличилось на 1,6-3,6 %.

Изучаемый протравитель оказал стимулирующее действие на линейный рост гипокотиля и корней проростков, причем с увеличением нормы протравителя этот эффект повышался. По отношению к контролю длина гипокотиля и корней достоверно увеличилась на 1,5-10,6 мм ( $HCp_{05} = 0,49$ ) и 4,6-9,4 мм ( $HCp_{05} = 0,53$ ) соответственно (табл. 1, рис. 2).



Рис. 2. Длина гипокотиля и корней семисуточных проростков люпина узколистного сорта Витязь: 1 – контроль (без протравливания); варианты с протравителем Дэлит Про: 2 – 0,5 л/т; 3 – 1,0 л/т; 4 – 1,5 л/т /

Fig. 2. The hypocotyl and roots length of the seven days-old narrow-leaf lupin seedlings of Vityaz variety: 1 – control (treatment free); variants with disinfectant Delit Pro: 2 – 0.5 l/t; 3 – 1.0 l/t; 4 – 1.5 l/t

Полученные в лабораторных условиях результаты свидетельствуют о том, что для обеззараживания посевного материала люпина узколистного от возбудителя антракноза с использованием протравителя Дэлит Про необходимо его применять в норме 1,5 л/т. В данном варианте всхожесть семян и количество семян с сильными проростками составляло соответственно 98,8 и 93,2 %, что больше контроля на 0,8 и 1,6 %.

С учетом результатов лабораторных испытаний в полевом опыте протравитель изучали с нормой расхода 1,5 л/т.

Анализ метеорологических параметров показал, что наиболее благоприятные условия

для развития и распространения антракноза в посевах люпина складывались в первую половину вегетации. На стеблях и черешках листьев появлялись светло-оранжевые некрозы со спороношением гриба. На рисунке 3 показано, что при глубоком проникновении мицелия гриба в ткань растения пораженный стебель изгибался, надламывался и отмирал. Признаки поражения грибом отмечались на черешках листьев и листовых пластинках. В посеве происходило увеличение числа больных растений с инфекцией возбудителя заболевания, которое в дальнейшем при наступлении благоприятных условий переходило на молодые бобы.



*Рис. 3. Поражение растений люпина узколистного сорта Витязь антракнозом в фазу цветения /*  
*Fig. 3. Anthracnose infection of plants of Vityaz variety narrow-leaf lupin at the flowering stage*

В среднем за годы исследований поражение бобов антракнозом в контрольном посеве отмечалось на 2,0 % больше, чем растений.

По результатам фитоэкспертизы, содержание инфицированных семян в посевном материале контрольного варианта составляло: антракнозом 2,4-3,6 %, фузариозом 0,4-0,8 %, альтернариозом 3,8-5,0 %, серой и белой гнилью 1,2-0,8 %. Обработка семян Дэлит Про (1,5 л/т) значительно снизила количество инфицированных семян патогенной микрофлорой, оказывала положительное влияние на рост и развитие растений люпина в период вегетации.

Считается, что зараженность семян люпина антракнозом, от десятых долей до двух десятков процентов, является очень высоким уровнем заражения, поскольку порог, выше которого можно ожидать существенных потерь

урожа, составляет сотые доли процента [1, 7].

В среднем за годы изучения биологическая эффективность протравителя против антракноза составила 94,3 %. По отношению к контролю количество пораженных этим заболеванием растений в фазу стеблевания сократилось на 18 % (табл. 2).

В фазе блестящего боба количество пораженных антракнозом бобов в контроле составило 21,1 %, в варианте с протравителем – уменьшилось до 3,2 %.

Протравитель значительно снижал поражение растений люпина узколистного фузариозом и ризоктонией, а бобов – серой гнилью. Биологическая эффективность протравителя против фузариоза и ризоктонии составила соответственно 31,9 и 68,1 %. Распространение на бобах серой гнили сократилось в 2,8 раза.

**Таблица 2 – Биологическая эффективность протравителя Дэлит Про против комплекса болезней люпина узколистного сорта Витязь (полевой опыт, в среднем за 2019-2021 гг.) /**

**Table 2 – Biological effectiveness of Delete Pro dresser against a number of diseases of Vityaz variety narrow-leaf lupin (field experiment, average for 2019-2021)**

| Вариант /<br>Variant                  | Норма расхода, л/м /<br>Dose, lt | Поражение болезнями в фазы роста и развития, % /<br>Defeat by diseases in the phases of growth and development, % |                                |                      |                                |                              | Эффективность<br>против<br>антракноза, %/<br>Effectiveness against<br>anthracnose, % |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       |                                  | стеблевание /<br>stem formation                                                                                   | бутонизация /<br>bud formation |                      | блестящие бобы /<br>bright pod |                              |                                                                                      |
|                                       |                                  |                                                                                                                   | <i>Colletotrichum lupini</i>   | <i>Fusarium spp.</i> | <i>Rhizoctonia solani</i>      | <i>Colletotrichum lupini</i> |                                                                                      |
| Контроль /<br>Control                 | -                                | 19,1                                                                                                              | 20,1                           | 9,4                  | 21,1                           | 4,5                          | -                                                                                    |
| Дэлит Про /<br>Delete Pro             | 1,5                              | 1,1                                                                                                               | 13,7                           | 3,0                  | 3,2                            | 1,6                          | 94,3                                                                                 |
| НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> | -                                | 0,55                                                                                                              | 0,47                           | 0,53                 | 0,45                           | 0,3                          | -                                                                                    |

Обработка семян протравителем способствовала достоверному повышению полевой всхожести семян – на 13,3 % по сравнению с контролем (табл. 3). Наибольшее количество всхожих семян в варианте с протравителем (97,0 %) и контроле (84,1 %) отмечалось в 2019 году, когда в период всходов в достаточном количестве было влаги и тепла.

На рост растений протравитель не оказывал отрицательного влияния. Высота растений в фазу всходов была на уровне контроля, в период от всходов и до созревания – больше, чем в контроле. В фазу полной спелости высота растений в варианте с протравителем достоверно превышала контроль на 1,9 см (HCP<sub>05</sub> = 0,57).

**Таблица 3 – Действие протравителя на всхожесть и урожайность люпина узколистного сорта Витязь (полевой опыт, в среднем за 2019-2021 гг.) /**

**Table 3 – The effect of the dresser on germination and yield of the narrow-leaf lupin of Vityaz variety (field experiment, average for 2019-2021)**

| Вариант /<br>Variant                  | Норма расхода, л/м /<br>Dose, lt | Всхожесть, % /<br>Germination, % | Высота растений, см /<br>Plant height, cm |                                                   | Продуктивных растений<br>к уборке, шт/м <sup>2</sup> /<br>Productive plants by<br>the harvest, unit/m <sup>2</sup> | Количество бобов на<br>растении, шт. /<br>Pods number per a plant, unit | Урожайность семян, т/га /<br>Seed yield, t/ha | Прибавка урожая семян, т/га /<br>Seed yield raise, t/ha | Окупаемость затрат, руб/руб /<br>Cost recovery, rubles/ruble |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                       |                                  |                                  | фаза всходов /<br>sprouting stage         | фаза полной<br>спелости /<br>total ripeness stage |                                                                                                                    |                                                                         |                                               |                                                         |                                                              |
| Контроль /<br>Control                 | -                                | 82,1                             | 13,1                                      | 45,9                                              | 42,3                                                                                                               | 5,1                                                                     | 0,72                                          | -                                                       | -                                                            |
| Дэлит Про /<br>Delete Pro             | 1,5                              | 95,4                             | 13,3                                      | 47,8                                              | 74,7                                                                                                               | 6,9                                                                     | 1,47                                          | 0,75                                                    | 5,11                                                         |
| HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> | -                                | 0,82                             | -                                         | 0,57                                              | -                                                                                                                  | -                                                                       | 0,03                                          | -                                                       | -                                                            |

Уменьшение количества больных растений в варианте с протравителем способствовало увеличению их сохранности и продуктивности к фазе полной спелости. В этом варианте количество сохранившихся растений с бобами (6,9 шт/раст.) составило 74,7 шт/м<sup>2</sup>, в контроле – 42,3 шт/м<sup>2</sup> (5,1 шт/раст.) (рис. 4, 6).

Рост урожайности семян люпина узколистного от применения Дэлит Про обеспечило как увеличение сохранности растений к уборке, так и снижение их поражения антракнозом, фузариозом и другими изучаемыми болезнями. При этом протравитель с высокой эффективностью против комплекса

грибных патогенов, в том числе и антракноза, позволяет снизить кратность обработок посевов в период вегетации, а это заметно снижает затраты на защиту полевых культур [9, 13, 14]. В варианте с протравителем Дэлит

Про (1,5 л/т) получена достоверная прибавка урожая люпина узколистного, которая окупала затраты на протравливание высеваемых семян и доработку дополнительно полученной продукции.

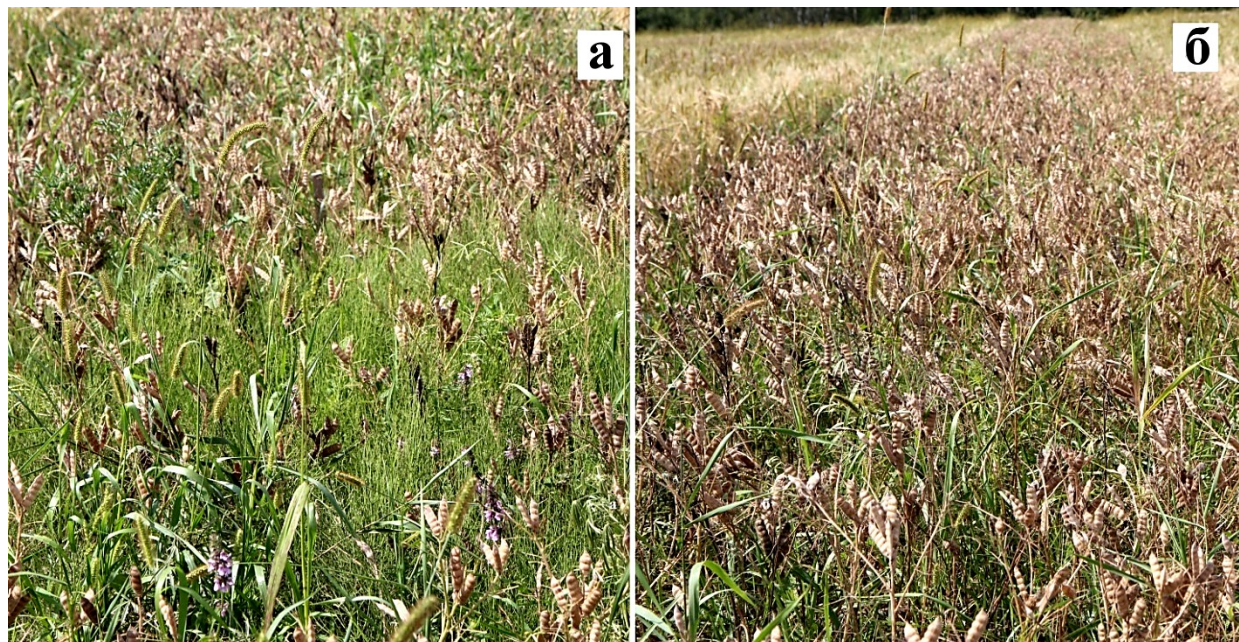


Рис. 4. Делянки люпина узколистного сорта Витязь в фазу полной спелости:

а – контроль (без протравливания); б – вариант с протравителем Дэлит Про – 1,5 л/т /

Fig. 4. The plots of narrow-leafed lupin of Vityaz variety in the stage of full ripeness:

а – control (treatment free); б – variant with Delete Pro dresser use – 1.5 l/t

**Закключение.** Оптимальная норма обработки семян люпина узколистного сорта Витязь протравителем Дэлит Про против семенной инфекции возбудителя антракноза составляет 1,5 л/т. В среднем за годы исследований в полевых условиях биологическая эффективность против семенной инфекции антракноза составила 94,3 %, что значительно снижало инфекционную нагрузку патогена на растения в период вегетации и сократило потери урожая. Количество пораженных антракнозом растений в опыте составило 1,1 % при 19,1 % в контроле. Поражение бобов в фазе блестящего боба снизилось в 6,6 раза. Протравитель показал высокую эффективность против грибов из рода *Fusarium* и прикорневой гнили ризоктонии. Поражение растений этими патогенами сни-

зилось соответственно в 1,5 и 3,1 раза. Протравитель в 2,8 раза сократил распространение на бобах серой гнили. Полевая всхожесть семян достоверно увеличилась на 13,3 %. Сохранность продуктивных растений к уборке повысилась на 32,3 шт., что на 51,1 % увеличило урожай семян. Полученная достоверная прибавка урожая семян 0,75 т/га окупала затраты на применение протравителя в размере 5,11 рубля на каждый рубль затрат.

Авторы полагают, что проведенные исследования по применению протравителя Дэлит Про против грибных патогенов люпина узколистного и полученные результаты ускорят регистрацию его использования на территории РФ в технологиях возделывания ценной высокобелковой кормовой культуры.

#### Список литературы

1. Косолапов В. М., Яговенко Г. Л., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Новик Н. В., Мисникова Н. В., Слесарева Т. Н., Исаева Е. И., Пимохова Л. И., Яговенко Т. В., Такунов И. П. Люпин: селекция, возделывание, использование. Брянск: Брянское областное полиграфическое объединение, 2020. 304 с.
2. Taylor J. L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer Cham., 2020. pp. 95-108. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21270-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21270-4_8)

3. Агеева П. А., Почутина Н. А., Матюхина М. В. Люпин узколистый – источник ценных питательных веществ, для использования в кормопроизводстве. Кормопроизводство. 2020;(10):29-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44576992>
4. Trivedi Sh., Srivastava M. N., Srivastava A. K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S., Srivastava Y. K. Status of root and foliar fungal diseases of pulses at different agro-climatic zones of Uttar Pradesh, India. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017;6(11):152-165. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.611.020>
5. Ahmad A., Thomas G. J., Barker S. J., MacLeod W. J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). Crop and Pasture Science. 2015;67(1):81-90. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP15073>
6. Ашмарина Л. Ф., Бакшаев Д. Ю., Ермохина А. И., Садохина Т. А. Болезни люпина в Западной Сибири. Защита и карантин растений. 2019;(2):19-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36922330&ysclid=l42pjc6d4j>
7. Резвякова С. В., Архангельская А. С. Защита люпина белого от антракноза. Вестник аграрной науки. 2018;(3(72)):83-86. DOI: <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2018.3.83>
8. Пимохова Л. И., Яговенко Г. Л. Болезни и вредители люпина: система и средства защиты. Брянск: Читай-город, 2020. 88 с.
9. Андреева И. В., Ашмарина Л. Ф., Шаталова Е. И. Особенности изменения фитосанитарного состояния кормовых культур в условиях Западной Сибири. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(10):26-30. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11006>
10. Липчанская Р. А. Фитоэкспертиза – важнейший элемент семенного контроля. Защита и карантин растений. 2021;(2):3-4. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44605306&ysclid=l42pl19wxz>
11. Косульников Ю. В., Лактионов Ю. В. О факторах, влияющих на токсичность протравителей семян для симбиотических азотфиксаторов в составе биопрепаратов. Сельскохозяйственная биология. 2018;53(5):1037-1044. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.5.1037rus>
12. Слесарева Т. Н., Лукашевич М. И. Люпин и некоторые вопросы технологии его возделывания. Защита и карантин растений. 2018;(7):12-16. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35161478&ysclid=l43q4sgtnh>
13. Пимохова Л. И., Яговенко Г. Л., Царапнева Ж. В., Мисникова Н. В. Предпосевная обработка семян люпина узколистного против антракноза и других болезней. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021;51(4):22-32. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-3>
14. Безмукто С. В., Черепанова Т. А. Фунгицидные протравители Дэлит Про и Редиг Про против грибных фитопатогенов сои. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021;51(2):22-32. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-5>

### References

1. Kosolapov V. M., Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V., Misnikova N. V., Slesareva T. N., Isaeva E. I., Pimokhova L. I., Yagovenko T. V., Takunov I. P. Lupin: breeding, cultivation, use. Bryansk: Bryanskoe oblastnoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2020. 304 p.
2. Taylor J. L., De Angelis G., Nelson M. N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer Cham., 2020. pp. 95-108. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21270-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21270-4_8)
3. Ageeva P. A., Pochutina N. A., Matyukhina M. V. Blue lupine – source of valuable nutrients in forage production. Kormoproizvodstvo = Forage Production. 2020;(10):29-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44576992>
4. Trivedi Sh., Srivastava M. N., Srivastava A. K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S., Srivastava Y. K. Status of root and foliar fungal diseases of pulses at different agro-climatic zones of Uttar Pradesh, India. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017;6(11):152-165. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.611.020>
5. Ahmad A., Thomas G. J., Barker S. J., MacLeod W. J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). Crop and Pasture Science. 2015;67(1):81-90. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP15073>
6. Ashmarina L. F., Bakshaev D. Yu., Ermokhina A. I., Sadokhina T. A. Lupine diseases in western Siberia. Zashchita i karantin rasteniy. 2019;(2):19-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36922330&ysclid=l42pjc6d4j>
7. Rezvyakova S. V., Arkhangelskaya A. S. Protection of white lupin from anthracnose. Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science. 2018;(3(72)):83-86. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2018.3.83>
8. Pimokhova L. I., Yagovenko G. L. Diseases and pests of lupin: system and protection. Bryansk: Chitay-gorod, 2020. 88 p.
9. Andreeva I. V., Ashmarina L. F., Shatalova E. I. Features of Changes in the Phytosanitary Condition of Forage Crops in Western Siberia. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis. 2019;33(10):26-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11006>

10. Lipchanskaya R. A. Phytoexamination - the most important element of seed control. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2021;(2):3-4. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44605306&ysclid=142pll9wxz>
11. Kosulnikov Yu. V., Laktionov Yu. V. Factors which influence toxicity of legume seed disinfectants towards biologicals based on symbiotic nitrogen fixers. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2018;53(5):1037-1044. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.5.1037rus>
12. Slesareva T. N., Lukashevich M. I. Lupine and some issues of technology for its cultivation. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018;(7):12-16. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35161478&ysclid=143q4sgtnh>
13. Pimokhova L. I., Yagovenko G. L., Tsarapneva Z. V., Misnikova N. V. Pre-sowing seed treatment of narrow-leaved lupin against anthracnose and other diseases. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(4):22-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-3>
14. Bezmutko S. V., Cherepanova T. A. Fungicidal protectants Delete Pro and Redigo Pro against fungal phytopathogens of soybeans. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(2):40-48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-5>

#### **Сведения об авторах**

**Пимохова Людмила Ивановна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления фитопатологии люпина, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», д. 2, ул. Берёзовая, п. Мичуринский, Брянский р-н, Брянская обл., Российская Федерация, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9565-8176>

**Яговенко Герман Леонидович**, доктор с.-х. наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», д. 2, ул. Берёзовая, п. Мичуринский, Брянский р-н, Брянская обл., Российская Федерация, 241524, e-mail: [lupin\\_mail@mail.ru](mailto:lupin_mail@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3205-230X>

**Царапнева Жанна Владимировна**, старший научный сотрудник направления фитопатологии люпина, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», д. 2, ул. Берёзовая, п. Мичуринский, Брянский р-н, Брянская обл., Российская Федерация, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311-5896>

✉ **Мисникова Надежда Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», д. 2, ул. Берёзовая, п. Мичуринский, Брянский р-н, Брянская обл., Российская Федерация, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: [lupin\\_nvmmisnikova@mail.ru](mailto:lupin_nvmmisnikova@mail.ru)

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

**Ludmila I. Pimokhova**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Head of the Department of Lupin Phytopathology, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Berezovaya street, 2, p/o Mitchurinsky, Bryansk, Russian Federation, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9565-8176>

**German L. Yagovenko**, DSc in Agricultural Science, Director, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Berezovaya street, 2, p/o Mitchurinsky, Bryansk, Russian Federation, 241524, e-mail: [lupin\\_mail@mail.ru](mailto:lupin_mail@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3205-230X>

**Zhanna V. Tsarapneva**, senior researcher, the Department of Lupin Phytopathology, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Berezovaya street, 2, p/o Mitchurinsky, Bryansk, Russian Federation, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311-5896>

✉ **Nadezhda V. Misnikova**, PhD in Agricultural Science, scientific secretary, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Berezovaya street, 2, p/o Mitchurinsky, Bryansk, Russian Federation, 241524, e-mail: [lupin.fitopat@mail.ru](mailto:lupin.fitopat@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: [lupin\\_nvmmisnikova@mail.ru](mailto:lupin_nvmmisnikova@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.724-731>



УДК 636.59

## Влияние биологически активной добавки бетаин-альдегид на мясную продуктивность перепелов

© 2022. М. К. Гайнуллина , А. В. Кузнецова, Е. Е. Куренков

ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана», г. Казань, Российская Федерация

*В научной работе изложены экспериментальные результаты применения добавки бетаин-альдегид при выращивании молодняка перепелов. Эксперимент проведен на двух группах перепелов породы феникс в возрасте 10 суток, которым скармливали полнорационный комбикорм. Птица второй группы дополнительно с питьевой водой получала бетаин-альдегид (ООО «Сумус», г. Казань). Исследованиями установлено, что во второй группе перепелов, получавшей изучаемую добавку, живая масса и среднесуточные приросты были больше контроля у самцов на 2,6 % ( $P \leq 0,001$ ) и 7,9 %, у самок соответственно на 4,5 % ( $P \leq 0,01$ ) и 12,7 % ( $P \leq 0,001$ ). У перепелов второй группы увеличилась убойная масса на 7,8 %, масса непотрошенной тушки – на 8,8 %, полупотрошенной и потрошенной тушки – на 8,7 %, выход съедобных частей – на 11,3 % и мышц – на 13,5 % ( $P \leq 0,01$ ), относительная и абсолютная масса печени и мышечного желудка. Применение бетаин-альдегида не повлияло отрицательно на органолептические показатели мяса подопытной птицы.*

**Ключевые слова:** кормление, перепела, масса, прирост, мясо, качество

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке ООО «Сумус» в рамках договора от 01.03.2022 г. (тема «Применение Бетаин-альдегида в сельском хозяйстве и ветеринарии»).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гайнуллина М. К., Кузнецова А. В., Куренков Е. Е. Влияние биологически активной добавки бетаин-альдегид на мясную продуктивность перепелов. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):724-731.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.724-731>

Поступила: 04.05.2022

Принята к публикации: 22.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## The effect of the biologically active additive betaine-aldehyde on the meat productivity of quails

© 2022. Munira K. Gainullina , Anna V. Kuznetsova, Evgeny E. Kurenkov

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russian Federation

*The experimental results of betaine-aldehyde additive use in young quail diets rations have been provided. To conduct the experiment, two groups of Phoenix quails at the age of 10 days fed with complete compound feed were formed. Poultry of the second group received betaine-aldehyde additionally with drinking water (Sumus LLC, Kazan). It has been established that in the second group receiving the experimental supplement, live weight and average daily gains were significantly greater in males than in control groups by 2.6 % ( $P \leq 0,001$ ) and 7.9 % in females, by 4.5 % ( $P \leq 0,01$ ) and 12.7 % ( $P \leq 0,001$ ), respectively. In the second group of quails, the slaughter weight increased by 7.8 %, the mass of the ungutted carcass by 8.8 %, the half-gutted and the gutted carcass – by 8.7 %, the yield of edible parts – by 11.3 % and muscles by 13.5 % ( $P \leq 0,01$ ), as well as the relative and absolute mass of the liver and muscular stomach. The use of betaine-aldehyde had no negative effect on the organoleptic indicators of the experimental poultry meat.*

**Keywords:** feeding, quail, weight, growth, meat, quality

**Acknowledgements:** the research was supported by Sumus LLC under an agreement dated 03.01.2022 (The topic is "Application of Betaine-aldehyde in agriculture and veterinary medicine").

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Gainullina M. K., Kuznetsova A. V., Kurenkov E. E. The effect of the biologically active additive betaine-aldehyde on the meat productivity of quails. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(5):724-731. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.724-731>

Received: 04.05.2022

Accepted for publication: 22.09.2022

Published online: 26.10.2022

В последние годы российские сельхоз-производители начали заниматься разведением перепелов. Биологической особенностью перепелов является интенсивный рост и скороспелость, что обуславливает получение большого количества продукции с единицы площади. Одна перепелка может за год произвести яичной массы в 20 раз больше своей живой массы. Мясо и яйца перепелов отличаются уникальным химическим составом и считаются диетическими [1, 2].

Наилучшими мясными качествами обладают мясные породы перепелов, такие как фараон, техасский белый, виргинский, манчжурский, калифорнийский и др. При выращивании перепелов на мясо учитывают показатели мясной продуктивности, конверсию комбикорма, срок выращивания [3].

Как известно, обеспечить реализацию генетического потенциала продуктивности у сельскохозяйственной птицы можно только при организации полноценного сбалансированного питания и обеспечении организма биологически активными веществами. Поэтому с целью повышения интенсивности выращивания и сохранности перепелов широко используются биологически активные кормовые добавки [4, 5, 6, 7]. Определенный интерес в кормлении перепелов представляет применение добавок, которые положительно влияют на адаптацию организма к различным стрессовым факторам и мясную продуктивность, например, бетаин<sup>1</sup> [8].

В связи с этим изучение влияния биологически активной кормовой добавки бетаинальдегид на мясную продуктивность перепелов является актуальной проблемой, имеет определённый научный и практический интерес.

Бетаин (от лат. *Beta* – свёкла) триметильное производное глицина – триметилглицин, или триметиламиноуксусная кислота [9]. Впервые это вещество было обнаружено в сахарной свекле, оно также содержится в свекле обыкновенной, шпинате, зародышах пшеницы и других растениях, печени животных и морепродуктах. В настоящее время

бетаин доступен в очищенных формах (безводный, монофосфатный и гидроксидный). Химическая формула  $C_5H_{11}NO_2$ .

Бетаин всасывается в желудочно-кишечном тракте. Внутриклеточное накопление происходит через активные ( $Na^+$  или  $Cl^-$ ) и пассивные ( $Na^+$ ) транспортные системы. Выводится путем метаболизма и катаболизируется в ряде ферментативных реакций (транسمетилирования) в митохондриях клеток печени и почек [10]. В физиологических процессах он выполняет роль осмолита и донора метила (транسمетилирование). В качестве осмолита повышает удержание внутриклеточной воды и защищает внутриклеточные ферменты от инактивации под действием осмоса.

Как донор метильной группы, бетаин участвует в метиониновом цикле (в основном в печени) и реакциях транسمетилирования при синтезе [10] карнитина и креатина<sup>2,3</sup>.

Бетаин широко используется в питании животных для стимулирования роста и развития, а также как источник метила во время метаболизма метионина за счет перепрограммирования питания посредством регуляции экспрессии генов [10]. Установлено, что применение бетаина в кормлении перепелов увеличивает живую массу 42-дневных самок на 8,2 % и самцов – на 6,0 %, массу грудных мышц – на 11,4 % и бедренных мышц – на 7,9 % [11]. По данным А. М. Гилевич, при включении в комбикорма 250 г/т холина и 500 г/т бетаина живая масса цыплят-бройлеров, по сравнению с контрольными показателями, увеличивается на 4,7 %, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы уменьшаются на 5,0 %<sup>4</sup>. Следует отметить, что зарубежные исследователи считают, что бетаин эффективен при выращивании птиц на низкокалорийной диете. S. M. El-Bahr с соавторами (2021) установили, что бетаин улучшает у японских перепелов параметры качества мяса, а именно потери при варке, потери при оттаивании и влагоудерживающую способность при выращивании на низкокалорийном рационе [12].

---

<sup>1</sup>Гилевич А. М. Бетаин в рационах цыплят-бройлеров: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Сергиев Посад, 2002. 23 с.

<sup>2</sup>Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х. Органическая химия. М.: изд-во «Химия», 1979. 502 с.

<sup>3</sup>Абрамзон А. А., Бочаров В. В., Гаевой Г. М., Майофис А. Д., Маташкина Р. М., Сквирский Л. Я., Чистяков Б. Е., Шиц Л. А. Поверхностно-активные вещества: справочник. Л.: изд-во «Химия», 1979. 376 с.

<sup>4</sup>Гилевич А. М. Указ. соч.

**Цель исследований** – изучить динамику роста и мясную продуктивность молодняка перепелов при использовании в рационах добавки бетаин-альдегид (бетаиновый альдегид).

**Научная новизна** – впервые в экспериментальных исследованиях изучено и установлено положительное влияние бетаин-альдегида на сохранность, динамику роста и мясную продуктивность молодняка перепелов и органолептические показатели мяса.

**Материал и методы.** Экспериментальные исследования проведены на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, ИОФХ им. А. Е. Арбузова КАЗНЦ РАН. Для эксперимента по принципу сбалансированных групп было сформировано две группы перепелов контрольная и опытная породы феникс в возрасте 10 суток ( $n = 80$ ). Содержание и кормление птицы соответствовали зоотехническим нормам. Молодняк выращивали в трехъярусных клеточных батареях БВМ-Ф-4Ц, оборудованных ниппельными поилками и кормушками.

Согласно схеме опыта, в зависимости от возраста, подопытная птица обеих групп получала полнорационный комбикорм ПК-2 производства ОАО «Богдановичский комбикормовый завод» (основной рацион – ОР). Перепелам второй опытной группы дополнительно к ОР с питьевой водой выпаивали оптимальную дозу бетаин-альдегида (ООО «Сумус», г. Казань), которая была установлена ранее в опытах на лабораторных животных. В течение опыта ежедневно учитывали сохранность поголовья, поедаемость комбикорма, поведенческие рефлексы, цвет и консистенцию помета.

В комбикорме и пробах мяса подопытных перепелов определяли содержание сухого вещества – высушиванием навески в сушильном шкафу СМ 50/250-250 ШС при температуре  $105 \pm 5$  °С, протеина – по методике Кьельдаля с помощью прибора ДК-20, UDK 132; жира – на приборе Сокслета, клетчатки – на приборе АКВ-6; золы – сухим озолением; кальция – объемным методом; фосфора – на спектрофотометре УВ-1280.

Содержание обменной энергии в комбикорме определяли по формуле:

$$ОЭ = 17,84 * пП + 36,78 * пЖ + 17,71 * пК + 17,71 * пБЭВ,$$

где ОЭ – обменная энергия в 1 кг комбикорма, МДж; пП, пЖ, пК, пБЭВ – перевариваемые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества в граммах.

В конце периода откорма в возрасте 40 суток был проведен контрольный убой птицы, при этом дана патологоанатомическая оценка органов и тканей, анатомическая разделка тушек и морфометрический анализ внутренних органов. Оценку качества мяса перепелов проводили по требованиям ГОСТ Р 51944-2002 «Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы».

Весь цифровой материал обработан методом вариационной статистики с определением t-критерия достоверности Стьюдента. Достоверной считали разницу  $P \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Бетаин-альдегид (бетаиновый альдегид) – промежуточный продукт метаболизма глицина, серина и треонина, является субстратом для холин-дегидрогеназы (митохондриальная). Бетаин можно рассматривать как производное от аминокислоты глицина, химическая формула –  $C_5H_{12}NO^+$ .

Альдегиддегидрогеназа (EC1.2.1.3) стимулирует превращение бетаинового альдегида в глицинбетаин<sup>5</sup>.

Нами установлено, что бетаин-альдегид не повлиял отрицательно на физиологическое состояние подопытных перепелов. В период эксперимента у всего поголовья отмечены нормальные поведенческие рефлексы, остатков корма не наблюдалось. Цвет и консистенция помета соответствовали данному виду птицы.

Схема кормления перепелов представлена в таблице 1.

Применение бетаинового альдегида положительно повлияло на рост, развитие и сохранность перепелов. Полученные в разные возрастные периоды экспериментальные данные представлены в таблицах 2, 3, 4.

На 17 сутки опыта живая масса птицы второй группы была больше на 4,1%, чем у контрольных перепелов, на 24 сутки разница между живой массой была незначительна, разница по среднесуточному приросту живой массы между группами была также незначительной. На 38 сутки эксперимента масса самцов второй опытной группы была на 2,7% ( $P \leq 0,001$ ), а самок на 4,5% ( $P \leq 0,01$ ) больше контроля.

<sup>5</sup>Глицин-бетаиновый альдегид. [Электронный ресурс]. URL: [https://star-wiki.ru/wiki/Glycine\\_betaine\\_aldehyde](https://star-wiki.ru/wiki/Glycine_betaine_aldehyde) (дата обращения: 15.10.2021).

*Таблица 1 – Схема кормления перепелов /*  
*Table 1 – Quail feeding scheme*

| Возраст птицы, сутки<br>/ Age of the bird, day | Количество заданного корма<br>на 1 голову в сутки, г /<br>The amount of a given feed<br>per 1 head per day, g | Содержание в суточном рационе /<br>Content in the daily diet |                                                    |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                |                                                                                                               | сырого протеина, г /<br>crude protein, g                     | обменной энергии, ккал /<br>metabolic energy, kcal |
| 10                                             | 9,0                                                                                                           | 2,50                                                         | 26,10                                              |
| 11                                             | 10,0                                                                                                          | 2,50                                                         | 29,00                                              |
| 12                                             | 11,0                                                                                                          | 2,75                                                         | 31,90                                              |
| 13                                             | 12,0                                                                                                          | 3,00                                                         | 34,80                                              |
| 14-18                                          | 13,0                                                                                                          | 3,25                                                         | 37,70                                              |
| 19-21                                          | 14,0                                                                                                          | 3,50                                                         | 40,60                                              |
| 22-23                                          | 14,0                                                                                                          | 3,50                                                         | 40,60                                              |
| 24-26                                          | 15,0                                                                                                          | 3,15                                                         | 43,50                                              |
| 27-28                                          | 16,0                                                                                                          | 3,20                                                         | 46,40                                              |
| 29-38                                          | 16,0                                                                                                          | 3,20                                                         | 44,00                                              |

*Таблица 2 – Динамика роста и среднесуточный прирост живой массы подопытных перепелов в период с 10 по 24 сутки, г (n = 80) /*  
*Table 2 – Growth dynamics and average daily increase in live weight of experimental quails in the period from 10 to 24 days, g (n = 80)*

| Показатель / Indicator                                                    | I группа<br>контрольная, ОП /<br>Group I control<br>basic diet (BD) | II опытная группа<br>ОП + бетаин-альдегид /<br>Group II, the test subject<br>BD + betaine-aldehyde |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Живая масса / Live weight:<br>в возрасте 10 суток / at the age of 10 days | 47,35±0,87                                                          | 47,73±1,16                                                                                         |
| в возрасте 17 суток / at the age of 17 days                               | 80,85±1,74                                                          | 84,13±1,98                                                                                         |
| в возрасте 24 суток / at the age of 24 days                               | 117,30±1,98                                                         | 118,53±2,24                                                                                        |
| Среднесуточный прирост / Average daily increase                           | 5,00±0,10                                                           | 5,06±0,83                                                                                          |

*Таблица 3 – Динамика и среднесуточный прирост живой массы подопытных перепелов в период с 31 по 38 сутки, г /*  
*Table 3 – Dynamics and average daily increase in live weight of experimental quails in the period from 31 to 38 days, g*

| Показатель /<br>Indicator                                                           | I группа контрольная /<br>Group I control |                             | II опытная группа /<br>Experimental II group |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                                     | самцы / males<br>(n = 30)                 | самки / females<br>(n = 36) | самцы / males<br>(n = 38)                    | самки / females<br>(n = 42) |
| Живая масса / Live weight of quails:<br>в возрасте 31 суток / at the age of 31 days | 130,20±3,07                               | 162,53±1,46                 | 130,80±1,81                                  | 164,20±2,02                 |
| в возрасте 38 суток / at the age of 38 days                                         | 186,00±4,34                               | 232,47±2,14                 | 191,00±4,22***                               | 243,00±2,67**               |
| Среднесуточный прирост /<br>Average daily increase                                  | 7,97±0,21                                 | 9,99±0,12                   | 8,60±0,43                                    | 11,26±0,22***               |

\*\*P ≤ 0,01, \*\*\*P ≤ 0,001

Аналогичная закономерность наблюдалась и по среднесуточным приростам

живой массы у перепелов. В анализируемый период у самцов второй группы среднесу-

точный прирост на 7,9 %, у самок – на 12,7 % ( $P \leq 0,001$ ) получен больше контроля. Наши данные согласуются с результатами исследований R.A. Chudak (2021), которые получены при скормливании бетаина японским перепелам [11].

В целом, к концу опытного периода, средняя живая масса перепелов контрольной

группы составила  $209,23 \pm 3,86$  г, птицы второй группы, получавшей изучаемую добавку,  $217,00 \pm 4,24$  г. Прирост живой массы перепелов за учетный период контрольной группы составил  $161,88 \pm 3,71$  г, второй опытной –  $169,27 \pm 4,21$  г, среднесуточный прирост живой массы составил соответственно  $5,78 \pm 0,13$  г и  $6,05 \pm 0,15$  г (табл. 4).

**Таблица 4 – Влияние добавки бетаин-альдегид на затраты корма, сохранность и прирост массы перепелов (n = 80) /**

**Table 4 – The effect of betaine-aldehyde additive on feed consumption, survival rate and live weight of quails (n = 80)**

| Показатель / Indicator                                                                                                                   | I группа<br>контрольная /<br>Group I control | II опытная группа /<br>Experimental II group |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Сохранность, % / Survival rate, %                                                                                                        | 82,50                                        | 100                                          |
| Живая масса, г / Live weight, g:<br>в начале опыта (в возрасте 10 суток) /<br>at the beginning of the experiment (at the age of 10 days) | $47,35 \pm 0,87$                             | $47,73 \pm 1,16$                             |
| в конце опыта (в возрасте 38 суток) /<br>at the end of the experiment (at the age of 38 days)                                            | $209,23 \pm 3,86$                            | $217,00 \pm 4,24$                            |
| Общий прирост живой массы за период опыта, г /<br>The total increase in the live weight over the period of experiment, g                 | $161,88 \pm 3,71$                            | $169,27 \pm 4,21$                            |
| % к контрольной группе / % to the control group                                                                                          | 100                                          | 104,6                                        |
| Среднесуточный прирост живой массы за период опыта, г /<br>Average daily increase in live weight during the experiment period, g         | $5,78 \pm 0,13$                              | $6,05 \pm 0,15$                              |
| % к контрольной группе / % to the control group                                                                                          | 100                                          | 104,7                                        |
| Затрачено комбикорма на 1 кг прироста живой массы, кг /<br>Spent compound feed per 1 kg of live weight gain, kg                          | 2,56                                         | 2,45                                         |
| % к контрольной группе / % to the control group                                                                                          | 100                                          | 95,7                                         |

Применение бетаинового альдегида способствовало снижению расхода комбикормов. В расчете на 1 кг прироста живой массы в контрольной группе затрачено 2,56 кг комбикорма, а во второй опытной – 2,45 кг, что меньше на 4,3 %.

Результаты изучения мясной продуктивности перепелов представлены в таблице 5. Из данных таблицы 5 видно, что убойная масса перепелов, получавших добавку, составила  $198,67 \pm 27,18$  г., что на 7,8 % больше контрольных, масса непотрошенной тушки была больше на 8,8 %, масса полупотрошенной и потрошенной тушек – на 8,7 %. У птицы, получавшей биологически активную добавку, также увеличились масса съедобных частей на 11,3 % и выход мышц на 13,5 % ( $P \leq 0,01$ ). Эти

результаты, вероятнее всего, связаны с метионин-сберегающей активностью бетаина, что является основным фактором дополнительного синтеза белка [13].

Морфометрический анализ внутренних органов подопытных перепелов представлен в таблице 6.

Нами отмечено, что, по сравнению с контролем, у подопытной птицы увеличились относительная и абсолютная масса печени и мышечного желудка, но при этом уменьшилась относительная масса сердца. По данным R. A. Chudak, у перепелов, получавших бетаин, масса печени и желудка также была больше, чем у контрольной, но отмечалось увеличение массы сердца, что отличается от наших результатов [11].

*Таблица 5 – Мясная продуктивность перепелов контрольной и опытной групп (n=10) /*  
*Table 5 – Meat productivity of quails of the control and experimental groups (n = 10)*

| <i>Показатель / Indicator</i>                                                                 | <i>I группа<br/>контрольная /<br/>Group I control</i> | <i>II опытная группа /<br/>Experimental II group</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Предубойная масса, г / Pre-slaughter mass, g                                                  | 207,32±3,31                                           | 215,87±3,76                                          |
| Убойная масса, г / Slaughter mass, g                                                          | 184,33±14,75                                          | 198,67±27,18                                         |
| Масса тушки, г / Weight carcass, g:                                                           |                                                       |                                                      |
| непотрошенной / ungutted                                                                      | 177,00±14,15                                          | 192,67±26,43                                         |
| полупотрошенной / half-gutted                                                                 | 167,67±13,57                                          | 182,33±25,83                                         |
| потрошенной / gutted                                                                          | 134,67±13,30                                          | 146,33±22,78                                         |
| Масса съедобных частей, г / Weight of edible parts, g                                         | 94,33±9,91                                            | 105,00±15,00                                         |
| Масса грудной и бедренной мышц, г /<br>Weight of the pectoral and femoral muscles, g          | 69,00±1,54                                            | 78,33±0,68**                                         |
| Выход по отношению к предубойной массе, % /<br>Output relative to the pre-slaughter weight, % |                                                       |                                                      |
| непотрошенной тушки / ungutted carcass                                                        | 85,38                                                 | 89,25                                                |
| полупотрошенной тушки / half-gutted carcass                                                   | 80,87                                                 | 84,46                                                |
| потрошенной тушки / gutted carcass                                                            | 64,96                                                 | 67,79                                                |
| съедобных частей / edible parts                                                               | 45,50                                                 | 48,64                                                |
| грудной и бедренной мышц / pectoral and femoral muscles                                       | 33,28                                                 | 36,29                                                |

\*\* P≤0,01

*Таблица 6 – Морфометрические показатели внутренних органов подопытных перепелов (n = 10) /*  
*Table 6 – Morphometric indicators of the internal organs of experimental quails (n = 10)*

| <i>Показатель / Indicator</i>                             | <i>I группа<br/>контрольная /<br/>Group I control</i> | <i>II опытная группа /<br/>Experimental II group</i> |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Предубойная масса, г / Pre-slaughter mass, g              | 207,32±3,31                                           | 215,87±3,76                                          |
| Убойная масса, г / Slaughter mass, g                      | 184,33±14,75                                          | 198,67±27,18                                         |
| Масса печени, г / Liver weight, g:                        | 5,33±0,67                                             | 6,00±0,58                                            |
| <i>К массе тушки, % / to the weight of the carcass, %</i> | 2,89                                                  | 3,02                                                 |
| Масса сердца, г / Heart weight, g                         | 1,67±0,33                                             | 1,67±0,33                                            |
| <i>К массе тушки, % / to the weight of the carcass, %</i> | 0,91                                                  | 0,84                                                 |
| Масса мышечного желудка, г / Muscular stomach weight, g   | 4,67±0,67                                             | 5,33±0,67                                            |
| <i>К массе тушки, % / to the weight of the carcass, %</i> | 2,53                                                  | 2,68                                                 |
| Масса несъедобных частей, г / Inedible parts weight       | 26,33±0,33                                            | 29,33±1,67                                           |
| <i>К массе тушки, % / to the weight of the carcass, %</i> | 14,28                                                 | 14,76                                                |

В таблице 7 представлены данные по оценке качества мяса подопытной птицы, из которых видно, что применение препарата бетаин-альдегид не оказало отрицательного влияния на качество перепелиного мяса. Аналогичные результаты получены S. M. El-Bahr и соавторами, которые также отмечали поло-

жительное влияние бетаина на качество мяса перепелов [12].

**Заключение.** Бетаин-альдегид является перспективной биологически активной добавкой для перепеловодства. Применение добавки в рационах перепелов повышало сохранность, положительно повлияло на динамику роста и мясную продуктивность подопытной птицы.

Таблица 7 – Качество мяса подопытной птицы, ГОСТ Р 51944-2002 (n = 10) /  
 Table 7 – Quality of experimental poultry meat, GOST R 51944-2002 (n = 10)

| Показатель / Indicator                                                                 | I группа контрольная /<br>Group I control                                                                                                                                                        | II опытная группа /<br>Experimental II group |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Внешний вид и цвет / Appearance and colour:<br>поверхности тушки / carcass surface     | Желтовато-серого цвета / Yellowish gray                                                                                                                                                          |                                              |
| подкожной и внутренней жировой ткани /<br>subcutaneous and internal adipose tissue     | Бледно-желтого цвета с красноватым оттенком /<br>Pale yellow with a reddish tinge                                                                                                                |                                              |
| серозной оболочки грудобрюшной полости /<br>the serous membrane of the thoracic cavity | Влажная блестящая, без слизи и плесени /<br>Moist shiny, no slime or mold                                                                                                                        |                                              |
| мышцы на разрезе /<br>muscles on the incision                                          | Слегка влажные, не оставляют влажного пятна на филь-<br>тровальной бумаге, бледно-розового цвета / Slightly moist,<br>does not leave a wet spot on the filter paper, pale pink                   |                                              |
| Консистенция / Consistency                                                             | Мышцы плотные, упругие, при надавливании пальцем<br>образующаяся ямка быстро выравнивается /<br>Muscles are dense, elastic when pressed with a finger,<br>the resulting fossa quickly levels out |                                              |
| Запах / Smell                                                                          | Свойственный свежему мясу перепела /<br>Peculiar to fresh quail meat                                                                                                                             |                                              |
| Прозрачность и аромат бульона /<br>Transparency and aroma of broth                     | Прозрачный, ароматный / Transparent, fragrant                                                                                                                                                    |                                              |

К концу опыта у птицы второй группы, получавшей бетаин, увеличилась живая масса самцов на 2,6 %, самок – на 4,5 %, среднесуточные приросты живой массы самцов на 7,9 %, самок – на 12,7 % ( $P \leq 0,001$ ). У перепелов второй группы увеличились убойная масса на 7,8 %, масса непотрошенной тушки – на 8,8 %, полупо-

трошенной и потрошенной тушек – на 8,7 %, масса съедобных частей на 11,3 % и выход мышц на 13,5 % ( $P \leq 0,01$ ), относительная и абсолютная масса печени и мышечного желудка. Применение бетаин-альдегида не оказало отрицательного влияния на органолептические показатели мяса подопытной птицы.

#### Список литературы

1. Гогоев О. К., Демурова А. Р., Бидеев Б. А. Характеристика перепелов разных пород. Научная жизнь. 2017;(3):54-65.
2. Овчаренко А. С., Харина Л. В., Колокольникова Т. Н. Сравнительный анализ мясной продуктивности пород перепелов и их гибридов. Эффективное животноводство. 2021;(5):116-117. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46499354>
3. Афанасьев Г. Д., Попова Л. А., Арестова Н. Е., Комарчев А. С. Мясные качества перепелов бройлерного типа в различные сроки выращивания. Птицеводство. 2013;(4):30-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19050898>
4. Волостнова А. Н., Якимов О. А. Влияние скармливания добавки «Стимул» на рост и продуктивность цыплят-бройлеров. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2012;209:82-86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17729533>
5. Гайнуллина М. К., Капитонова А. Л. Диатомит – новая кормовая добавка для птицеводства. Аграрный вестник Урала. 2010;(11-1(77)):30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18860759>
6. Темираев В. Х., Шахмурзов М. М., Гетоков О. О., Баева А. А., Фарниева М. З., Сенцова Д. О. Влияние биологически активных препаратов на процессы пищеварительного метаболизма перепелов. Известия Горского государственного аграрного университета. 2017;54(3):66-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30031113>
7. Шпынова С. А., Ядрищенская О. А., Селина Т. В., Басова Е. А. Увеличение аминокислот в составе комбикормов для перепелов. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019;(10):3-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41196530>
8. Кузнецова А. В., Гайнуллина М. К. Проблема стресса в промышленном птицеводстве. Молодежная наука – взгляд на будущее: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 30-летию независимости Республики Казахстан. Орал: Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, 2021. С. 27-29.
9. Бетаин гидрохлорид: незаменимое питательное вещество в рационе бройлеров. Агроинвестор. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/business-pages/37143-betain-gidrokhlid-nezamenimoe-pitatelnoe-veshchestvo-v-ratsione-broylerov/> (дата обращения: 15.10.2021).
10. Idriss A. A., Yun Yu., Hou Zh., Hu Ya., Sun Q., Omer N. A., Abobaker H., Ni Y., Zhao P. Dietary betaine supplementation in hens modulates hypothalamic expression of cholesterol metabolic genes in F1 cockerels through modification of DNA methylation. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 2018;217:14-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2017.12.001>
11. Chudak R. A. Productivity of meat quails fed by betaine feed additive as a part of diets. Colloquium-journal. 2021;(16-2(103)):43-47. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-16103-43-47>

12. El-Bahr S. M., Shousha S., Khattab W., Shehab A., El-Garhy O., El-Garhy H., Mohamed S., Ahmed-Farid O., Hamad A., Sabike I. Impact of dietary betaine and metabolizable energy levels on profiles of proteins and lipids, bioenergetics, peroxidation and quality of meat. *Japanese Quail. Animals*. 2021;11(1):117. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11010117>

13. Eklund M., Bauer E., Wamatu J., Mosenthin R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutr. Res. Rev.* 2007;18(1):31-48. DOI: <https://doi.org/10.1079/NRR200493>

### References

1. Gogoev O. K., Demurova A. R., Bideev B. A. Characteristic of different breeds of quails. *Nauchnaya zhizn'*. 2017;(3):54-65. (In Russ.).

2. Ovcharenko A. S., Kharina L. V., Kolokolnikova T. N. Comparative analysis of meat productivity of quail breeds and their hybrids. *Effektivnoe zhitovnovodstvo*. 2021;(5):116-117. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46499354>

3. Afanasev G. D., Popova L. A., Arestova N. E., Komarchev A. S. Meat qualities of broiler-type quails in different growing periods. *Pitsevodstvo*. 2013;(4):30-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19050898>

4. Volostnova A. N., Yakimov O. A. Influence feedings of the additive «Stimulus» on growth and efficiency of chickens-broilers. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana*. 2012;209:82-86. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17729533>

5. Gaynullina M. K., Kapitonova A. L. The diatomite new stern additive for fowling. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010;(11-1(77)):30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18860759>

6. Temiraev V. Kh., Shakhmurzov M. M., Getokov O. O., Baeva A. A., Farnieva M. Z., Sentsova D. O. Influence of biologically active preparations on the processes of quails' digestive metabolism. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorsk State Agrarian University*. 2017;54(3):66-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30031113>

7. Shpynova S. A., Yadrishchenskaya O. A., Selina T. V., Basova E. A. The increase of amino acids in the composition of compound feed for quails. *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhitvnykh i kormoproizvodstvo*. 2019;(10):3-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41196530>

8. Kuznetsova A. V., Gaynullina M. K. The problem of stress in industrial poultry farming. Youth science – A look at the future: Proceedings of International scientific and practical Conference, dedicated to the 30th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan. Oral: *Zhəngir khan atynday Batys Qazaqstan agrarlyq-tehnikalyq universiteti*, 2021. pp. 27-29.

9. Betaine hydrochloride: an essential nutrient in the broiler diet. *Agroinvestor*. 2021. Available at: <https://www.agroinvestor.ru/business-pages/37143-betain-gidrokhlid-nezamenimoe-pitatelnoe-veshchestvo-v-ratsione-broylerov/> (accessed: 15.10.2021).

10. Idriss A. A., Yun Yu., Hou Zh., Hu Ya., Sun Q., Omer N. A., Abobaker H., Ni Y., Zhao P. Dietary betaine supplementation in hens modulates hypothalamic expression of cholesterol metabolic genes in F1 cockerels through modification of DNA methylation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2018;217:14-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2017.12.001>

11. Chudak R. A. Productivity of meat quails fed by betaine feed additive as a part of diets. *Colloquium-journal*. 2021;(16-2(103)):43-47. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-16103-43-47>

12. El-Bahr S. M., Shousha S., Khattab W., Shehab A., El-Garhy O., El-Garhy H., Mohamed S., Ahmed-Farid O., Hamad A., Sabike I. Impact of dietary betaine and metabolizable energy levels on profiles of proteins and lipids, bioenergetics, peroxidation and quality of meat. *Japanese Quail. Animals*. 2021;11(1):117. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11010117>

13. Eklund M., Bauer E., Wamatu J., Mosenthin R. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutr. Res. Rev.* 2007;18(1):31-48. DOI: <https://doi.org/10.1079/NRR200493>

### Сведения об авторах:

✉ Гайнуллина Мунира Кабировна, профессор, доктор с.-х. наук, заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельхозпродукции, ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана», ул. Сибирский тракт, 35, г. Казань, Российская Федерация, 420029,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3539-4065>, e-mail: [gainullinamun@yandex.ru](mailto:gainullinamun@yandex.ru)

Кузнецова Анна Валерьевна, аспирант кафедры технологии производства и переработки сельхозпродукции, ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана», ул. Сибирский тракт, 35, г. Казань, Российская Федерация, 420029

Куренков Евгений Евгеньевич, аспирант кафедры технологии производства и переработки сельхозпродукции, ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана», ул. Сибирский тракт, 35, г. Казань, Российская Федерация, 420029

### Information about the authors

✉ Munira K. Gainullina, DSc in Agricultural Science, professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 35 Sibirskiy trakt, Kazan, Russian Federation, 420029, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3539-4065>, e-mail: [gainullinamun@yandex.ru](mailto:gainullinamun@yandex.ru)

Anna V. Kuznetsova, postgraduate student, the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 35 Sibirskiy trakt, Kazan, Russian Federation, 420029

Evgeny E. Kurenkov, postgraduate student, the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 35 Sibirskiy trakt, Kazan, Russian Federation, 420029

✉ – Для контактов / Corresponding author

# МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.732-739>

УДК 631.363.7



## Влияние изменения технологических параметров смесителя комбикормов на показатели его работы

© 2022. П. А. Савиных, Н. В. Турубанов✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская федерация

Для ведения эффективного животноводства и птицеводства необходимо использовать комбикорма, для приготовления которых в основном используют вертикальные и горизонтальные смесители. При небольшом потреблении комбикорма, входящего в рацион животных, учитывающий их потребность в питательных веществах, наиболее выгодно его приготовление хозяйством самостоятельно с использованием собственной сырьевой базы за счет сокращения времени и расходов на транспортировку и хранение готовых смесей. Для этого предпочтительнее использовать горизонтальные смесители, так как они позволяют получать комбикорма с более высокой однородностью распределения компонентов. Экспериментальные исследования проводили в 2021-2022 гг. В результате были получены математические модели рабочего процесса горизонтального смесителя, по которым построены двумерные поверхности отклика и определены оптимальные параметры работы с учетом различных конструктивных и технологических факторов. Наилучшее качество смешивания 94 % достигается при загрузке камеры смешивания 50 %, частоте вращения вала смесителя 13 мин<sup>-1</sup>, времени смешивания 18 мин. Величина пропускной способности достигает наибольшего значения 2,3 т/ч при количестве материала в камере смешивания 75 % и времени работы смесителя 12 мин, при этом частота вращения вала комбинированного шнека составляет 17,2 мин<sup>-1</sup>. Это позволяет снизить затраты труда и энергии на разработку и изготовление новых смесителей с ленточными рабочими органами и получить высококачественные корма с минимальными затратами.

**Ключевые слова:** комбикорм, компоненты смеси, смеситель, исследования, поверхности, математические модели, факторы

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0094).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Савиных П. А., Турубанов Н. В. Влияние изменения технологических параметров смесителя комбикормов на показатели его работы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):732-739.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.732-739>

Поступила: 29.04.2022

Принята к публикации: 09.09.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## The influence of changes in the technological parameters of the feed mixer on its performance

© 2022. Petr A. Savinykh, Nikolaj V. Turubanov✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

To conduct effective animal husbandry and poultry farming, it is necessary to use compound feeds. To prepare them mainly vertical and horizontal mixers are used. With a small consumption of compound feed by the farm, its independent preparation will be the most profitable due to the reduction of time and costs for transportation and storage of finished mixtures. The use of the raw material base of an agricultural enterprise makes it possible to prepare compound feeds that most fully take into account the need of animals for nutrients. It is preferable to use horizontal mixers since they allow to obtain combined feeds with a higher uniformity of component distribution. Experimental studies were conducted in 2021-2022. As the result, there have been obtained mathematical models of the working process of a horizontal mixer, according to which two-dimensional response surfaces were constructed and optimal operating parameters were determined taking into account various design and technological factors. The best mixing quality of 94 % is achieved when the mixing chamber is loaded by 50 %, the rotation speed of the mixer shaft is 13 min<sup>-1</sup>, the mixing time is 18 minutes. The throughput value reaches the highest value of 2.3 t/h with the amount of material in the mixing chamber of 75 % and the working time of the mixer of 12 minutes, while the rotation speed of the shaft of the combined screw is 17.2 min<sup>-1</sup>.

*This allows to reduce labor and energy costs for the development and manufacture of new mixers with belt working bodies and to obtain high-quality feed with minimal costs.*

**Keywords:** compound feed, components of the mixture, mixer, research, surfaces, mathematical models, factors

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0094).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interests:** the authors stated that there was no conflict of interests.

**For citations:** Savinykh P. A., Turubanov N. V. The influence of changes in the technological parameters of the feed mixer on its performance. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):732-739.

(In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.732-739>

Received: 29.04.2022

Accepted for publication: 09.09.2022

Published online: 26.10.2022

Для ведения эффективного животноводства и птицеводства необходимо использовать комбикорма. При небольшом потреблении комбикорма хозяйством наиболее выгодным будет самостоятельное его приготовление. Комбикорм, который состоит из концентратов, выращенных непосредственно в хозяйстве, наиболее учитывает потребности животных в необходимых питательных веществах. Использование сырьевой базы сельскохозяйственного предприятия позволяет сокращать время и расходы на транспортировку и хранение готовых смесей [1, 2, 3]. Для приготовления сухих рассыпных комбикормов в основном используют вертикальные шнековые и горизонтальные ленточные смесители. Непосредственно на территории сельскохозяйственных предприятий предпочтительнее использовать горизонтальные смесители с ленточными рабочими органами. Они позволяют получать комбикорма с более высокой однородностью распределения компонентов в сравнении с вертикальными смесителями [4, 5]. Это возможно за счет более интенсивного перемещения смеси рабочим органом смесителя, также в горизонтальных смесителях не происходит слеживание материала и готовый продукт выгружается полностью [6]. Таким образом, исследование горизонтальных смесителей с ленточными рабочими органами на сегодняшний день является актуальной задачей.

**Цель исследования** – получение зависимостей, показывающих влияние технологических параметров смесителя комбикормов на его рабочий процесс.

**Научная новизна** работы заключается в получении математических моделей процесса смешивания компонентов комбикормов в горизонтальном смесителе с ленточным шнеком, позволяющих определить оптимальные показатели работы смесителя.

**Материал и методы.** В лаборатории механизации животноводства разработан горизонтальный смеситель с комбинированным рабочим органом. На конструкцию смесителя получен патент РФ № 2638978 [7]. На производственной базе ФАНЦ Северо-Востока изготовлен горизонтальный смеситель (рис. 1, а) и в 2021-2022 гг. проведены исследования по определению влияния конструктивно-технологических факторов на основные показатели его работы.

Смеситель, схема которого представлена на рисунке 1, б, состоит из корпуса 1; рамы 2; загрузочного патрубка 3; выгрузочного патрубка 4; комбинированного ленточного шнека 5. Комбинированный шнек состоит из трех ленточных шнеков: внешний диаметр внешнего шнека смесителя равен  $D_1 = 1$  м, среднего –  $D_2 = 0,75$  м, внутреннего –  $D_3 = 0,4$  м; величина шага: внешнего шнека  $S_1 = 0,3$  м, среднего –  $S_2 = 0,4$  м, внутреннего –  $S_3 = 0,24$  м. Конструкция комбинированного ленточного шнека выполнена таким образом, что позволяет перемещать материал вдоль оси вала смесителя. Каждый ленточный шнек перемещает материал в своем направлении, тем самым способствует интенсивному перемешиванию компонентов комбикорма в камере смешивания. Благодаря такому движению материала повышается величина коэффициента равномерности готового комбикорма, снижаются затраты времени на приготовление смеси.

Экспериментальные исследования проводили, смешивая два компонента: основной – измельченное зерно, контрольный – горох. Количество контрольного компонента выбрано исходя из содержания белковых добавок в комбикормах для КРС и составило 12,5 %<sup>1</sup>. Частоту вращения вала комбинированного ленточного шнека изменяли с помощью преобразователя частоты тока Altivar ATV-312.

<sup>1</sup>НТП-АПК 1.10.16.002-03 Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034655>

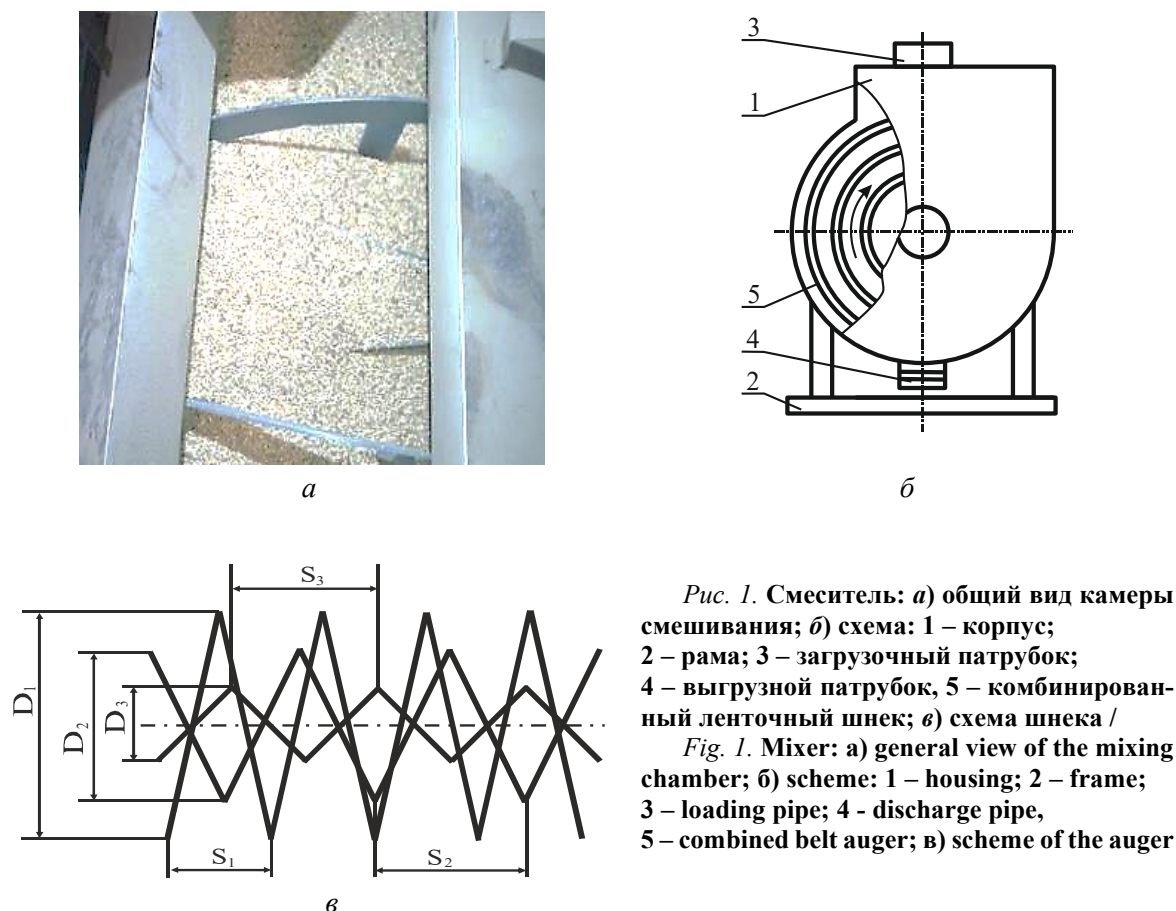


Рис. 1. Смеситель: а) общий вид камеры смешивания; б) схема: 1 – корпус; 2 – рама; 3 – загрузочный патрубок; 4 – выгрузный патрубок, 5 – комбинированный ленточный шнек; в) схема шнека /  
Fig. 1. Mixer: a) general view of the mixing chamber; б) scheme: 1 – housing; 2 – frame; 3 – loading pipe; 4 - discharge pipe, 5 – combined belt auger; в) scheme of the auger

Технологические и энергетические показатели работы смесителя вычисляли по нижеприведенным формулам.

Мощность, необходимую на привод комбинированного ленточного шнека, определяли [8]:

$$N_{ш} = N_{эл} \cdot \eta_p \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{ц}, \quad (1)$$

где  $N_{эл}$  – мощность, потребляемая электродвигателем, кВт;  $\eta_p$  – КПД ременной передачи;  $\eta_{ред}$  – КПД редуктора;  $\eta_{ц}$  – КПД цепной передачи.

Удельные энергозатраты характеризуют отношение количества энергии, потребляемой электродвигателем, к пропускной способности смесителя в единицу времени [8]:

$$q_{эл} = \frac{N_{эл}}{Q}, \quad (2)$$

где  $Q$  – пропускная способность смесителя, т/ч.

Пропускная способность смесителя  $Q$  (кг) за 1 час рабочего времени [8]:

$$Q = \frac{60 \cdot G}{t}, \quad (3)$$

где  $G$  – масса смеси в камере смешивания, кг;  $t$  – время цикла смешивания компонентов, мин.

Время цикла смешивания компонентов определяли по выражению [8]:

$$t = t_{заг} + t_{см} + t_{выг}, \quad (4)$$

где  $t_{заг}$  – время загрузки смесителя, мин;  $t_{см}$  – время работы смесителя, мин;  $t_{выг}$  – время выгрузки смесителя, мин.

Основной характеристикой качества смеси служит коэффициент однородности, который можно определить по выражению [9]:

$$\nu = 100 - \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $x_i$  – текущее значение величины контрольного компонента;  $\bar{x}$  – среднеарифметическое значение величины контрольного компонента  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$ ;  $n$  – число проб.

После смешивания контрольного компонента с основой (дёрт) из камеры смешивания проводили отбор проб согласно ГОСТ Р ИСО 6497-2011. Пробы отбирали специально изготовленным пробоотборником, представленным на рисунке 2.

Каждую пробу помещали в пакет, подписывали и герметично упаковывали. Для определения текущего значения величины контрольного компонента проводили рассев

смеси на решетках. Размер отверстий решет при рассеве и разделении смеси на решетном столе должен быть одинаковым. Ширина прямоугольных отверстий в решетках подбирается таким образом, чтобы полностью отделять

контрольный компонент от смеси, при проведении наших исследований она составляла 3 мм. Полученные после рассева фракции взвешивали и по формуле (3) рассчитывали коэффициент однородности в опыте [10].

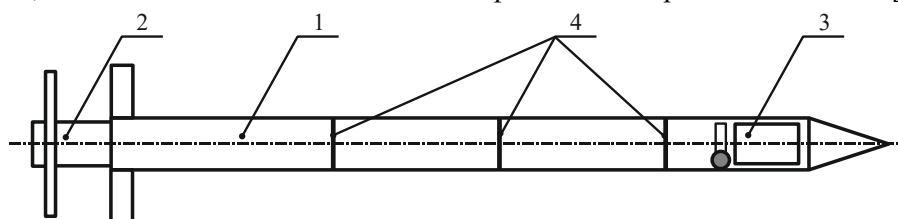


Рис. 2. Схема пробоотборника: 1 – направляющая; 2 – труба для выгрузки пробы; 3 – окно для отбора пробы; 4 – метки определения уровня /

Fig. 2. Sampler diagram: 1 – guide; 2 – pipe for unloading samples; 3 – window for sampling; 4 – level determination marks

После отбора проб из камеры смешивания оставшуюся смесь разделяли на решетном столе на 2 фракции: контрольный компонент и основа (дёрт) (рис. 3). После разделения на фракции компоненты смеси готовы для проведения дальнейших экспериментальных исследований.



Рис. 3. Общий вид решетного стола /

Fig. 3. General view of the sieve table

После обработки результатов экспериментальных исследований в программе Statgraphics получены математические модели

процесса смешивания, которые позволяют построить двумерные поверхности отклика, наглядно показывающие влияние факторов на критерии оптимизации [11, 12]. Таким образом, по результатам эксперимента можно определить оптимальные конструктивно-технологические параметры исследуемого горизонтального смесителя.

**Результаты и их обсуждение.** Однофакторные эксперименты позволили определить значимые факторы и величину их изменения [8, 13]. Для определения оптимальных показателей работы смесителя наиболее подходит методика планирования многофакторного эксперимента [14]. За факторы приняты:  $x_1$  – частота вращения комбинированного шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $x_2$  – количество материала в камере смешивания, %;  $x_3$  – время работы смесителя, мин. Уровни варьирования факторов выбраны на основании проведенных ранее однофакторных экспериментов [8] и представлены в таблице. В качестве критериев оптимизации приняты:  $y_1$  – коэффициент однородности, %;  $y_2$  – удельные энергозатраты,  $\text{кВт} \cdot \text{ч/т}$ ;  $y_3$  – пропускная способность,  $\text{т/ч}$ .

Таблица – Факторы и уровни их варьирования /

Table – Factors and levels of their variation

| Уровни варьирования факторов /<br>Levels of variation of factors | Частота вращения комбинированного шнека, $\text{мин}^{-1}$ /<br>Rotation speed of the combined screw, $\text{min}^{-1}$ | Количество материала в камере смешивания, % /<br>The amount of material in the mixing chamber, % | Время работы смесителя, мин /<br>Mixer operating time, min |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                                  | $x_1$                                                                                                                   | $x_2$                                                                                            | $x_3$                                                      |
| Верхний (+1) / Upper                                             | 21,5                                                                                                                    | 75                                                                                               | 18                                                         |
| Средний (0) / Middle                                             | 17,2                                                                                                                    | 62,5                                                                                             | 15                                                         |
| Нижний (-1) / Lower                                              | 12,9                                                                                                                    | 50                                                                                               | 12                                                         |

С учетом выбранных факторов и интервалов их варьирования проведены экспериментальные исследования по плану Бокса-Бенкина,

$$y_1 = 90,92 - 0,95 \cdot x_2 - 0,36 \cdot x_3 + 0,58 \cdot x_1 x_2 - 0,39 \cdot x_1 x_3 - 0,62 \cdot x_2 x_3 + 1,11 \cdot x_3^2; \quad (6)$$

$$y_2 = 3,37 - 0,47 \cdot x_2 + 0,53 \cdot x_3 + 0,10 \cdot x_2^2 - 0,08 \cdot x_2 x_3; \quad (7)$$

$$y_3 = 2,09 + 0,42 \cdot x_2 - 0,34 \cdot x_3 - 0,07 \cdot x_2 x_3 + 0,06 \cdot x_3^2. \quad (8)$$

Математические модели (6), (7) и (8) позволяют описать процесс смешивания компонентов в горизонтальном смесителе с комбинированным ленточным шнеком. Модели с необходимой точностью позволяют рассчитать значения рассматриваемых показателей работы смесителя в зависимости от изменения величины факторов [15, 16]. Коэффициент детерминации  $R^2$  показывает, насколько точно полученная математическая модель описывает происходящий технологический процесс, для выражения (6) он равен 97 %, для выражения (7) –  $R^2 = 99$  %, для (8) –  $R^2 = 99$  %. Коэффициент P-Value позволяет оценить значимость коэффициентов в математических моделях (6), (7) и (8). На основании полученных при расчете результатов все коэффициенты являются значимыми.

Коэффициенты в уравнениях математических моделей позволяют оценить влияние факторов на рассматриваемые показатели. Согласно уравнению (6), количество материала в камере смешивания ( $x_2$ ) оказывает наибольшее влияние на величину коэффициента однородности ( $y_1$ ). Время смешивания компонентов ( $x_3$ ) оказывает значительно меньше влияния на качество смешивания ( $y_1$ ) в сравнении с количеством материала ( $x_2$ ).

На критерии оптимизации ( $y_2$ ) и ( $y_3$ ) оказывают существенное влияние количество материала в камере смешивания ( $x_2$ ) и время работы смесителя ( $x_3$ ). Увеличение времени смешивания ( $x_3$ ) снижает пропускную способность смесителя ( $y_3$ ), но увеличивает значение удельных энергозатрат ( $y_2$ ). Увеличение количества материала в камере смешивания ( $x_2$ ) приводит к повышению пропускной способности ( $y_3$ ) смесителя и снижению удельных энергозатрат ( $y_2$ ).

Частота вращения комбинированного шнека ( $x_1$ ) не влияет на пропускную способность смесителя ( $y_3$ ) и удельные энергозатраты ( $y_2$ ), так как она не входит в уравнения математических моделей (7) и (8).

На рисунке 4 представлены двумерные поверхности отклика, показывающие влияние изменения частоты вращения комбинированного шнека ( $x_1$ ), количества материала в камере

результаты которых обработаны с помощью программы Statgraphics и получены уравнения математических моделей:

смешивания ( $x_2$ ) и времени работы смесителя ( $x_3$ ) на основные показатели его работы: коэффициент однородности ( $y_1$ ); удельные энергозатраты ( $y_2$ ); пропускная способность смесителя ( $y_3$ ).

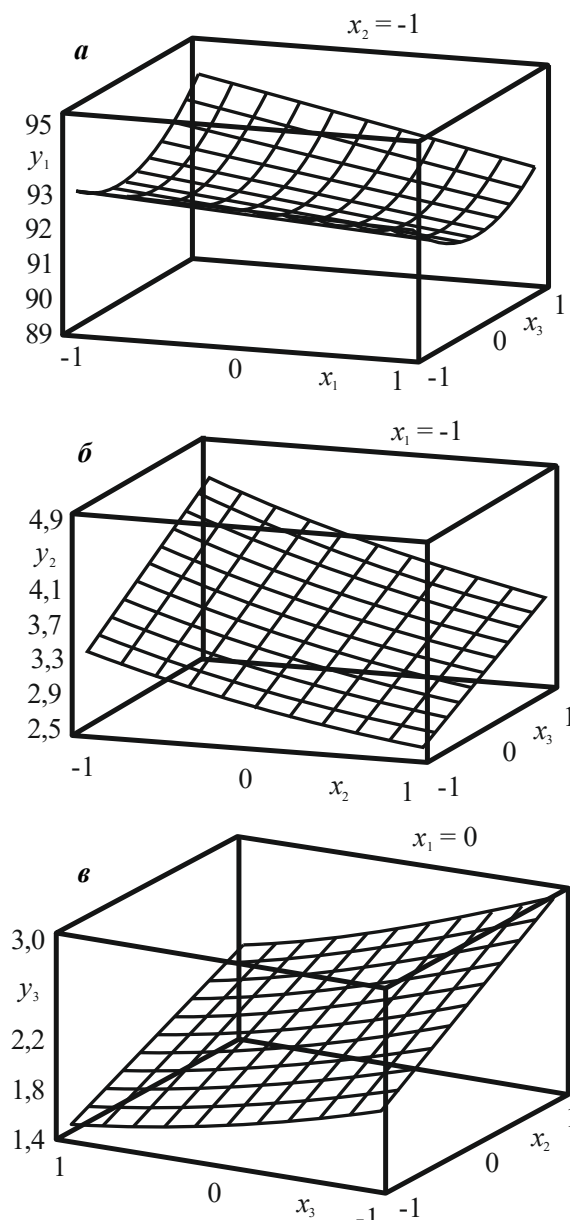


Рис. 4. Двумерные поверхности отклика: а) коэффициент однородности  $y_1$ ; б) удельные энергозатраты  $y_2$ ; в) пропускная способность  $y_3$  /  
Fig. 4. Two-dimensional response surfaces: а) uniformity coefficient  $y_1$ ; б) specific energy consumption  $y_2$ ; в) throughput capacity  $y_3$

На рисунке 4, а представлена поверхность, показывающая зависимость изменения коэффициента однородности готовой смеси ( $y_1$ ) от частоты вращения комбинированного шнека ( $x_1$ ) и времени работы смесителя ( $x_3$ ) при заполнении камеры смешивания материалом на 50 % ( $x_2 = -1$ ). Анализ поверхности показывает, что при увеличении частоты вращения с 12,9 до 21,5 мин<sup>-1</sup> снижается качество готовой смеси с 94 до 92,2 % (при  $x_3 = 1$ ). Это происходит из-за уменьшения перемещения материала вдоль оси вала смесителя и увеличения вращательного движения смеси. Увеличение времени работы смесителя с 12 до 18 мин позволяет повысить качество готовой смеси с 92,9 до 94 % (при  $x_1 = -1$ ). Таким образом, наилучшее качество смеси (94 %) получается при частоте вращения комбинированного шнека 12,9 мин<sup>-1</sup>, заполнении материала в камере смешивания 50 % и времени работы смесителя 18 мин.

На рисунке 4, б представлена поверхность, показывающая зависимость изменения удельных энергозатрат ( $y_2$ ) от количества материала в камере смешивания ( $x_2$ ) и времени работы смесителя ( $x_3$ ) при частоте вращения вала комбинированного шнека 12,9 мин<sup>-1</sup> (при  $x_1 = -1$ ). Анализ поверхности показывает, что удельные энергозатраты достигают наимень-

шего значения 2,55 кВт·ч/т при максимальном заполнении камеры смешивания ( $x_2$ ) 75 % и минимальном времени работы смесителя ( $x_3$ ) 12 мин.

На рисунке 4, в представлена поверхность, показывающая зависимость изменения пропускной способности смесителя ( $y_3$ ) от количества материала в камере смешивания ( $x_2$ ) и времени работы смесителя ( $x_3$ ) при частоте вращения комбинированного шнека 17,2 мин<sup>-1</sup> ( $x_1 = 0$ ).

Величина пропускной способности достигает наибольшего значения 2,3 т/ч при количестве материала в камере смешивания 75 % и времени работы смесителя 12 мин.

**Выводы.** Результаты экспериментальных исследований позволили получить математические модели процесса смешивания компонентов в смесителе, по которым определены оптимальные показатели его работы. Наилучшее качество смешивания (94 %) достигается при загрузке камеры смешивания 50 %, частоте вращения вала смесителя 12,9 мин<sup>-1</sup>, времени смешивания 18 мин. Величина пропускной способности достигает наибольшего значения 2,3 т/ч при загрузке материала камеры смешивания 75 %, времени работы смесителя 12 мин и частоте вращения вала комбинированного шнека 17,2 мин<sup>-1</sup>.

#### Список литературы

1. Савиных П. А., Сычуглов Ю. В., Казаков В. А., Чернятьев Н. А. Комбикормовый цех для сельскохозяйственного предприятия. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(6):131-137. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36346292>
2. Брагинцев С. В., Бахчевников О. Н., Беннова Е. В. Преимущества модульного проектирования малых комбикормовых заводов. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(6):141-145. DOI: <https://doi.org/10.24412/FeYK7B0nROQ>
3. Матюшев В. В., Бочкарев А. Н., Семенов А. В., Чаплыгина И. А. Исследование режимов работы центробежного смесителя сыпучих компонентов. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021;(4(44)):206-214. DOI: [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2021\\_4\\_206](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_206)
4. Marczuk A., Sysuev V., Aleshkin A., Turubanov N., Tomporowski A. Theoretical studies of the interaction between screw surface and material in the mixer. Materialsthis link is disabled. 2021;14(4):962. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14040962>
5. Рыбалкин Н. А., Лебедев А. Т., Павлюк Р. В. Совершенствование процесса смешивания кормов в лопастном смесителе. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020;(3(27)):78-84. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44085224>
6. Кикин Н. О., Лебах А. В., Семидоцкий А. Н. Различные схемы установки лопастей смесителей с горизонтальным расположением валов и их влияние на интенсивность смешивания. Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. Под ред. В. С. Богданова. Белгород, 2018. С. 201-205. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42997976>
7. Савиных П. А., Алешкин А. В., Казаков В. А., Турубанов Н. В., Чернятьев Н. А., Зырянов Д. А., Саитов В. Е. Смеситель: пат. № 2638978 Российская Федерация. № 2016105025: заяв. 15.02.2016; опубл. 19.12.2017; Бюл. №35. 8 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38291111>
8. Турубанов Н. В., Медведев О. Ю., Исупов А. Ю. Экспериментальные исследования технологического процесса смешивания в горизонтальном смесителе. Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. ст. 2-е изд., исправ. и доп. Киров: Вятский государственный университет, 2016. С. 898-903.
9. Мещерякова А. А. Оценка качества смешивания смесей сыпучих материалов. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018;6(5 (41)):325-331. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36702433>

10. Сахапов Р. Л., Шакирова Г. И. Исследование эксплуатационных характеристик при смешивании материалов с одинаковой плотностью в двухбарабанном смесителе. *Техника и технология транспорта*. 2017;(2 (3)):1-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29771632>
11. Savinyh P., Aleshkin A., Turbanov N., Ivanovs S. Investigation of impact of technological and structural parameters upon energy indicators of work of mixer. 19<sup>th</sup> International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings – Jelgava. 2020;19:1338-1348. DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF334>
12. Marczuk A., Misztal W., Savinykh P., Turubanov N., Zyryanov D. Improving efficiency of horizontal ribbon mixer by optimizing its constructional and operational parameters. *Eksplotacja I Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2019;21(2):220-225. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38947650>
13. Морозов В. В., Савельева Л. Н. Обоснование параметров барабанного смесителя сапропеле-минеральных удобрений. *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. 2016;(22 (27)):15-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29154928>
14. Хлыстунов В. Ф., Брагинцев С. В., Алферов А. С., Чернуцкий М. В. Влияние конструктивных и кинематических параметров на энергоёмкость процесса в наклонном шнековом смесителе. *Вестник Донского государственного технического университета*. 2018;18(4):408-413. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36680542>
15. Лозовой Н. М., Радинская Л. И., Лозовая С. Ю. Экспериментальные исследования зависимости коэффициента неоднородности смеси от технологических параметров в смесителе с изменяющейся рабочей камерой. *Техника и технология транспорта*. 2019;(S (13)):33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40999989>
16. Игнатенков В. Г., Лаппо Е. Л., Быченко Д. М. Результаты экспериментальных исследований универсального смесителя-измельчителя для производства витаминно-кормовых добавок на основе сапропеля. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018;(6(164)):166-171. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35467503>

#### References

1. Savinykh P. A., Sychugov Yu. V., Kazakov V. A., Chernyatev N. A. Feed plant for agricultural enterprise. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018;(6):131-137. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36346292>
2. Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Benova E. V. Advantages of modular design the small-scale formula-feed plants. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018;(6):141-145. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/FeYK7B0nROO>
3. Matyushev V. V., Bochkarev A. N., Semenov A. V., Chaplygina I. A. Issledovanie rezhimov raboty tsen-trobezhnogo smesitelya sypu-chikh komponentov. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Omsk SAU. 2021;(4(44)):206-214. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2021\\_4\\_206](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_206)
4. Marczuk A., Sysuev V., Aleshkin A., Turubanov N., Tomporowski A. Theoretical studies of the interaction between screw surface and material in the mixer. *Materialsthis link is disabled*. 2021;14(4):962. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14040962>
5. Rybalkin N. A., Lebedev A. T., Pavlyuk R. V. Improvement of the process of mixing fodder in a valve mixer. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* = Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2020;(3(27)):78-84. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44085224>
6. Kikin N. O., Lebach A. V., Semidotskiy A. N. Various installation schemes of mixer blades with horizontal shaft position and their effect on mixing intensity. *Energy-saving technological complexes and equipment for the production of building materials: Interacademic collection of articles. Pod red. V. S. Bogdanova*. Belgorod, 2018. pp. 201-205. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42997976>
7. Savinykh P. A., Aleshkin A. V., Kazakov V. A., Turubanov N. V., Chernyatev N. A., Zyryanov D. A., Saitov V. E. Mixer: patent RF, no. 2638978 2017. URK: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38291111>
8. Turubanov N. V., Medvedev O. Yu., Isupov A. Yu. Experimental studies of the mixing process in a horizontal mixer. *Society, Science, innovation (NPK-2016): sat. art. 2nd ed., revised and corrected*. Kirov: *Vyatskiy gosudarstvennyy universitet*, 2016. pp. 898-903.
9. Meshcheryakova A. A. Assessment of quality of mixing of loose materials. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* = Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2018;6(5 (41)):325-331. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36702433>
10. Sakhapov R. L., Shakirova G. I. Research of operational characteristics at mixing of materials with different densities in a single-drum mixer. *Tekhnika i tekhnologiya transporta* = Technique and Technology of Transport. 2017;(2 (3)):1-9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29771632>

11. Savinykh P., Aleshkin A., Turbanov N., Ivanovs S. Investigation of impact of technological and structural parameters upon energy indicators of work of mixer. 19<sup>th</sup> International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings – Jelgava. 2020;19:1338-1348.

DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF334>

12. Marczuk A., Misztal W., Savinykh P., Turbanov N., Zyryanov D. Improving efficiency of horizontal ribbon mixer by optimizing its constructional and operational parameters. *Eksploatacja I Niezawodnosc – Maintenance and Reliability* 2019;21(2):220-225. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38947650>

13. Morozov V. V., Savelieva L. N. Substantiation of parameters of the drum mixer of spropel and mineral fertilizers. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaokhnogo universiteta* = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2016;(22 (27));15-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29154928>

14. Khlystunov V. F., Braginets S. V., Alferov A. S., Chernutskiy M. V. Vliyanie konstruktivnykh i kinematicheskikh parametrov na energoemkost' protsessa v naklonnom shnekovom smesitele. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Vestnik of Don State Technical University. 2018;18(4):408-413. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36680542>

15. Lozovoi N. M., Radinskaya L. I., Lozovaya S. Yu. Experimental studies of the dependence of the inhomogeneity coefficient of the mixture on the technological parameters in a mixer with a changing working chamber. *Tekhnika i tekhnologiya transport* = Technique and Technology of Transport. 2019;(S (13)):33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40999989>

16. Ignatenkov V. G., Lappo E. L., Bychenkov D. M. The results of experimental tests of multifunctional crushing mixer for production of spropel-based vitamin feed supplement. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018;(6(164)):166-171. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35467503>

#### **Сведения об авторах**

**Савиных Петр Алексеевич**, доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, зав. лабораторией, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0524-9721>

✉ **Турубанов Николай Валентинович**, кандидат техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1446-6851>, e-mail: [nikolaytu@mail.ru](mailto:nikolaytu@mail.ru)

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

**Petr A. Savinykh**, DSc in Engineering, professor, chief researcher, head of the laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0524-9721>

✉ **Nikolaj V. Turubanov**, PhD in Engineering, associate professor, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1446-6851>, e-mail: [nikolaytu@mail.ru](mailto:nikolaytu@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.740-750>

УДК 338.434 + 338.432 + 338.433

## Оценка уровня государственной поддержки АПК в России и странах Европейского Союза

© 2022. Д. М. Черепанова✉, Ю. Н. Никулина, Р. Г. Янбых

НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва, Российская Федерация

*В статье исследуется господдержка сельского хозяйства России с использованием методологии Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Общая оценка поддержки сельхозпроизводителей в России, учитывающая не только бюджетные трансферты, но и поддержку цен, в 2020 году составила 749 млрд рублей, или 12 % валовой выручки. При этом бюджетные трансферты составляют 31,9 %. Значительный объем приходится на поддержку рыночной цены, которая оценивается через разницу между внутренними и референтными ценами (ценами «на границе») по видам сельхозпродукции. В случае России производители свинины, мяса птицы и говядины в результате поддержки цен получили в 2020 г. в сумме более 655 млрд рублей. Напротив, для растениеводов характерно скрытое налогообложение, у них из-за ценовой политики было изъято порядка 308 млрд рублей. Тем не менее, высокая общая поддержка рыночной цены для сельхозпроизводителей в России в 2020 г. свидетельствует о том, что трансферты от потребителей превышают трансферты в виде субсидий. Для сравнения ценовая поддержка в России и ЕС в среднем за 2013-2020 гг. составила 44 и 17 % соответственно. Показано, что в ЕС 75 % общей поддержки сельского хозяйства предоставляется через наименее искажающие рынок формы, в России – 27 %. С точки зрения устойчивости сельского хозяйства наибольшее влияние на объемы валовой добавленной стоимости отрасли в России оказывают меры поддержки общих услуг (инфраструктура, наука и образование, поддержка инноваций). Коэффициент корреляции для этого вида поддержки наивысший – 0,93, при высоком же коэффициенте детерминации – 86 %. Отсюда выводится основная рекомендация по корректировке аграрного бюджета в пользу поддержки общих услуг, которые помимо оказываемого высокого положительного эффекта на объемы сельхозпроизводства, относятся к мерам, наименее искажающим рынок и не имеющим недостатка в виде неравенства доступа сельхозпроизводителей, в отличие, например, от прямых субсидий и льготных кредитов.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, поддержка сельскохозяйственных производителей, поддержка цен, поддержка общих услуг, устойчивое развитие сельского хозяйства, искажающие меры государственной поддержки

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках проекта «Выявление долгосрочных взаимосвязей между аграрной политикой, сельхозпроизводством и сельским развитием: эмпирическое исследование на российских данных» и профинансировано Фондом развития прикладных исследований НИУ ВШЭ.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Черепанова Д. М., Никулина Ю. Н., Янбых Р. Г. Оценка уровня государственной поддержки АПК в России и странах Европейского Союза. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):740-750.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.740-750>

Поступила: 21.07.2022

Принята к публикации: 04.10.2022

Опубликована онлайн: 26.10.2022

## Assessment of the level of state support for the agrarian sector in Russia and the European Union

© 2022. Daria M. Cherepanova✉, Yuliya N. Nikulina, Renata G. Yanbykh

Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

*The article provides the research of the state support for agriculture in Russia using the methodology of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). The overall estimation of support for agricultural producers in Russia, considering not only budget transfers but also price support in 2020 amounted to 749 billion rubles or 12 % of gross revenue. At the same time, budgetary transfers account for 31.9 %. A significant amount is accounted for by the support of the market price, which is estimated through the difference between domestic and reference prices (prices "at the border") by the types of agricultural products. In the case of Russia, pork, poultry and beef producers received more than 655 billion rubles in 2020 as a result of price support. On the contrary, hidden taxation is typical for crop producers; about 308 billion rubles were withdrawn from them because of the pricing policy. However, the high overall market price support for agricultural producers in Russia in 2020 suggests that transfers from consumers exceed transfers in the form of subsidies. For comparison, price support in Russia and the EU on average for 2013-2020 was 44 % and 17 %, respectively. It is shown that in the EU 75 % of the total support for agriculture is provided through the least market-distorting forms (support for general services, creation of state reserves to ensure food security), in Russia – 27 %. From the point of view of the sustainability of agriculture, the measures to support general services (infrastructure, science and education, innovation support) have the greatest impact on the volume of*

*gross value added of the industry in Russia. The correlation coefficient for this type of support is the highest - 0.93, while the coefficient of determination is high – 86 %. This leads to the main recommendation on the adjustment of the agrarian budget in favor of supporting general services, which, in addition to the high positive effect on agricultural production, refers to least market-distorting measures and does not have the disadvantage of unequal access to agricultural producers, in contrast to, for example, direct subsidies and concessional loans.*

**Keywords:** state support for agriculture, producer support, price support, general services support, sustainable agricultural development, distorting measures of state support

**Acknowledgments:** the study was carried out within the framework of the project «Identification of long-term relationships between agricultural policy, agricultural production and rural development: an empirical study on Russian data» of the Program «Foundation for the Development of Applied Research of the National Research University «Higher School of Economics».

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Cherepanova D. M., Nikulina Yu. N., Yanbykh R. G. Assessment of the level of state support for the agrarian sector in Russia and the European Union. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):740-750. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.740-750>

Received: 21.07.2022

Accepted for publication: 04.10.2022

Published online: 26.10.2022

В период наступившего кризиса аграрный сектор России показывает стабильный рост, является якорем для остальной экономики и основой продовольственной безопасности страны. В отличие от других секторов экономики и ВВП в целом, которые по итогам года покажут отрицательную динамику, производство продукции сельского хозяйства в 2022 г. вырастет по прогнозу Института ВЭБ на 4,9 %<sup>1</sup>. Существенную роль здесь играет государственная поддержка, оценка уровня и эффективности которой важна для его устойчивого развития и своевременной корректировки объемов и структуры поддержки по отдельным её направлениям.

Оценке уровня государственной поддержки АПК посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей. Так, Е. В. Серова анализирует влияние государственного регулирования отдельного рынка – рынка покупных ресурсов, и его влияние на развитие сектора в целом [1]. В. Я. Узун [2] предлагает классификацию мер поддержки сельхозпроизводителей и рассматривает методологические подходы к оценке уровня господдержки. И. Н. Буздалов [3] указывает на ценовую, налоговую и кредитную составляющие аграрной политики и предлагает механизм их упорядочения. Р. Г. Янбых [4] использует показатель оценки поддержки производителей для анализа основных направлений финансирования и поддержки сельского хозяйства России. О. В. Шик [5] находит положительный эффект влияния государственных расходов в 2006-2017 гг. на рост в сельском хозяйстве с использованием модели фиксированных эффектов. В. П. Самарина [6] оценивает

перспективы сельскохозяйственного производства, с использованием авторской методики последовательно моделирует сценарии, отличающиеся интенсивностью государственной поддержки АПК, исследует влияние господдержки на объемы поступления на внутренний рынок импортной сельскохозяйственной продукции, отечественное производство, объемы экспортной продукции. М. Е. Анохина [7] в исследовании рассматривает механизм разработки стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства России, рассчитывает вариант лучшей стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства с использованием нечеткой когнитивной логики. А. О. Загурский [8] оценивает перспективы развития экспорта продукции национального АПК и качества реализации стратегических задач развития, обосновывает необходимость применения специальных мер господдержки АПК в части экспортной составляющей. Значительный вклад в разработку методологии оценки уровня и успешности применяемых для развития агропродовольственного сектора мер внесли публикации Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [9, 10, 11].

**Цель исследования** – оценить уровень господдержки сельского хозяйства (показатели бюджетной поддержки, поддержки рыночной цены, оценки поддержки производителей) в России за 2020 год, проанализировать взаимосвязь господдержки и устойчивого развития отрасли в России и Европейском союзе за период 2006-2020 гг.

---

<sup>1</sup>Клепач А. Н., Илюшина Л. В. Краткосрочные и среднесрочные перспективы развития АПК и экономики России. Доклад на конференции Agro Outlook Russia 2022, сентябрь 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://inagres.hse.ru/outlook2022> (дата обращения: 16.09.2022).

*Научная новизна* исследования состоит в анализе влияния оцененных показателей господдержки АПК на экономику отрасли и определении направлений модернизации мер аграрной политики.

**Материал и методы.** Основные понятия, а также классификация мер аграрной политики и методика расчётов взяты из методологии ОЭСР – «OECD's Producer Support Estimate and Related Indicators of Agricultural Support» [11].

Используя эту методику, авторы постарались провести классификацию составных частей господдержки в России и ЕС, разобраться в различиях бюджетной, тарифной и прочей поддержки, провести расчёты объёмов и уровня ценовых трансфертов всем акторам аграрной политики, а также предоставляемых аграрному сектору общих услуг. В работе была использована методология по оценке трансфертов сельскохозяйственным производителям (PSE) и другим важным показателям агропродовольственной господдержки.

Выбор методики ОЭСР среди других возможных вариантов основан на следующих преимуществах, вычисляемых согласно методологическому подходу ОЭСР показателей господдержки: широкий охват мер аграрной политики; прозрачность расчетов и доступность данных; сопоставимость показателей по времени и странам.

Данные для исследования – Федерального казначейства<sup>2</sup>, Федеральной службы государственной статистики<sup>3</sup>, ЕМИСС<sup>4</sup>, Федеральной таможенной службы<sup>5</sup>, базы данных ОЭСР за 2006-2020 годы<sup>6</sup>.

Классификация мер государственной поддержки сельского хозяйства включает анализ их искажающего воздействия на торговлю [6]. Она основана на постулатах Протокола о мерах государственной поддержки сельского хозяйства<sup>7</sup>. К мерам господдержки,

оказывающим искажающее воздействие на торговлю, относятся ценовая поддержка, субсидии в отношении конкретного сельскохозяйственного товара, льготные кредиты, субсидии на транспортировку сельскохозяйственной продукции, льготы на электроэнергию и возмещения на произведённые капиталовложения<sup>8</sup>.

Для анализа применялись следующие основные показатели:

1. *Оценка поддержки производителей (Producer Support Estimates – PSE).*

PSE – годовая денежная стоимость валовых трансфертов от потребителей и налогоплательщиков в пользу производителей сельскохозяйственной продукции, измеряемых «у ворот» фермы<sup>9,10</sup>. Согласно методике ОЭСР, PSE рассчитывается для конкретной страны на основе совокупных трансфертов (с помощью имеющихся официальных статистических данных) и является суммарным показателем поддержки производителей.

$$PSE_C = MPS_C - \sum BOT = \sum PSE(sub)Category \quad (1)$$

где  $MPS_C$  – национальный показатель MPS для страны  $C$ ;  $BOT$  – совокупные бюджетные и другие трансферты производителям в результате политики страны  $C$ ;  $\sum PSE(sub)Category$  – сумма (суб)категорий PSE от A до G.

2. *Процентная оценка поддержки производителей (% PSE).*

Согласно методике ОЭСР, показатель является долей поддержки производителей в валовой выручке сельского хозяйства.

3. *Поддержка рыночной цены (MPS).*

MPS – стоимость валовых трансфертов, измеряемая как *разрыв между ценами внутреннего рынка и ценами на границе определенных сельскохозяйственных товаров* (MPD). Общая формула для расчета MPS для товара  $i$ :

$$MPS_i = (MPD_i \times QP_i) - LV_i - EFC_i^{LV}, \quad (2)$$

<sup>2</sup>Официальный сайт Казначейства России. URL: <https://roskazna.gov.ru> (дата обращения: 09.03.2022)

<sup>3</sup>Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 09.03.2022).

<sup>4</sup>Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС). URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 09.03.2022).

<sup>5</sup>Официальный сайт Федеральной таможенной службы. URL: <https://customs.gov.ru> (дата обращения: 13.03.2022)

<sup>6</sup>Statistics | OECD iLibrary. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/statistics> (дата обращения: 05.03.2022).

<sup>7</sup>Приложение №29 к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. (ред. от 01.10.2019)

<sup>8</sup>FAO. Promoting Sustainable Agriculture and Rural Development: Agenda 21 Chapter 14. Rome: FAO, 1996. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/3/x5559e/x5559e07.htm> (дата обращения: 15.03.2022).

<sup>9</sup>Первые расчеты PSE были выполнены в рамках работы ФАО по «Международной сельскохозяйственной адаптации». Этот метод был описан в документе для Конференции ФАО 1973 года, где он был применен к пяти товарам и пяти странам за период 1968-1970 годов.

<sup>10</sup>FAO. Agricultural Protection: Domestic Policy and International Trade. Rome: FAO, 1973. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/3/ca4658en/ca4658en.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).

где  $MPD_i$  – разрыв между ценой производителя на товар  $i$  и справочной ценой на товар  $i$ ;  $QP_i$  – общее отечественное производство товара  $i$ ;  $LV_i$  – ценовые сборы на товар  $i$ ;  $EFC_i^{LV}$  – избыточная стоимость корма для товара  $i$  в животноводстве.

4. Оценка поддержки общих услуг (GSSE) – общие бюджетные расходы на поддержку общих услуг, предоставляемых сельскому хозяйству.

Для определения влияния субсидирования и других видов государственной поддержки на устойчивость сельского хозяйства, т. е. на способность отрасли поддерживать предпочтительный объем сельскохозяйственного произ-

водства при воздействии различных факторов внешней и внутренней среды, был проведён корреляционный анализ. Данные были доступны только за период 2006-2020 гг. В качестве переменных брали PSE, GSSE и их категории. В качестве зависимой переменной была взята валовая добавленная стоимость (ВДС) сельского хозяйства, так как её рост свидетельствует об устойчивом развитии сектора [7, 8, 12]. Переменные были прологарифмированы, тест Шапиро-Уилка подтвердил нормальность распределения данных. Также был проведён тест на отсутствие автокорреляции. По результатам предварительного графического анализа зависимость между переменными имеет линейный характер (рис. 1).

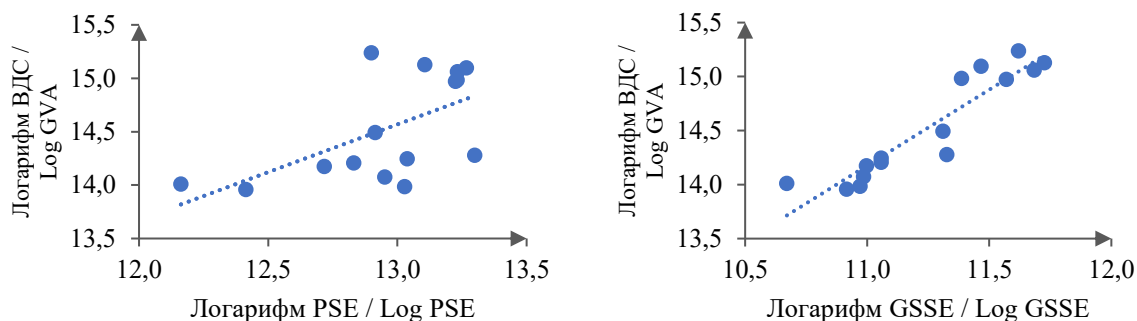


Рис. 1. Зависимость ВДС сельского хозяйства от PSE и GSSE в России в 2006-2020 гг.

Fig. 1. The dependence of GVA of agriculture on PSE and GSSE in Russia in 2006-2020

Источник: составлено авторами / Compiled by the authors.

**Результаты и их обсуждение.** В исследуемый период агропродовольственный сектор России показывал стабильный рост. Бюджетное финансирование сельскохозяйственных производителей в 2020 году составляло 271 млрд рублей. Самым большим по объему бюджетного финансирования направлением поддержки была поддержка кредитования, включавшая краткосрочные (35 %) и инвестиционные кредиты (65 %) для сельхозпроизводителей. На эти цели было выделено 106,8 млрд рублей (45 % расходов всего бюджета Госпрограммы). Бюджетная поддержка общих услуг составила около трети [13].

Национальная (совокупная) поддержка рыночной цены (MPS) в 2020 году составила 585,94 млрд рублей (табл. 1). Основными бенефициарами поддержки рыночной цены стали производители свинины, мяса птицы, говядины и телятины (382,51, 169,61 и 103 млрд рублей соответственно). В растениеводстве (производство пшеницы, кукурузы, подсолнечника, овса

и ячменя) поддержка цены была отрицательной, что означает скрытое налогообложение сектора. В худшем положении находились производители пшеницы, ячменя и подсолнечника (-170,78, -55,61 и -55,42 млрд рублей соответственно).

Но отрицательные значения MPS по растениеводству были перекрыты большими положительными значениями по животноводству, и общая оценка поддержки производителей (PSE) в России за 2020 год составила 749 млрд рублей, или 12 % в процентном соотношении (табл. 2).

Таким образом, поддержка цен оказывает на развитие сектора значительно более масштабное влияние, чем бюджетные трансферты. Поддержка цен образуется из-за большой разницы в мировых и отечественных ценах, её «выплачивают» отечественные потребители, платя завышенную цену за мясные и молочные продукты.

*Таблица 1 – Поддержка рыночной цены по основным видам сельскохозяйственной продукции в 2020 году /*  
*Table 1 –Market price support by the main types of agricultural products in 2020*

| <i>Название продукта /<br/>The name of the product</i> | <i>MPD, руб/т /<br/>MPD, RUB/t</i> | <i>EFC, млн руб /<br/>EFC, million rubles</i> | <i>MPS, млн руб /<br/>MPS, million rubles</i> |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Пшеница / Wheat                                        | -1 988,77                          | -31 541,83                                    | -170 781,30                                   |
| Ячмень / Barley                                        | -2 656,33                          | -23 404,94                                    | -55 612,96                                    |
| Кукуруза / Maize                                       | -1 883,29                          | -16 427,96                                    | -25 377,37                                    |
| Овес / Oats                                            | -140,38                            | -321,60                                       | -580,04                                       |
| Рожь / Rye                                             | -                                  | -                                             | -                                             |
| Подсолнечник / Sunflower                               | -4 173,72                          | 0,00                                          | -55 418,66                                    |
| Сахар / Sugar                                          | 5 110,62                           | 0,00                                          | 31 668,06                                     |
| Молоко / Milk                                          | 1 706,66                           | 2 152,00                                      | 52 828,89                                     |
| Говядина и телятина /<br>Beef and veal                 | 49 871,51                          | 1 325,00                                      | 103 002,70                                    |
| Свинина / Pig meat                                     | 70 432,73                          | 3 282,00                                      | 382 513,28                                    |
| Мясо птицы / Poultry meat                              | 25 585,79                          | 2 609,00                                      | 169 611,51                                    |
| Яйца / Eggs                                            | -                                  | -                                             | -                                             |
| Картофель / Potatoes                                   | 3 929,51                           | 0,00                                          | 76 928,07                                     |
| Прочие товары / Non MPS commodities                    | -                                  | -                                             | 77 162,11                                     |
| <b>ИТОГО / TOTAL</b>                                   | <b>-</b>                           | <b>-</b>                                      | <b>585 944,29</b>                             |

Источник: расчёты авторов / Compiled by the author.

*Таблица 2 – Поддержка сельскохозяйственных производителей (PSE) в России в 2020 году /*  
*Table 2 –Producer Support Estimate (PSE) in Russia in 2020*

| <i>Показатель / Indicator</i>                                                                            | <i>Расчетные значения /<br/>Estimated values</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Оценка поддержки производителей (PSE), млн руб. /<br>Producer Support Estimate (PSE), million rubles     | 748 999,53                                       |
| Процентная оценка поддержки производителей (%PSE), % /<br>Producer support percentage estimate (%PSE), % | 11,94                                            |

Источник: расчёты авторов / Compiled by the author

Какие изменения в поддержке сельхоз-производителей Европейского Союза произошли после принятия в 2014 году новой программы единой аграрной политики ЕС – Common Agricultural Policy (CAP)? Для сравнения объёмов поддержки агропродовольственного сектора России и ЕС суммы поддержки в Европе были пересчитаны в рубли<sup>11</sup>.

Безусловно, объёмы бюджетной поддержки в ЕС и России несопоставимы, европейские превышают российские в несколько раз, как и суммы поддержки общих услуг. И хотя объёмы ценовой поддержки MPS больше в Европейском Союзе (рис. 2), в процентном отношении эта поддержка превалирует в России.

В течение исследуемых периодов средняя оценка поддержки сельскохозяйственных производителей имеет положительную динамику как в России (возросла с 354,33 до 517,85 млрд руб.), так и в Европейском Союзе (с 3 214,85 до 5 592,17 млрд руб.). В странах ЕС показатель оказался в 10 раз выше, чем в России (рис. 3).

Доля искажающих мер поддержки, таких как поддержка рыночной цены, субсидии на капитальные и переменные затраты/ресурсы в ЕС незначительно снизилась за 2013-2020 годы с 49 до 48 % (табл. 3). При этом доля общих услуг снизилась с 13,0 до 11,5 %, подросла доля неискажающих мер.

<sup>11</sup>Курсы валют в динамике. [Электронный ресурс]. URL: <https://ratestats.com> (дата обращения: 03.03.2022).

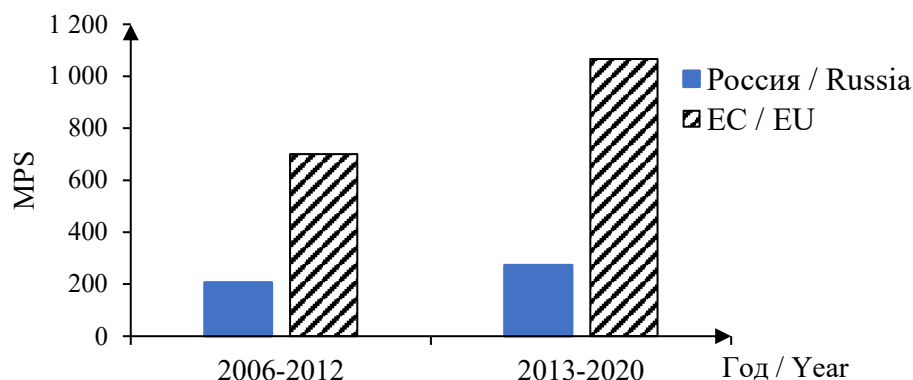


Рис. 2. Среднегодовые значения MPS в России и ЕС в 2006-2020 гг., млрд руб. /

Fig. 2. Average annual MPS values in Russia and the EU in 2006-2020, billion rubles

Источник: составлено авторами на основе материалов Agricultural policy monitoring and evaluation – OECD<sup>12</sup> /  
Compiled by the authors on the basis of the Agricultural policy monitoring and evaluation – OECD

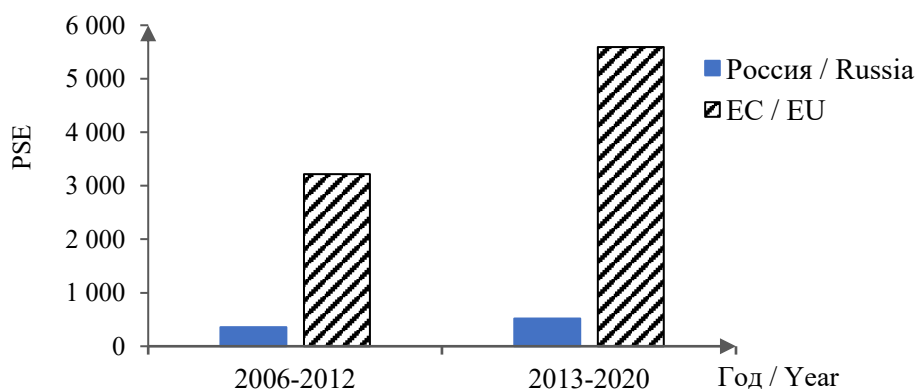


Рис. 3. Средние значения PSE в России и Европейском Союзе в 2006-2020 годы, млрд руб. /

Fig. 3. Average annual PSE values in Russia and the EU in 2006-2020, billion rubles

Источник: составлено авторами на основе материалов Agricultural policy monitoring and evaluation – OECD /  
Compiled by the authors on the basis of the Agricultural policy monitoring and evaluation – OECD

В Европейском Союзе наблюдается высокий уровень поддержки для продуктов животноводства, в частности мяса птицы и говядины. Среди продуктов растениеводства наиболее высокий уровень поддержки у риса. Однако произошло смещение от наиболее (25 %) к наименее искажающим мерам поддержки (75 %). В России наиболее искажающие меры поддержки составляют всё ещё 73 % от общего объёма проводимых мер, в основном это поддержка цены и ресурсов для сельского хозяйства.

Таким образом, сравнивая структуру поддержки аграрного сектора России и Евро-

пейского союза и принимая во внимание вопрос о наиболее и наименее искажающих рынок мерах оказываемой поддержки, можно сделать вывод о различных уровнях таких видов поддержки в выбранных для анализа странах. Однако рекомендации по транзиту от наиболее к наименее искажающим рынок формам аграрной поддержки представляются сегодня всё менее актуальными в связи с возрастающим протекционизмом и разрывом логистических цепочек во всех странах мира.

Ещё одна задача, которую перед собой ставили исследователи – изучить влияние господдержки на устойчивость сельского хозяйства.

<sup>12</sup>Agricultural policy monitoring and evaluation – OECD. Country data. [Электронный ресурс].  
URL: <https://www.oecd.org/agriculture/topics/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation/>  
(дата обращения: 03.03.2022).

Таблица 3 – Структура различных мер поддержки в суммарной поддержке (TSE<sup>13</sup>) в 2006–2020 гг., Россия и ЕС, в % к итогу /

Table 3 – The structure of various forms of support in agriculture in Russia and the EU in total support (TSE) in 2006–2020, in % of the total

| Категория / Category                                                                                                                                                                             | Россия / Russia |            |        | ЕС / EU    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------|------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                  | 2006–2012*      | 2013–2020* | 2020   | 2006–2012* | 2013–2020* |
| A1. Поддержка рыночной цены / Market Price Support                                                                                                                                               | 50,30           | 44,14      | 68,10  | 18,97      | 16,88      |
| A2. Платежи на основе выпуска / Payments based on output                                                                                                                                         | 2,29            | 3,23       | 0,00   | 0,93       | 0,43       |
| B1. Переменные ресурсы / Variable input use                                                                                                                                                      | 14,79           | 6,13       | 4,49   | 4,78       | 5,59       |
| B2. Основной капитал / Fixed capital formation                                                                                                                                                   | 16,49           | 18,81      | 13,58  | 5,68       | 5,26       |
| B3. Внутрихозяйственные услуги / On-farm services                                                                                                                                                | 0,75            | 0,70       | 0,66   | 1,60       | 1,92       |
| С. Платежи на основе текущих: размера земли/количества животных/выручки/дохода, производства продукции / Payments based on current: Area/Animals number/Revenue/Income, production required      | 0,92            | 5,64       | 0,22   | 16,19      | 22,10      |
| D. Несвязанные платежи долгосрочные: земля/количество голов скота/выручка/доход, производство продукции / Payments based on non-current: Area/Animals number/Revenue/Income, production required | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,16       | 0,04       |
| Е. Несвязанные платежи текущие: земля/количество голов скота/выручка/доход, производство продукции / Payments based on non-current: Area/Animals number/Revenue/Income, production not required  | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 36,65      | 38,77      |
| F. Платежи на основе нетоварных критериев / Payments based on non-commodity criteria                                                                                                             | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 2,07       | 0,99       |
| G. Прочие платежи / Miscellaneous payments                                                                                                                                                       | 0,51            | 5,03       | 0,00   | 0,07       | 0,47       |
| GSSE. Поддержка общих услуг / General Services Support Estimate                                                                                                                                  | 13,95           | 16,32      | 12,94  | 12,90      | 11,52      |
| ИТОГО                                                                                                                                                                                            | 100,00          | 100,00     | 100,00 | 100,00     | 100,00     |

Источник: Расчёты авторов / Compiled by the author

\*На основе среднегодовых значений показателей за указанный период /

\*Based on average annual values for the specified period

Для этого в качестве зависимых переменных мы взяли описанные ранее расчётные коэффициенты PSE, GSSE, а также их отдельные категории B2, B3, C, G, H, I, J, K L, M, N (табл. 4). Если мы говорим о России, то значимыми на уровне 5 и 10 % оказались коэффициенты корреляции между ВДС и общей поддержкой сельского хозяйства – PSE, общих услуг GSSE, а также их отдельными категориями. Силу связи между ними можно охарактеризовать как среднюю. При этом только 35 %

вариации ВДС сельского хозяйства определяются вариацией PSE. Силу связи между ВДС и GSSE охарактеризуем как очень высокую. Коэффициент детерминации фактора GSSE составил 86 %.

Соответственно целесообразным изменением мер господдержки сельского хозяйства является увеличение финансирования общих услуг, что будет способствовать росту ВДС отрасли.

<sup>13</sup>Как сумма PSE и GSSE

Таблица 4 – Результаты корреляции между ВДС сельского хозяйства и видами государственной поддержки отрасли в России и ЕС в 2006-2020 годы /

Table 4 – Correlation (determination) coefficients between the GVA of agriculture and the categories of state support in the agricultural industry in Russia and the EU for 2006–2020

| Показатель / Indicator                                                                                                                                                                            | Россия / Russia                             |                                                      | ЕС / EU                                     |                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                   | Коэффициент / Coefficient                   |                                                      |                                             |                                                      |
|                                                                                                                                                                                                   | корреляции / correlation (r <sub>xy</sub> ) | детерминации, % / determination, % (R <sup>2</sup> ) | корреляции / correlation (r <sub>xy</sub> ) | детерминации, % / determination, % (R <sup>2</sup> ) |
| ВДС сельского хозяйства / GVA of agriculture                                                                                                                                                      | 1,0000                                      | 100,00                                               | 1,0000                                      | 100,00                                               |
| Оценка поддержки производителей / Producer Support Estimate (PSE)                                                                                                                                 | 0,5945* (0,0194)                            | 35,34                                                | 0,4289 (0,1107)                             | 18,40                                                |
| A1. Поддержка рыночной цены / Market Price Support                                                                                                                                                | 0,3363 (0,2204)                             | 11,31                                                | -0,1704 (0,5438)                            | 2,90                                                 |
| A2. Платежи на основе выпуска / Payments based on output                                                                                                                                          | 0,2884 (0,2972)                             | 8,32                                                 | -0,8092* (0,0003)                           | 65,48                                                |
| B1. Переменные ресурсы / Variable input use                                                                                                                                                       | -0,4237 (0,1155)                            | 17,95                                                | 0,8833* (0,0000)                            | 78,02                                                |
| B2. Основной капитал / Fixed capital formation                                                                                                                                                    | 0,6380* (0,0105)                            | 40,70                                                | -0,3013 (0,2751)                            | 9,08                                                 |
| B3. Внутрихозяйственные услуги / On-farm services                                                                                                                                                 | 0,5277* (0,0432)                            | 27,85                                                | 0,4371 (0,1033)                             | 19,11                                                |
| C. Платежи на основе текущих: размера земли/количества животных/выручки/дохода, производства продукции / Payments based on current: Area/Animals number/Revenue/Income, production required       | 0,6876* (0,0046)                            | 47,28                                                | 0,7925* (0,0004)                            | 62,81                                                |
| D. Несвязанные платежи долгосрочные: земля/количество голов скота/выручка/доход, производство продукции / Payments based on non-current: Area/Animals number/Revenue/Income, production required/ | -                                           | -                                                    | -0,8036* (0,0003)                           | 64,58                                                |
| E. Несвязанные платежи текущие: земля/количество голов скота/выручка/доход, производство продукции / Payments based on non-current: Area/Animals number/Revenue/Income, production not required   | -                                           | -                                                    | 0,3741 (0,1695)                             | 14,00                                                |
| F. Платежи на основе нетоварных критериев / Payments based on non-commodity criteria                                                                                                              | -                                           | -                                                    | -0,9172* (0,0000)                           | 84,13                                                |
| G. Прочие платежи / Miscellaneous payments                                                                                                                                                        | 0,7816* (0,0076)                            | 61,09                                                | 0,7396* (0,0039)                            | 54,70                                                |
| Оценка поддержки общих услуг / General Services Support Estimate (GSSE)                                                                                                                           | 0,9289* (0,0000)                            | 86,29                                                | -0,7617* (0,0010)                           | 58,02                                                |
| H. Система сельскохозяйственных знаний и инноваций / Agricultural knowledge and innovation system                                                                                                 | 0,7982* (0,0004)                            | 63,71                                                | 0,8132* (0,0002)                            | 66,13                                                |
| I. Инспекция и контроль пищевых продуктов / Inspection and control                                                                                                                                | 0,9259* (0,0000)                            | 85,73                                                | 0,6994* (0,0037)                            | 48,92                                                |
| J. Развитие и поддержание сельской инфраструктуры / Development and maintenance of infrastructure                                                                                                 | 0,9420* (0,0000)                            | 88,74                                                | -0,9113* (0,0000)                           | 83,05                                                |
| K. Маркетинг и продвижение / Marketing and promotion                                                                                                                                              | 0,7995* (0,0003)                            | 63,92                                                | -0,6879* (0,0046)                           | 47,32                                                |
| L. Стоимость государственного хранения / Cost of public stockholding                                                                                                                              | -0,0184 (0,9572)                            | 0,03                                                 | -0,2660 (0,3579)                            | 7,08                                                 |
| M. Разное / Miscellaneous                                                                                                                                                                         | 0,0310 (0,9126)                             | 0,10                                                 | -0,9193* (0,0000)                           | 84,51                                                |

Источник: составлено авторами / Compiled by the authors

\* Значимо на уровне 5 %, 10 %; в скобках представлен *p-value* /

\* Significant at the level of 5 %, 10 %; in brackets is *p-value*

Если мы говорим о Европейском Союзе, то значимыми на уровне 5 % и 10 % оказались коэффициенты корреляции между валовой добавленной стоимостью и отдельными категориями PSE: платежами на основе выпуска, платежами на переменные ресурсы, несвязанными долгосрочными платежами и прочими субсидиями (табл. 4), общей поддержкой сельского хозяйства и ее категориями. При этом коэффициент корреляции получили незначимым, но силу связи между показателями можно охарактеризовать как высокую. Коэффициент детерминации фактора GSSE составил 58 %.

Корреляционный анализ показал, что рост валовой добавленной стоимости в сельском хозяйстве зависит от государственной поддержки. Но значимая зависимость наблюдается как раз от неискажающих мер поддержки – развития инфраструктуры, поддержки науки и инноваций и других общих услуг для сельского хозяйства. В этой связи мы предлагаем переориентировать потоки средств с субсидирования кредитов и поголовья стада на создание общих благ для сельских производителей, таких как подготовка современных кадров, создание информационно-консультационных служб, строительство дорог, портов, элеваторов и другой жизненно необходимой товаропроизводящей инфраструктуры.

**Заключение.** Авторы проанализировали релевантность применения методологии ОЭСР по оценке уровня и эффективности государственной поддержки АПК в России, и на основании расчётов сравнили её с эффективностью мер единой аграрной политики в Европейском Союзе. Сделан вывод о большей приверженности аграрной политики ЕС к применению менее искажающих рынок мер. В ЕС на их долю в среднем за 2013-2020 гг. приходится 75 % совокупной поддержки; в России – 27 %. Для количественной оценки уровня господдержки АПК был выбран показатель оценки поддержки сельскохозяйственных производителей, учитывающий как ценовую, так и бюджетную поддержку сектора. Впервые выполнены расчеты на основе доступной статистической информации по категориям PSE за 2020 год. Общая оценка поддержки производителей (PSE) в России за 2020 год составила

749 млрд рублей (12 % валовой выручки). На поддержку рыночной цены (MPS) пришлось 586 млрд руб., или 68 % в суммарной поддержке сельхозпроизводителей. То есть бюджетные трансферты в России составляют не основную часть поддержки аграрного сектора. Относительно поддержки рыночной цены важно, что, если производители свинины, мяса птицы и говядины получают дополнительные платежи в сумме более 100 млрд руб. для каждого вида сельхозпродукции, то у растениеводов, в частности, у производителей пшеницы, ячменя и подсолнечника, изымается из-за ценовой политики совокупно 308 млрд руб.

Предложена модель оценки влияния государственной поддержки на устойчивость сельскохозяйственного производства. Результаты моделирования показали, что наибольшее влияние на объёмы сельскохозяйственного производства в России оказывают меры общей поддержки сельского хозяйства (инфраструктура, наука и образование, развитие инноваций – GSSE), коэффициент корреляции – 0,93. Причем сила связи между ВДС и GSSE очень высокая как в России, так и ЕС. Коэффициенты детерминации составили 86 и 58 % соответственно. Меры прямой поддержки производителей (выплаты на гектар посевов, тонну реализованного молока, субсидии на корма) в России обладают низкой эффективностью (слабый коэффициент корреляции для платежей на основе выпуска (0,29) и вовсе отрицательный – для платежей на переменные ресурсы (-0,42)), а также увеличивают неравенство производителей. В последние годы подъём сельского хозяйства был основан на росте крупных предприятий, но обеспечение благосостояния сельских жителей невозможно без участия малых предприятий. Вероятно, следует подумать об упрощении доступа к кредитам для малого бизнеса/КФХ и стимулировать хозяйства населения к регистрации в этом качестве, чтобы помогать также и им.

Следовательно, можно рекомендовать скорректировать структуру господдержки в пользу увеличения мер, обеспечивающих общие условия развития сектора, в частности, развитие инфраструктуры.

*Список литературы*

1. Серова Е. В., Шик О. В. Рынок покупных ресурсов для сельского хозяйства. Вопросы экономики. 2005;(6):60-71. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2005-6-60-71>
2. Узун В. Я., Гагаулина Е. А., Сарайкин В. А., Карлова Н. А. Методы оценки влияния аграрной политики на развитие сельского хозяйства. М., 2014. 114 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2444204>
3. Буздалов И. Н. Господдержка сельского хозяйства и перекачка: запредельный дисбаланс и последствия. Экономическая наука современной России. 2013;(4):94-104. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21167177>
4. Янбых Р. Г. Поддержка сельского хозяйства в России и ЕС: Такие ли мы разные? Экономика сельского хозяйства России. 2015;(3):87-93. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23309491>
5. Shik O.V. Public expenditure for agricultural sector in Russia: Does it promote growth? Russian Journal of Economics. 2020;6(1):42-55. DOI: <https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.49756>
6. Самарина В. П. Обзор методов государственной поддержки агропромышленного комплекса и перспективы сельскохозяйственного производства в условиях нового кризиса. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021;14(2):81-102. DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2021\\_2\\_81](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_2_81)
7. Анохина М. Е. Оценка экономического роста сельского хозяйства России в управленческом контексте. АПК: Экономика, управление. 2021;(10):14-28. DOI: <https://doi.org/10.33305/2110-14>
8. Загурский А. О. Государственное регулирование АПК в контексте реализации стратегических задач развития России в части экспортного потенциала. Аграрный вестник Урала. 2021;(3):74-80. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-206-03-74-80>
9. Ruzsikova K. Differences in Agricultural Support between Countries – The OECD Measurement. Acta Regionalia et Environmentalica. 2019;16(1):10-14. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335229126\\_Differences\\_in\\_Agricultural\\_Support\\_between\\_Countries\\_-\\_The\\_OECD\\_Measurement](https://www.researchgate.net/publication/335229126_Differences_in_Agricultural_Support_between_Countries_-_The_OECD_Measurement)
10. Siudek T., Zawajska A. How does general economy and agriculture sector performance influence farm producer support in the OECD countries. Agricultural Economics-zemledelska Ekonomika. 2018;58:101-118. DOI: <https://doi.org/10.17221/57/2011-AGRICECON>
11. OECD's Producer Support Estimate and Related Indicators of Agricultural Support. Concepts, Calculations, Interpretation and Use (The PSE Manual). Paris: Trade and Agriculture Directorate, 2016. 194 p. URL: <https://www.oecd.org/agriculture/topics/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation/documents/producer-support-estimates-manual.pdf>
12. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Чекалин В. С. Государственная поддержка сельского хозяйства в России: проблемы, пути их решения. АПК: Экономика, управление. 2018;(3):4-12. DOI: <https://doi.org/10.33305/183-4>
13. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2021. Paris: OECD Publishing, 2021. 515 p. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation-2021\\_2d810e01-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation-2021_2d810e01-en)

*References*

1. Serova E., Shick O. Markets for Purchased Farm Inputs. *Voprosy Ekonomiki*. 2005;(6):60-71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2005-6-60-71>
2. Uzun V. Ya., Gataulina E. A., Saraykin V. A., Karlova N. A. Methods of Assessing the Impact of Agricultural Policies on Agricultural Development. Moscow, 2014. 114 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2444204>
3. Buzdalov I. N. State support and money repumping: disbalance and its consequences. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii* = Economics of Contemporary Russia. 2013;(4):94-104. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21167177>
4. Yanbykh R. G. Support of agriculture in Russia and EU: are such we different? *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2015;(3):87-93. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23309491>
5. Shik O.V. Public expenditure for agricultural sector in Russia: Does it promote growth? Russian Journal of Economics. 2020;6(1):42-55. DOI: <https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.49756>
6. Samarina V. P. 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. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2021\\_2\\_81](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_2_81)
7. Anokhina M. E. Assessment of the economic growth of Russia's agriculture in the managerial context. *APK: Ekonomika, upravlenie*. 2021;(10):14-28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33305/2110-14>
8. Zagurskiy A. O. State regulation of the agro-industrial complex in the context of the implementation of Russia's strategic development objectives in terms of export potential. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2021;206(3):74-80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-206-03-74-80>

9. Ruzsikova K. Differences in Agricultural Support between Countries – The OECD Measurement. *Acta Regionalia et Environmentalica*. 2019;16(1):10-14. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335229126\\_Differences\\_in\\_Agricultural\\_Support\\_between\\_Countries\\_-\\_The\\_OECD\\_Measurement](https://www.researchgate.net/publication/335229126_Differences_in_Agricultural_Support_between_Countries_-_The_OECD_Measurement)

10. Siudek T., Zawojcka A. How does general economy and agriculture sector performance influence farm producer support in the OECD countries. *Agricultural Economics-zemledelska Ekonomia*. 2018;58:101-118. DOI: <https://doi.org/10.17221/57/2011-AGRICECON>

11. OECD's Producer Support Estimate and Related Indicators of Agricultural Support. Concepts, Calculations, Interpretation and Use (The PSE Manual). Paris: Trade and Agriculture Directorate, 2016. 194 p. URL: <https://www.oecd.org/agriculture/topics/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation/documents/producer-support-estimates-manual.pdf>

12. Ushachev I. G., Maslova V. V., Chekalin V. S. State support of agriculture in Russia: problems, ways of their decision. *APK: Ekonomika, upravlenie*. 2018;(3):4-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33305/183-4>

13. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2021. Paris: OECD Publishing, 2021. 515 p. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation-2021\\_2d810e01-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/agricultural-policy-monitoring-and-evaluation-2021_2d810e01-en)

#### **Сведения об авторах**

✉ **Черепанова Дарья Михайловна**, магистр экономики, младший научный сотрудник, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, д. 11, АУК «Покровский бульвар», г. Москва, Российская Федерация, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3673-3460>, e-mail: [cherepanovadm@yandex.ru](mailto:cherepanovadm@yandex.ru)

**Никулина Юлия Николаевна**, кандидат экономических наук, эксперт отдела аграрной политики, Институт аграрных исследований, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, д. 11, АУК «Покровский бульвар», г. Москва, Российская Федерация, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3348-3259>

**Янбых Рената Геннадьевна**, доктор экон. наук, заведующая отделом аграрной политики, Институт аграрных исследований, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Покровский б-р, д. 11, АУК «Покровский бульвар», г. Москва, Российская Федерация, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6419-636X>

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

✉ **Daria M. Cherepanova**, Master of Economics, junior researcher, National Research University Higher School of Economics (HSE), 11, Pokrovsky Boulevard, Moscow, Russian Federation, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3673-3460>, e-mail: [cherepanovadm@yandex.ru](mailto:cherepanovadm@yandex.ru)

**Yuliya N. Nikulina**, PhD in Economics, expert, the Department of Agrarian Policy, Institute for Agrarian Studies, National Research University Higher School of Economics (HSE), 11, Pokrovsky Boulevard, Moscow, Russian Federation, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3348-3259>

**Renata G. Yanbykh**, DSc in Economics, Head of the Department of Agrarian Policy, Institute for Agrarian Studies, National Research University Higher School of Economics (HSE), 11, Pokrovsky Boulevard, Moscow, Russian Federation, 109028, e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6419-636X>

✉ – Для контактов / Corresponding author

