

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 21**  
**№ 5**  
**2020**

**Vol. 21**  
**No. 5**  
**2020**

© Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудниченко»

(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 охотничьего хозяйств, при приоритетном освещении проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем северных территорий к меняющимся климатическим условиям.

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

#### Рубрики журнала:

- ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ
- ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ (Растениеводство. Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции. Кормопроизводство. Земледелие, агрохимия, мелиорация. 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** – Сысуйев 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,  
Веселова Наталья Васильевна – к.с.-х., ученый секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

#### Редакционный совет

Андреев Николай Руфеевич	д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопроductов, 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., врио директора 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 Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия
Домский Игорь Александрович	д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института 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 Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия
Иванов Дмитрий Анатольевич	д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, 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 Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса
Костяев Александр Иванович	д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия
Куликов Иван Михайлович	д.э.н., профессор, академик РАН, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия
Леднев Андрей Викторович	д.с.-х.н., доцент, руководитель, главный научный сотрудник Удмуртского НИИСХ – структурного подразделения Удмуртского ФИЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия
Никонова Галина Николаевна	д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, руководитель отдела прогнозирования трансформации экономических структур и земельных отношений Северо-Западного научно-исследовательского института экономики и организации сельского хозяйства, г. Санкт-Петербург, Россия
Пашкина Юлия Викторовна	д.в.н., Почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия
Савченко Иван Васильевич	д.б.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела растительных ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института 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, 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.cnsbh.ru/elbib.shtm>;

CYBERLENINKA:

<https://cyberleninka.ru/>;

журнала:

<http://www.agronauka-sv.ru>

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Оформить подписку

можно в любом

почтовом отделении

по каталогу «Пресса России»

**подписной индекс 58391**

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

20.10.2020 г.

Дата выхода в свет

31.10.2020 г.

Формат 60x84<sup>1/8</sup>.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 18,13

Тираж 100 экз. Заказ 28.

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

Шенникова

Ирина Николаевна

Changzhong Ren

Ivanovs Semjons

Marczuk Andrzej

Náhlik András

Poutanen Kaisa

Romaniuk Wazlaw

Yu Li

Алешкин Алексей

Владимирович

Баранов Александр

Васильевич

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

Сибятулович

д.б.н., профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

д.с.-х.н., профессор, заслуженный агрохимик РФ, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия

д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, заместитель генерального директора по научной работе Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, г. Минск, Республика Беларусь

д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

д.б.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, профессор Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

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

Президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный 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, Технологического-природоведческого института, г. Варшава, Польша

профессор, научный руководитель Цилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай

#### Редакционная коллегия

д.т.н., профессор кафедры промышленной безопасности и инженерных систем Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

д.б.н., профессор, г. Кострома, Россия

д.с.-х.н., врио директора Федерального научного центра 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 Всероссийского научно-исследовательского института 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, врио проректора по экономике и инновациям Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

к.б.н., доцент кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии, г. Пермь, Россия

д.б.н., главный научный сотрудник отдела экологии животных Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия

к.б.н., доцент, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии, с.н.с. Центра компетенций «Экологические технологии и системы» Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

д.в.н., профессор кафедры экологии и зоологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии, 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 Марийского государственного института, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, Россия

---

## Agricultural science Euro-North-East, 2020; 21(5)

*Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*

Peer-reviewed scientific journal was established in 2000

The journal is published six times per year. DOI: 10.30766

---

© The founder of the journal Federal Agricultural Research Center  
of the North-East named N.V. Rudnitsky (FARC North-East) 610007, Kirov, Lenina 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 agro-ecosystems 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

- REVIEW ARTICLE
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES  
(Plant growing. Storage and processing of agricultural production. Fodder production. Agriculture, agrochemistry, land improvement. Zootechny. Veterinary medicine. Fur farming and hunting. Mechanization, electrification, automation. Economy)
- DISCUSSION PAPERS
- PEER-REVIEWS
- CURRENT EVENTS

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, the Honored worker of a science of the Russian Federation, academic advisor of the FARC North-East, Kirov, Russia

**The deputy editor-in-chief** – Natalya E. Rubtsova, Cand. of Sci. (Agricultural), the senior lecturer, head of scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia

**The responsible secretaries:** Natalia N. Soboleva, the engineer of scientific and technical information of the FARC North-East, Kirov, Russia,

Natalya V. Veselova, Cand. of Sci. (Agricultural), the scientific secretary of the scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia

### Editorial council

- Nikolay R. Andreev** Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia
- Vugar A. Bagirov** 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 education and science of Russia, Moscow, Russia
- Galina A. Batalova** Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the deputy director on selection work, the head of Department of oats of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Alexander M. Guryanov** Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, the director of Mordovian Agricultural Research Institute, Saransk, Russia
- Svetlana V. Degteva** Dr. of Sci. (Biology), the acting director of Institute of biology of Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
- Eduard D. Dzhavadov** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, academician of RAS, Honored worker of science of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine", St. Petersburg, Russia
- Igor A. Domskiy** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, corresponding member of RAS, Director of Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
- Sergey P. Eremin** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Dmitriy A. Ivanov** Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, corresponding member of RAS, the All-Russia scientific research institute of agricultural use of the reclaimed lands, Tver, Russia
- Petr P. Kazakevich** 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
- Vladimir M. Kosolapov** Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia
- Aleksandr I. Kostjaev** Dr. of Sci. (Economics), the professor, academician of RAS, main researcher, of North-West scientific research institute of economy and the organization of agriculture, St. Petersburg, Russia
- Ivan M. Kulikov** Dr. of Sci. (Economics), the professor, academician of RAS, the director of the All-Russia breeding-and-technology institute of gardening and plant rearing, Moscow, Russia
- Andrei V. Lednev** Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, head of Udmurt Research Institute of Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia
- Galina N. Nikonova** Dr. of Sci. (Economics), the professor, corresponding member of RAS, North-West scientific research institute of economy and the organization of agriculture, St. Petersburg, Russia
- Yulia V. Pashkina** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Ivan V. Savchenko** Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, main researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
- Aleksandr G. Samodelkin** Dr. of Sci. (Biology), the professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia

The Journal 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

You can subscribe in any post office According to the catalog "Press of Russia" subscription index 58391

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

**Publisher and editorial address:**  
610007, Kirov, Lenina 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

Signed for printing  
20.10.2020 r.

Date of exit to light  
31.10.2020.

Format 60x84<sup>1/8</sup>. Offset paper.  
Cond. peps. l. 18,13  
Circulation 100 copies. Order 28.  
Free price.

**Address of the printing house:**  
FGBNU FANTS Northeast.  
610007, Kirov, Lenina str., 166a

- Pavel N. Sisjagin** 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), Head of the Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "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, Minsk, Republic of Belarus
- Yu. A. Tsoy** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of RAS, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
- Irina G. Shirokikh** Dr. of Sci. (Biology), leading researcher, head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms, FARC North-East, professor at the Department of Microbiology, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Irina N. Shchenikova** Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, corresponding member of RAS, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Breeding of Barley, FARC North-East, 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 Marczuk** Dr. of Sci. (Engineering), professor, 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
- Wazlaw Romanjuk** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, Tehnological-and-naturalists' institute, Warsaw, Poland
- Li Yu** The professor, the director of Institute of mycology of Jilin agrarian university, a foreign member of RAS, Changchun, China

#### Editorial Board

- Aleksey V. Aleshkin** Dr. of Sci. (Engineering), professor at the Department of Industrial Security and Engineering systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Aleksandr V. Baranov** Dr. of Sci. (Biology), the professor, Kostroma, Russia
- Anna S. Brandorf** Dr. of Sci. (Agricultural), Acting Director, Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoc, Russia
- Aleksandr I. Burkov** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, main researcher, the Honored inventor of the Russian Federation, the head of Laboratory of grain- and seed-cleaning machines of the FARC North-East, 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
- Aleksandr A. Ivanovsky** Dr. of Sci. (Biology), the head of Laboratory of veterinary biotechnology of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Lyudmila M. Kozlova** Dr. of Sci. (Agricultural), the head of Department of agriculture, agrochemistry and land improvement of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Olga V. Kostenko** Cand. of Sci. (Economics), actina pro-ректор for Economy and Innovation of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Olga V. Ryabova** Cand. of Sci. (Biology), associate Professor of Microbiology, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Perm state pharmaceutical Academy", Perm, Russia
- Aleksander P. Saveliev** Dr. of Sci. (Veterinary), senior 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, 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 Ecology and Zoology, Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Tatyana K. Sheshegova** Dr. of Sci. (Biology), the head of Laboratory of immunity and plants protection of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Gubeidulla S. Junusov** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, Agrarian-and-technological institute of Mari State University, the Honored worker of agriculture of Republic of Mary El, Yoshkar-Ola, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЗОРЫ

*Н. А. Шемуранова, Н. А. Гарифуллина*

Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных (обзор)..... 483

### РАСТЕНИЕВОДСТВО

*А. Г. Курылева*

Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики..... 503

*Е. И. Уткина, Л. И. Кедрова, Е. А. Шляхтина, Е. С. Парфенова, Н. А. Набатова, М. Г. Шамова*

Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез..... 512

*С. С. Пислегина, С. С. Четвертных*

Влияние погодных условий на продолжительность вегетационного периода и продуктивность гороха..... 521

*С. З. Гучетль, Т. А. Челюстникова*

Генотипирование сортов масличного льна с использованием системы микросателлитных ДНК-маркеров..... 531

*В. М. Мотов, А. В. Денисова, О. А. Чеглакова, М. В. Мотова*

Особенности производства лука-шалота сорта Истобенский при выращивании рассадным методом..... 540

### КОРМОПРОИЗВОДСТВО

*Н. Н. Иванова, О. Н. Анциферова, А. Д. Капсамун, Е. Н. Павлючик, Н. Н. Амбросимова*

Перспективные травосмеси для пастбищного использования на осушаемых землях Нечерноземной зоны..... 549

### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

*Ф. А. Попов, В. Д. Абашев, Е. Н. Носкова, Е. В. Светлакова, И. В. Лыскова*

Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи..... 561

*Ю. А. Лапшин, С. И. Новоселов, А. В. Данилов, Р. И. Золоторева*

Отзывчивость сортов ярового тритикале на внесение минеральных удобрений..... 571

*А. В. Ивенин, А. П. Саков*

Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и качество зерна Овса в Нижегородской области..... 580

*О. В. Балун*

К вопросу о долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области..... 589

### ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

*А. А. Ивановский, Н. А. Латушкина, Е. Ю. Тимкина*

Влияние фитоэкстракта, содержащего экидистероиды и флавоноиды, на показатели метаболизма свиней и белых мышей..... 597

### ЗВЕРОВОДСТВО. ОХОТОВЕДЕНИЕ

*И. П. Треньков, А. П. Савельев*

Формирование и современное состояние популяции бобров в горах Кузнецкого Алатау, Южная Сибирь..... 605

### МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

*А. А. Рылов, П. А. Савиных, В. Н. Шулятьев*

Экспериментально-теоретические исследования движения молока и воздуха в молоковыводящем тракте доильного аппарата..... 614

*В. В. Кирсанов, Р. А. Баишева*

Контроль и управление в сложной биотехнической системе молочной фермы..... 625

## CONTENTS

### REVIEWS

- Natalia A. Shemuranova, Natalia A. Garifullina*  
Plants as the basis for the development of environmentally friendly highly functional bioadditives for animals (review)..... 483

### PLANT GROWING

- Alevtina G. Kuryleva*  
Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions..... 503
- Elena I. Utkina, Lidiya I. Kedrova, Elena A. Shlyakhtina, Elena S. Parfenova, Natalya A. Nabatova, Marina G. Shamova*  
Development of acid-resistant winter rye Kiprez variety..... 512
- Svetlana S. Pislegina, Svetlana A. Chetvertnykh*  
Influence of weather conditions on the duration of the growth season and yield of peas..... 521
- Saida Z. Guchetl, Tatyana A. T. Chelyustnikova*  
Genotyping oil flax varieties using the microsatellite DNA marker system..... 531
- Victor M. Motov, Anna V. Denisova, Oksana A. Cheglakova, Margarita V. Motova*  
Specific features of production of Istobensky variety shallot grown by transplanting method..... 540

### FODDER PRODUCTION

- Nadezhda N. Ivanova, Olga N. Antsiferova, Andrey D. Kapsamun, Ekaterina N. Pavlyuchik, Nina N. Ambrosimova*  
Promising grass mixtures for pasture use on drained lands of the Non-Chernozem Zone..... 549

### AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

- Fyodor A. Popov, Vasiliy D. Abashev, Eugenia N. Noskova, Elena V. Svetlakova, Irina V. Lyskova*  
Influence of long-term use of mineral fertilizers on the yield and quality of winter rye grain..... 561
- Yuri A. Lapshin, Sergei I. Novoselov, Aleksander V. Danilov, Rimma I. Zolotareva*  
Response of spring triticale varieties to application of mineral fertilizers..... 571
- Alexey V. Ivenin, Alexander P. Sakov*  
The effect of light-gray forest soil tilling systems on the yield and quality of oat grain in the Nizhny Novgorod region..... 580
- Olga V. Balun*  
On the problem of durability of underground drainage in the natural and climatic conditions of the Novgorod region..... 589

### VETERINARY MEDICINE

- Alexander A. Ivanovsky, Natalya A. Latushkina, Elena Yu. Timkina*  
The effect of phytoextract containing ecdysteroids and flavonoids on the metabolic parameters of pigs and white mice..... 597

### FUR FARMING AND HUNTING

- Ivan P. Trenkov, Alexander P. Saveljev*  
The formation and current state of the beaver population in the Kuznetskiy Alatau Mountains, South Siberia..... 605

### MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

- Alexander A. Rylov, Peter A. Savinykh, Valeri N. Shulyatyev*  
Experimental and theoretical studies of milk and air motion in the milk-producing tract of the milking machine..... 614
- Vladimir V. Kirsanov, Ravza A. Baisheva*  
Control and management in a complex biotechnical system of a dairy farm..... 625

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>  
УДК: 636.086: 636.087



## Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных (обзор)

© 2020. Н. А. Шемуранова✉, Н. А. Гарифуллина

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

На сегодняшний день для приготовления биологически активных добавок в животноводстве особый интерес вызывает использование растительных компонентов, обладающих противомикробным, противовирусным, антиоксидантным, противовоспалительным, гепатопротекторным и иммуномодулирующим действием. Большую биологическую ценность, как составляющие фитодобавок, представляют ламинария японская (*Laminaria japonica*) и расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L.) Gaertn), широкий спектр биологического действия которых обусловлен богатым химическим составом. Уникальность расторопши пятнистой заключается в содержании силимарина – флаволигнана с выраженными гепатопротекторными свойствами, используемого во всем мире для изготовления медицинских препаратов с выраженным гепатопротекторным действием. Еще одной особенностью расторопши является ее богатый макро- и микроэлементный состав, включающий, кроме остального, и такой редкий эссенциальный элемент, как селен (22,90 мг в 1 г семян), дефицит которого в пище и кормах приводит к развитию эндемических микроэлементозов у человека и животных. Биологической особенностью ламинарии японской является наличие в ее составе альгиновой кислоты, ее солей, маннита, ламинарина и фукоидана, обладающих иммуномодулирующей, противомикробной, антацидной, противоаллергической и кровоостанавливающей активностью, а также большого количества минеральных веществ (26,6-32,9 % от массы сухого вещества) и витаминов. Словесница *Laminaria japonica* богаты органическим йодом, содержание которого в экстрактах достигает 5,4 мг/г, что немаловажно в условиях йододефицита, присутствующего на большей части территории России и мира. Вместе с тем, вопрос о применении этих растений в качестве биодобавок для животных остается не до конца изученным. Имеется крайне мало данных о влиянии каждого из растений на продуктивность сельскохозяйственных животных и качественные показатели получаемой от них продукции, а сведений об их совместном применении нам не встречалось.

**Ключевые слова:** *Silybum marianum* (L.) Gaertn, *Laminaria japonica*, расторопша пятнистая, ламинария японская, силимарин, альгиновая кислота, сельскохозяйственные животные

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0088).

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

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

**Для цитирования:** Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):483-502. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>

Поступила: 03.02.2020 Принята к публикации: 06.10.2020 Опубликовано онлайн: 22.10.2020

## Plants as the basis for the development of environmentally friendly highly functional bioadditives for animals (review)

© 2020. Natalia A. Shemuranova✉, Natalia A. Garifullina

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

Presently, the use of plant components with antimicrobial, antiviral, antioxidant, anti-inflammatory, hepatoprotective and immunomodulatory effects is of particular interest for the preparation of biologically active additives in animal husbandry. Of great biological value as components of herbal supplements are Japanese kelp (*Laminaria japonica*) and spotted milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn), a wide range of biological action of which is due to the rich chemical composition. The uniqueness of spotted milk thistle lies in the content of silymarin – flavolignan with pronounced hepatoprotective properties, used throughout the world for the manufacture of medicines with a pronounced hepatoprotective effect. Another feature of milk thistle is its rich macro- and microelement composition, which, among other things, includes such a rare essential element as selenium (22.90 mg per 1 g of seeds), the deficiency of which in food and feed leads to the development of endemic microelementoses in humans and animals. The biological feature of Japanese laminaria is the presence in its composition of alginate acid, its salts, mannitol, laminarin and fucoidan, which have immunomodulating, antimicrobial, antacid, antiallergic and hemostatic activity, as well as a large number of minerals (26.6-32.9 % by weight of dry matter) and vitamins. *Laminaria japonica* thallus are rich in organic iodine, the content of which in the extracts amounts to 5.4 mg/g, which is important in the conditions of iodine defi-

ciency, which is present at the most territory of Russia and the world. At the same time, the problem of the use of these plants as dietary supplements for animals is still under study. There is very little data on the effect of each plant on the productivity of farm animals and the quality of their products, and no information about their joint use has been obtained yet.

**Key words:** *Silybum marianum* (L). Gaertn, *Laminaria japonica*, milk thistle, Japanese kelp, silymarin, alginic acid, farm animals

**Acknowledgement:** 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 № 0767-2019-0088).

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:** Shemuranova N. A., Garifullina N. A. Plants as the basis for the development of environmentally friendly highly functional bioadditives for animals. *Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):483-502. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>

Received: 03.02.2020

Accepted for publication: 06.10.2020

Published online: 22.10.2020

Вопрос о применении биоактивных веществ для коррекции различных функций организма животных на протяжении нескольких десятков лет становится все более популярным, поскольку оптимизация кормления сельскохозяйственных животных с использованием различных кормовых добавок является перспективным направлением исследований. Биологически активные вещества используются для производства противомикробных препаратов [1], сорбентов, адьювантов, пробиотиков [2], иммуномодуляторов [3], а также стимуляторов роста, половой и репродуктивной функции самцов и самок [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Особый интерес, как наиболее безопасные и экологичные, вызывают биологически активные вещества природного происхождения. Установлено, что растительные кормовые добавки или фитобиотики обладают антимикробным, противовирусным, иммуномодулирующим, гепатопротекторным, противогрибковым, противовоспалительным действием, улучшают переваримость кормов и способствуют получению экологически чистой продукции [10].

Использование кормовых добавок обосновано еще и содержанием в них целого ряда минеральных элементов и витаминов, потребность в которых животные не способны удовлетворить только за счет потребления кормов. Так, например, в условиях северо-восточного региона европейской части России лимитирующими элементами питания являются селен, цинк, медь, сера, марганец, каротин [11]. Еще одним элементом, в котором животные испытывают потребность, является йод. Общеизвестно, что на территории России практически не существует регионов с достаточным содержанием йода в почве и воде, что обуславливает его дефицит в рационах сельскохозяйственных животных [11, 12]. Нехватка указанных веществ в кормах закономерно

приводит к низкой концентрации их в организме животных, что влечет за собой замедление роста и развития, снижение продуктивных показателей животных, нарушение репродуктивной функции, способствует развитию у них различных заболеваний. Кроме того, несбалансированность минерального кормления ведет к дополнительному расходу кормов на единицу продукции и повышению ее себестоимости.

Дефицит биологически активных элементов в кормах могут восполнить ламинария японская (*Laminaria japonica*) – источник органического йода и расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L). Gaertn) – растение, способное аккумулировать селен из почвы. Оба растения имеют уникальный состав и, помимо этих элементов, содержат большое количество активных соединений, обладающих широким спектром биологического действия.

**Цель обзора** – обобщение данных научной литературы о химическом составе, биологическом действии и использовании ламинарии японской и расторопши пятнистой в медицине, ветеринарии и зоотехнии.

**Материал и методы.** Поиск научных источников проводили в наукометрических и библиографических базах, научных электронных библиотеках и поисковых системах: Crossref (<https://search.crossref.org/>), Web of Science (<http://wokinfo.com>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), Україніка наукова (<http://nbuv.gov.ua/node/512>), КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru/>), академия Google (<http://scholar.google.com.ua/>). В качестве источников литературы были приняты научные статьи на английском, русском и украинском языках. В качестве ключевых слов использовали названия растений на английском, русском и латинском языках (ламинария, ламинария японская, *Japanese kelp*,

*Laminaria japonica*, расторопша пятнистая, *milk Thistle spotted*, *Silybum marianum*). Глубина поиска – с 1990 года. Были исключены материалы, опубликованные ранее 1990 года, статьи, не имеющие доказательной базы, статьи в популярных печатных изданиях (газеты).

**Основная часть.** Применение растений и их отдельных частей в качестве лекарственных средств глубоко уходит своими корнями в историю человечества. Еще в древности люди искали исцеления от своих болезней в растениях, что современная медицина объясняет наличием в них большого количества биологически активных веществ широкого спектра действия. Рассматриваемые в данном обзоре растения не являются исключением.

**Расторопша пятнистая. Химический состав.** Расторопша пятнистая (молочный чертополох) относится к семейству астровых (*Asteraceae*), латинское название – *Silybum marianum* (L.) Gaertn [13, 14]. Семена расторопши содержат порядка двухсот различающихся по действию химических компонентов, участвующих в регуляции жирового обмена и работе нервной системы, необходимых для питания сердечной мышцы, кожи, улучшающих работу органов зрения [15].

В плодах расторопши содержится уникальный класс производных флавоноидов и фенилпропаноидов – флаволигнаны: силибин, изосилибин, 2,3-дегидросилибин, силандрин, силикрестин, силидианин, силимонин, 2,3-дегидросиликрестин, изосиликрестин, силигермин<sup>1</sup> [16, 17, 18]. Преобладающими являются флаволигнаны: силибин – на его долю приходится 60-70 %, силидианин – 10 %, силикрестин – 20 % от общей суммы флавоноидов. Данные соединения получили общее название «силимарин» с эмпирической формулой  $C_{25}H_{22}O_{10}$  [19, 20, 21]. Установлено, что стимулирующее действие силимарина на синтез белка обеспечивается за счет его структурного сходства со стероидными гормонами [22, 23, 24].

Богаты плоды расторопши макро- и микроэлементами. Содержание калия, кальция, магния и железа в них составляет соответственно 9,20, 16,60, 4,20 и 0,08 мг/г. Микроэлементный состав плодов расторопши – марганец (0,10 мг/г), медь (1,16 мг/г), цинк (0,71 мг/г), хром (0,15 мг/г), никель (0,20 мг/г).

Плоды расторопши содержат рекордное количество селена (22,90 мг/г) и бора (22,40 мг/г). В малых концентрациях (менее 0,10 мг/г) в расторопше пятнистой определяются йод, алюминий, стронций, ванадий и свинец. Витаминный состав представлен водорастворимыми витаминами группы В и жирорастворимыми витаминами А, D, Е, К, а также совокупностью линолевой, линоленовой и арахидоновой жирных кислот, объединенных под общим названием «витамин F» [16, 25]. По данным В. А. Куркина с соавторами (2010), плоды расторопши пятнистой также содержат до 0,1 % эфирных масел, стеролы, горечи и смолы, биогенные амины (тирамин и гистамин), органические кислоты, слизи, поверхностно-активные вещества – сапонины<sup>2</sup>.

Жирное масло составляет около 30 % массы семян расторопши и обладает высокой пищевой и биологической ценностью. Представленные в его составе заменимые и незаменимые жирные кислоты содержатся в следующих количествах: линолевая – 35,00-56,57 %, олеиновая – 20,73-30,00 %, пальмитиновая – 8,01-15,00 %, стеариновая – 4,79-12,00 %, арахидоновая – 2,7-7,0 %, бегеновая – 2,09-8,00 %, нонадециловая – до 1,11 %, лигноцереновая – 0,01-0,69 %, миристиновая – 0,01-0,09 % от общего количества жирных кислот<sup>3</sup> [16].

На современном производстве масло расторопши получают методом прессования. Для увеличения выхода масла из плодов расторопши их подвергают нагреву до температуры +60 °С, что отрицательно влияет на качество конечного продукта, в том числе из-за разрушения термолабильных флаволигнанов. В оставшемся после переработки жмыхе содержится до 10 % жирного масла, что значительно снижает его сроки хранения из-за прогоркания. Вместе с тем жмых может использоваться в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Содержание в нем сырого протеина достигает 18,0-20,4 %, сырого жира – 9,0-9,5 %, безазотистых экстрактивных веществ – 27-29 %, сахара – 2,5-2,7 %, крахмала – 1,6-1,8 %. Питательность жмыха составляет 0,9-1,0 кормовых единиц. Богат он и такими важными макроэлементами, как кальций (11,0-11,9 г/кг), фосфор (5,9-6,1 г/кг) и магний (до 5,58 г/кг) [26].

<sup>1</sup>Куркин В. А., Запесочная Г. Г., Авдеева Е. В. и др. Расторопша пятнистая: монография. Самара: ООО «Офорт»; ГОУ ВПО «СамГМУ Росздрава», 2010. 118 с. Режим доступа: <https://b-ok.xyz/book/2971483/b7f112>

<sup>2</sup>Там же. С. 30.

<sup>3</sup>Там же. С. 30.

Для увеличения выхода масла из плодов расторопши и улучшения качества получаемой продукции на некоторых предприятиях применяют экстракцию сырья сжиженным фреоном. Это обеспечивает максимальное удаление масла из семян: в шроте его остается менее 2%<sup>4</sup>. При этом питательная ценность шрота расторопши остается довольно высокой: содержание сырого протеина в нем достигает 24 %, сырого жира – 6,6 %, клетчатки – 26,4 %. По содержанию лизина (12,42 г/кг) он значительно превосходит льняной, подсолнечниковый, рапсовый шроты и почти не уступает соевому, т. е. является высокоценным белковым кормом [27].

*Действие биоактивных веществ расторопши пятнистой.* Широкое применение расторопши пятнистой в медицине началось с 1968 года, после исследования ее биохимического состава в Мюнхенском институте фармацевтики [28]. И в настоящее время внимание многих исследователей привлекают биологически активные соединения расторопши, обладающие высоким потенциалом терапевтического действия.

Флаволигнаны, объединенные под общим названием силимарин, являются ведущей группой биологически активных веществ расторопши пятнистой. Их содержание в семенах растения, по данным С. В. Цаприловой, Р. А. Родионовой [16], составляет 1,5-4,0 %, что обуславливается разновидностью растения и местом его произрастания. Силимарин в незначительных количествах содержится во всех частях растения, наибольшая же его часть сосредоточена в оболочке (до 7,1 %) и внутри семян (до 0,12 %) <sup>5</sup>.

Фармакологические действия, которыми обладает силимарин, достаточно разнообразны. Антиоксидантная активность обусловлена способностью данного вещества вступать в реакцию со свободными радикалами, ингибировать процесс перекисного окисления липидов, производить стабилизацию клеточных мембран и тучных клеток, значительно снижать расход и содействовать увеличению количества восстановленного глутатиона, прямая функция которого – разрушение свободных радикалов. Многими исследованиями доказано, что флавоноиды расторопши пятни-

стой обладают в 10 раз более высокой антиоксидантной активностью, чем витамин Е (токоферол) [29, 30, 31].

В работах многих авторов встречаются убедительные доказательства гепатопротекторного действия силимарина, выражающиеся в защите гепатоцитов от неблагоприятных воздействий различного рода. Экспериментальные и клинические исследования проводились как *in vitro*, так и *in vivo*. Механизм действия и свойства препарата в настоящее время остаются до конца не изученными, однако исследователи связывают их с антиоксидантной активностью силимарина, его способностью поддерживать запасы  $\gamma$ -глутамилцистеинилглицина, препятствовать захвату токсинов и образованию лейкотриенов из полиненасыщенных жирных кислот в печени, корректировать иммунные функции, активизировать синтез протеина в клетках печени, изменять проницаемость клеточной и митохондриальной мембран при повреждающем воздействии ксенобиотиков и др. <sup>6</sup> [22, 32, 33, 34].

Плоды расторопши пятнистой используются при лечении и профилактике поражений печени различной этиологии, что представляет особенный интерес, поскольку нарушение функций печени – одна из актуальных проблем молочного скотоводства, возникновению которой наиболее подвержены высокопродуктивные животные. По данным Ю. Н. Алехина, из обследованного поголовья коров с продуктивностью 7000-8500 кг молока в год патологии печени выявлены у 52,4 %, а с продуктивностью 4500-5200 кг молока в год – у 20,7 % животных [35].

В настоящее время установлено, что гепатопротекторное действие силимарина связано с его антиоксидантной активностью. Силимарин предотвращает образование тетрахлорметана (CCl<sub>4</sub>), вызванного перекисным окислением липидов, и снижает его метаболическую активность за счет разрушения химических связей. Также применение силимарина способствует нормализации уровней трансаминаз, очищению, восстановлению поврежденных и образованию новых гепатоцитов, повышению устойчивости печени к инфекциям и отравлениям, стимуляции образования и выделения желчи <sup>7</sup> [31, 35].

<sup>4</sup>Там же. С. 32.

<sup>5</sup>Там же. С. 26.

<sup>6</sup>Блинова К. Ф., Борисова Н. А., Гортинский Г. Б., Глушвицкий И. В., Забинкова Н. Н., Комарова М. Н. и др. Ботанико-фармакогностический словарь: Справочное пособие / Под ред. К. Ф. Блиновой, Г. П. Яковлева. М.: Высшая школа, 1990. С. 229. Режим доступа: <https://www.booksmed.com/farmakologiya/3083-botaniko-farmakognosticheskiy-slovar-blinova-kf.html>

<sup>7</sup>Там же. С. 229.

В научной литературе приводится множество фактов, подтверждающих терапевтическое действие силимарина при поражении печени токсинами аманитин ( $\alpha$ -аманитин) и фаллоидин, содержащимися в грибах рода *Amanita* (мухомор и бледная поганка). Указанные токсины дезактивируют РНК-полимеразу в клетках печени, что обуславливает их гибель через 12-24 ч [21, 32, 36].

Проведение рандомизированных контролируемых испытаний при острых отравлениях токсинами гриба рода *Amanita* невозможно по этическим и гуманным соображениям, поэтому клиническая эффективность силимарина при заболеваниях подобной этиологии подтверждается описаниями случаев терапии отравлений и к наблюдениям [21, 22, 23]. В описанных случаях, более чем у 2500 пациентов при стандартной терапии и внутривенном, либо пероральном применении действующих веществ расторопши пятнистой (силимарин [24, 30], силибинин [31, 32, 36], силибин), наблюдалось значительное снижение случаев смертельного исхода, либо выздоровление 100 % пациентов [37, 38, 39, 40, 41].

В последние годы количество исследований, посвященных изучению свойств и механизмов действия препаратов на основе расторопши, значительно увеличилось. Наибольший интерес вызывает использование силимарина для лечения злокачественных новообразований различной локализации. Интерес представляют нейро- и кардиопротекторные свойства, антиаллергическая активность, а также возможность применения препаратов при терапии сахарного диабета, заболеваний поджелудочной железы и почек [22, 32, 41, 42]. По данным исследований С. В. Цаприловой и Р. А. Родионовой, плоды расторопши обладают противовоспалительным, противофиброзным, антисклеротическим действием. Масло расторопши можно применять как самостоятельное ранозаживляющее, регенерирующее лекарственное средство, а также в качестве компонента для производства противовоспалительных, ранозаживляющих, противоязвенных средств [16]. Биологически активные вещества, содержащиеся в шроте семян расторопши, благоприятно влияют на обмен веществ, повышают резистентность организма к заболеваниям, обладают антиаллергенными и детоксикационными свойствами. Обнаружено их антимуtagenное, антиоксидантное, мембранопротекторное и ранозаживляющее действие [17, 19, 20, 21].

Проведенные исследования также показывают, что входящие в состав расторопши биологически активные вещества поддерживают иммунную систему организма, метаболизм гормонов (в особенности гормонов группы эстрогенов у женщин). При применении плодов расторопши увеличивается выделение желчи, улучшается переваривание жиров и усвоение жирорастворимых витаминов, что значительно улучшает процесс пищеварения [15].

В дерматологии масло расторопши используют при лечении витилиго, псориаза, облысения, угрей. Масло применяется в косметических композициях в сочетании с другими природными компонентами для стимуляции обменных процессов и восстановления упругости и эластичности кожных покровов, регенерации воспаленной кожи, подвергшейся тепловому воздействию или действию ультрафиолетовых лучей [21, 30, 43].

Препараты расторопши относятся к низкотоксичным. Экспериментально на лабораторных животных определена полумлетальная доза ( $LD_{50}$ ): при внутривенном введении для мышей она составляет 400 мг/кг, для крыс – 385 мг/кг, для кроликов и собак – 140 мг/кг живой массы. Величина  $LD_{50}$  возрастает со снижением скорости введения, а при пероральном применении препаратов достигает 10 г на 1 кг живой массы [44].

*Использование расторопши пятнистой в животноводстве.* Учитывая широкий диапазон терапевтического действия препаратов из расторопши пятнистой, а также питательную ценность продуктов ее переработки, интерес представляет изучение использования ее в качестве биологически активной добавки в рационах сельскохозяйственных животных. Имеющееся незначительное количество исследований по данному вопросу показало положительные результаты.

Установлено, что применение жмыха расторопши телкам айрширской породы с первого по двадцать первый месяц жизни в дозе 44 мг на 1 кг живой массы позволяет снизить на 35 % число заболеваний, обусловленных нарушением функции печени и обменных процессов, и обеспечить сохранность 100 % поголовья с первого месяца жизни до окончания первой лактации [26]. В аналогичном опыте скормливание жмыха расторопши из расчета 155 мг/кг живой массы коровам, начиная с третьего-четвертого месяца стельности и заканчивая четвертым месяцем лактации курсами по 45 дней, обеспечило 100 % сохран-

ность полученного приплода, на 35 и 17 % сократило заболеваемость стельных и новотельных коров. Уровень продуктивности при этом повысился на 5,7 % [45].

Включение в состав рациона лактирующих коров шрота расторопши в количестве 25 % от нормы переваримого протеина способствовало повышению среднесуточного удоя, содержания жира и белка в молоке, улучшило его аминокислотный состав, переваримость питательных веществ корма и биохимические показатели крови [46].

Исследования, проведенные Д. Ю. Григорьевым с соавторами, показывают, что применение комплексного препарата силимарин на основе шрота расторопши из расчета 250 г/гол. в сутки коровам в предотельный период и во время раздоя способствовало повышению у них среднесуточных удоев на 14,10 %, содержания жира и белка в молоке соответственно на 0,57 и 0,06 %. Влияние данного препарата на биохимические показатели крови выражалось в снижении уровня билирубина на 29,11 %, повышении количества альбуминов в крови опытных животных по сравнению со значениями контрольной группы 7,78 %, достоверном повышении уровня кальция на 3,49 %. Учеными установлена экономическая эффективность применения изученного препарата, выразившаяся в получении чистого дополнительного дохода в расчете на 1 корову 27175 руб. [47].

В своих исследованиях М. Колесник и И. Баньковска установили, что использование в качестве биологически активной добавки различных концентраций расторопши пятнистой в составе комбикормов обеспечивает сохранность подсосных поросят на уровне 100 %, повышая среднесуточные приросты на 18,8 %, а также положительно влияет на общее состояние организма, и особенно органов пищеварения, оказывает гепатопротекторное и иммуномодулирующее действие. Препараты нивелируют влияние стрессовых факторов, которые возникают при изменении рациона в период начала подкормки поросят. Биодобавка из расторопши пятнистой показала высокую эффективность при использовании ее в дополнение к основной схеме лечения токсикозов, развивающихся вследствие скармливания некачественных кормов и диареи незаразной этиологии [48].

Теми же авторами установлено, что использование расторопши пятнистой в качестве кормовой добавки из расчета 100 мг/кг живой массы раз в сутки в рационах свиноматок,

начиная с 88 дня супоросности до опороса, положительно влияет на формирование плода и массу новорожденных поросят, которые при рождении имели на 13,9 % большую живую массу, чем аналоги контрольной группы [49].

Г. Чохатариди с соавторами провели исследование качества мяса при использовании в кормлении свиней шрота расторопши. Было установлено, что добавление в рацион свиней в период откорма шрота расторопши в количестве 2,0 % от нормы сухого вещества позволило улучшить потребительские качества получаемого мяса в основном за счет увеличения в длиннейшей мышце спины количества триптофана [50].

В кормлении молодняка овец рекомендовано использовать до 10 % шрота расторопши от массы концентратов в летний период и до 30 % – в зимний. Установлено, что скармливание шрота в таких концентрациях способствует увеличению переваримости протеина на 6,1-6,4 %, обеспечивает увеличение отложения азота в организме ягнят в возрасте с 6 до 8 месяцев, серы и кальция – с 6 до 10-месячного возраста. Отмечено влияние шрота на мясную продуктивность, выразившееся в увеличении отношения выхода мякоти к костям [27].

Поводились исследования по скармливанию порошка расторопши индюкам из расчета 2 г на 1 кг корма. Доказано, что применение указанной дозы расторопши способствовало активации гуморального иммунитета индюков на 5-е сутки от начала скармливания и в течение 5 суток после прекращения дачи добавки. Это выражалось в достоверном повышении лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови соответственно на 20 и 13 %, повышении количества циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) на 10 % в сравнении с контрольной группой. Высокий уровень ЦИК в сыворотке крови указывает, по мнению авторов, на стимулирующее влияние силимарина, содержащегося в плодах расторопши пятнистой, на образование антител [51].

В литературе встречаются данные по использованию плодов расторопши в рыбководстве. Проведены исследования по изучению влияния расторопши пятнистой на рыбохозяйственные показатели двухлеток карпа любинского. Установлено, что добавление к корму молотых семян расторопши в течение двух месяцев из расчета 5 % от массы комбикорма приводит к увеличению продуктивности рыбы, средней навески рыбы и снижению кормового коэффициента [15].

Расторопша отличается высоким содержанием микроэлемента селен. Известно, что селен в организме способствует снижению усвояемости тяжелых металлов. Так, применение биологически активной добавки на основе медового экстракта расторопши («Лактусил») дойным коровам из расчета 75 и 100 г на животное в день способствовало сокращению содержания в молоке коров опытных групп кадмия – на 20,0-34,3 %, свинца – 23,64-43,64 % по сравнению с животными интактной группы. При этом наблюдался рост молочной продуктивности коров в размере 6,61-9,96 % [25]. Аналогичные данные получены в опыте Т. З. Мильдзихова и соавторов, в котором скармливание шрота расторопши в комплексе с аскорбиновой кислотой цыплятам-бройлерам снизило концентрацию свинца и кадмия в мясе в 2,72 и 2,08 раза и повысило его биологическую ценность [52]. Также установлено, что положительный результат приносит не только применение продуктов переработки семян расторопши пятнистой в кормлении сельскохозяйственных животных, но и использование зеленой массы при заготовке силоса [53].

Таким образом, расторопша пятнистая является ценным растением, содержащем в своем составе не только большое количество микро- и макроэлементов, витаминов, жирных кислот, но и флаволигнанов, объединенных под общим названием «силимарин». Это объясняет широкий спектр ее биологического действия и высокую ценность в качестве сырья для изготовления как лекарственных препаратов, так и биологически активных кормовых добавок, способных сохранить здоровье животных, увеличить количество и улучшить качество получаемой от них продукции.

*Ламинария японская.* Еще одним ценным источником биологически активных веществ являются морские бурые водоросли. Запасы этих гидробионтов настолько велики, что и сейчас есть места такого их скопления, что затрудняется движение лодок и целых судов. В морях Дальнего Востока особенно распространены низкореальные приазиатские тихоокеанские виды макроводорослей семейства ламинариевых. В акватории России их промысловые запасы сосредоточены у берегов острова Кунашир и островов Малой Курильской гряды, южно-сахалинского побережья Японского моря, в Охотском море – у побере-

жий Магаданской области, полуострова Камчатка, также их можно встретить у Японских островов и в Желтом море<sup>8</sup> [54].

Интерес к бурым водорослям в наши дни не ослабевает: благодаря имеющимся биологически активным веществам, морские водоросли используются в пищевой промышленности, при производстве функциональных продуктов питания<sup>9</sup>, в косметологии, медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве<sup>10</sup> [54, 55, 56].

*Химический состав ламинарии японской.* Ярким представителем класса бурых водорослей (*Phaeophyceae*), имеющим промышленную ценность, является ламинария японская (*Laminaria japonica* Aresch.). В химическом составе ламинарии выделяют: 70 % и более углеводов, 5-15 % белка, 1,4-4,8 % липидов [55].

Основная масса углеводов ламинарии японской представлена полисахаридами, среди которых особое значение имеет альгиновая кислота, присутствующая в растении в клеточных стенках и межклеточниках в виде солей металлов, в основном калия, кальция, магния, натрия. По сведениям разных авторов, ее содержание в *L. japonica* составляет 25,0-38,1 % от сухого вещества в зависимости от стадии развития, времени и района сбора водорослей [57, 58, 59]. Еще одним компонентом с высокой биологической активностью, синтезируемым данной макроводорослью, является фукоидан – сульфатированный полисахарид, выполняющий функцию регулирования водно-солевого обмена и предохраняющий водоросли от пересыхания. В водорослях порядка ламинариевых содержание данного полисахарида варьирует в пределах 0,6-6,5 %, в ламинарии японской фукоидана содержится 4,5-5,0 % [59, 60].

Ламинаран (ламинарин) – конечный продукт фотосинтетического обмена – относится к запасным углеводам бурых водорослей, накапливается в цитоплазме фотосинтезирующих клеток и хлоропластах. Ламинаран представляет собой полимер Д-глюкозы, состоящий из остатков β-D-глюкопиранозов, в водорослях его содержание колеблется от 2,0 до 30,0 % сухой массы в зависимости от вида, места произрастания, сезона года. Наибольшее его содержание определяется у водорослей, собранных в летние месяцы [59, 61].

<sup>8</sup>Аминина Н. М. Лечебно-профилактический продукт «Ламиналь – биогель из морских водорослей». Владивосток: ТИПРО-Центр, 2006. 34 с. Режим доступа: <http://d.120-bal.ru/voda/20745/index.html>

<sup>9</sup>Там же. С. 4.

<sup>10</sup>Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. Водоросли. Справочник. Киев: Наук. думка. 1989. 608 с.

Биохимической особенностью ламинарии является ее способность синтезировать маннит и его производные. Маннит – это низкомолекулярный шестиатомный спирт, содержание его в ламинарии, по разным данным, колеблется от 3,7 до 28,9 % [59, 62].

В состав белка ламинарии входят 17 аминокислот, 8 из которых являются незаменимыми. Небезынтересно то, что при постоянном качественном составе аминокислот в течение всего цикла развития изменяется их количественное соотношение в зависимости от жизненного цикла водоросли. Аминокислоты в водорослях находятся в свободном и связанном с белком состояниях. Содержание свободных аминокислот зависит от времени года и определяется в следующих концентрациях: аспарагиновая – 150-1000 мг%, глутаминовая – 300-3000 мг%, серин – 20-245 мг%, глицин – от 15 до 40 мг%, аланин – 40-439 мг% в сухом веществе. Качественно определяются пролин и аминокислотная кислота. Присутствуют следы цистина, аргинина, гистидина, тирозина. Из незаменимых свободных аминокислот в сухом веществе ламинарии определяются треонин (40-400 мг%), метионин (90 мг%), фенилаланин (10-160 мг%), лейцин (50 мг%). Определяются следы лизина и валина. Хроматографический анализ кислотных гидролизатов показывает, что в морской капусте в связанном с белком состоянии преобладают глутаминовая и аспарагиновая кислоты, а также треонин, аланин и лизин, концентрации их в расчете на сухое вещество составляют соответственно 1000-1500 мг%, 400-500 мг%, 150-200 мг%, 100-150 и 120 мг% [58, 59].

Содержание липидов в ламинарии японской, как и во всех бурых водорослях, невелико. Однако полиненасыщенные жирные кислоты семейства  $\omega$ -3 делают морскую капусту еще более ценным сырьем. Из жирных кислот преобладают докогексаеновая, эйкозапентеновая, линолевая. В морской капусте определяются гликолипиды – мононенасыщенная олеиновая жирная кислота и пальмитиновая, а также наиболее распространенная в природе пальмитиновая жирная кислота и не содержащие аминокислоты фосфолипиды [59, 63].

Еще одной биологической особенностью бурых водорослей, в том числе и ламинарии японской, является их способность аккумулировать содержащиеся во внешней

среде минеральные вещества, количество которых в ламинарии составляет, по данным разных авторов, 26,6-32,9 % от массы сухого вещества. В морской капусте присутствуют практически все необходимые для поддержания здоровья минеральные вещества: сера, натрий, фосфор, калий, кальций, магний, хлор, стронций, марганец, ванадий, никель, молибден, медь, бор, бром, рубидий, алюминий, кобальт, железо, цинк, титан, кремний, йод [55, 61, 63]. Микро- и макроэлементы содержатся в ламинарии в основном в виде электролитов, нерастворимых солей и металлоорганических соединений, что обеспечивает их большую биодоступность и безопасность для человека и животных. Количество такого незаменимого микроэлемента, как йод, в ламинарии варьирует в пределах от 0,2 до 0,8 % от сухого вещества. Э. А. Титлянов с соавторами [59] отмечают, что в 1 кг сырой массы *Laminaria japonica* содержится 734 мг йода. В форме иона  $I^{-1}$  водорастворимый йод присутствует в этой водоросли в количествах от 61,0 до 93,0 % от общего его содержания, в форме иона  $IO^{-}$  – от 1,4 до 4,5 %, органический йод составляет 5,5-37,4 % и представлен йодидами, йодатами и йодаминокислотами [64, 65].

Водоросли вида ламинария японская отличаются высоким содержанием витаминов: А (8,2 мкг/г сухого вещества), В<sub>1</sub> (137,0 мкг/г), В<sub>2</sub> (0,5 мг%), В<sub>6</sub> (23 мкг/г), В<sub>12</sub> (до 0,1 мкг/г), С (20-25,5 мкг/г), Е (11,2 мг%), источником витаминов В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>с</sub>, D, К, РР, фолиевой и пантотеновой кислот [55, 56, 64, 65]. Богатый химический состав ламинарии японской позволяет использовать ее в качестве кормовой добавки для животных.

*Действие биологически активных веществ ламинарии японской.* Наличие в составе ламинарии японской альгиновой кислоты и альгинатов (магниевая, натриевая, кальциевая и калиевая соли альгиновой кислоты) обуславливает широкий спектр ее медико-биологического действия, одно из которых – иммунорегулирующее, обуславливающее стимуляцию восстановительных процессов в организме [66, 67].

Известно, что соли альгиновой кислоты являются сильными сорбентами холестерина и жирных кислот, что приводит к снижению концентрации атерогенных компонентов в

крови, связывают и деактивируют циркулирующие иммунные комплексы и избыток иммуноглобулинов E<sup>11</sup>. Кроме того, альгинаты стимулируют фагоцитоз, повышают функциональную активность макрофагов, сорбируют тяжелые металлы, стимулируют секрецию иммуноглобулина А. Существуют сведения о наличии у альгиновых кислот антиатерогенной, иммуномодулирующей, противомикробной, слабительной, антацидной, противоаллергической и кровоостанавливающей активности [67, 68, 69].

Другой компонент ламинарии – фукоидан также способен усиливать выработку интерферонов и повышать клеточный иммунитет, стимулировать рост клеток иммунной системы, активность макрофагов, подавлять аллергические реакции, установлено его репаративное действие, что объясняет его использование при производстве иммуностимуляторов и противовирусных препаратов [67, 70, 71].

Экстракт *L. Japonica* обладает выраженным антиоксидантным и мембранопротекторным действием. В исследованиях, проведенных Е. В. Кондратьевой и др. [72], установлено антиоксидантное действие экстракта ламинарии, обусловленное регуляцией реакции этерификации холестерина и нормализацией соотношения фосфолипидных фракций, а также наличием в ламинарии полифенольных структур-«ловушек» свободных радикалов. Также авторы отмечают мембранопротекторные свойства экстракта ламинарии японской при воздействии мембраноповреждающих факторов, и его гипохолестеринемическую активность, проявляющуюся в усилении этерификации холестерина и выведении его из мембран, в нормализации соотношения липидных компонентов и восстановлении осмотической резистентности эритроцитов [72, 73].

Исследования, проведенные на лабораторных животных, показывают, что биологически активные вещества, содержащиеся в ламинарии японской, способны влиять на структуру щитовидной железы и уровень гормонов, продуцируемых ею. В опыте на крысах показано, что ежедневное пероральное применение им сухого экстракта из ламинарии приводит к изменению морфологической структу-

ры щитовидной железы. А применение сухого экстракта из ламинарии в дозировке 750 мг на 1 кг живой массы вызывало у кроликов повышение уровня общего трийодтиронина в 1,3 раза, общего тетраiodтиронина – в 1,5 раза и свободного тетраiodтиронина – в 1,3 раза [74].

Морские водоросли богаты йодом. Йод в них представлен органической (дийодаминокислоты, комплексы с белками и клетчаткой) и минеральной (йодиды и йодаты калия) формами. В экстрактах *L. japonica* содержание йода достигает 5,4 мг/г [56, 75]. Учитывая, что большая часть территории Российской Федерации находится в зоне риска развития йододефицитных заболеваний – создание йодсодержащих лекарственных форм и биологически активных добавок на основе ламинарии японской является перспективным направлением исследования.

*Использование ламинарии и препаратов на ее основе в животноводстве.* Использование морских бурых водорослей в рационах животных для увеличения их продуктивности имеет давнюю историю. В настоящее время проведено достаточное количество исследований, подтверждающих эффективность применения ламинарии и биодобавок на ее основе в различных отраслях животноводства.

Л. С. Игнатович сообщает, что скармливание муки из морских бурых водорослей (ламинарии) курам-несушкам с 18-недельного возраста в количестве 3,0 % от рациона способствует лучшей переживаемости ими линьки, сохранению более высокой живой массы во второй цикл яйцекладки на 6,22 %, увеличению валового сбора яиц и количества яиц на среднюю несушку в первую яйцекладку на 14,5 и 18,3 % соответственно, во вторую яйцекладку на 13,0 и 17,3 % в сравнении с интактной группой. При этом автор указывает на улучшение качества получаемых от опытной группы кур яиц, что выражалось в увеличении средней массы яиц на 10,4 % ( $P \leq 0,001$ ) и достоверном повышении количества каротиноидов в яйце с одновременным снижением затрат корма на производство 10 штук яиц на 12,1 % и затрат энергии корма на производство 1 кг яичной массы на 26,3 % [76, 77].

<sup>11</sup>Никишин В., Ткаченко И., Горозова О. Водоросли, которые лечат. Издательство: Эксмо. 2005. 110 с. Режим доступа: <https://b-ok.xyz/book/54631/952391>

А. С. Простокишина и соавторы сообщают, что применение ламидана, изготовленного из ламинарии японской, способствовало повышению среднесуточных приростов у молодняка крупного рогатого скота на 8,4 %, улучшило переваримость протеина, сырого жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ, а также нормализовало содержание в крови йода, кобальта и железа [78]. Скармливание ламидана в комплексе с микроэлементами курам-несушкам позволило улучшить коэффициенты переваримости органических веществ корма, яйценоскость и увеличить толщину скорлупы [79].

В исследованиях К. В. Булдаковой и В. А. Созинова отмечено, что препарат «Альгасол», разработанный на основе экстракта ламинарии, способствовал повышению сохранности и мясной продуктивности цыплят-бройлеров. Увеличение предубойной живой массы бройлеров в сравнении с контролем составляло 10,13-15,54 %, массы потрошенной тушки – 11,90-17,81 %, убойного выхода – 1,20-1,36 %. Также установлено повышение эссенциальных микроэлементов в мясе и субпродуктах, полученных от птицы, в рационы которых был включен «Альгасол»: количество йода увеличилось на 28,00-91,20 % (в мясе) и 9,40-105,80 % (в субпродуктах), селена – на 5,30-29,20 % (в мясе) и 6,73-46,20 % (в субпродуктах), железа – на 4,10-16,20 % (в мясе) и 2,20-15,20 % (в субпродуктах). Авторами установлено снижение солей тяжелых металлов (меди, свинца и кадмия) в мясе и субпродуктах цыплят-бройлеров под воздействием этой добавки. Применение «Альгасола» курам-несушкам позволило увеличить их яйценоскость на 17,24 % и выход яиц высшего сорта – на 14,80 %, первого сорта – на 12,00 %. Экономическая эффективность выращивания бройлеров при применении препарата «Альгасол» составляла 2,80-4,05 рублей на 1 рубль затрат, а выручка от реализации яиц, полученных от кур-несушек, которым задавался «Альгасол», превысила контрольные значения в 1,98 раза [80, 81, 82].

Положительное влияние «Альгасола» отмечено в работах С. А. Ермолиной и В. А. Созинова при лечении заболеваний органов дыхания и пищеварения у телят, при выращивании молодняка кур-несушек, в кормлении лактирующих свиноматок и поросят-сосунов [55].

Включение в рационы коров сухой муки из ламинарии отдельно или в сочетании с

микроэлементами (цинк, кобальт, медь) в дозе 5,0-7,5 г на голову в сутки оказывало положительное влияние на здоровье и физиологический статус животных: улучшало молочную продуктивность на 6-11 %, сокращало сервис-период, повышало процент оплодотворяемости коров после первого осеменения, при этом затраты корма на производство 1 кг молока снижались [83].

По данным Е. Б. Шукюровой и Л. И. Наумовой, включение в рационы новотельных коров порошка из ламинарии японской в количестве 150 г/гол. в сутки на протяжении трех месяцев благоприятно сказалось на гематологических показателях коров и их молочной продуктивности. Авторами отмечено увеличение количества гемоглобина, эритроцитов и кальция в крови опытных животных по окончании эксперимента в сравнении с собственными значениями на 9,89 %, 5,61 и 7,02 % соответственно. При этом наблюдалось снижение уровня фосфора на 23,58 % и количества лейкоцитов на 9,23 %. Повышение среднесуточного удоя в опытной группе на 17,98 % по отношению к группе контроля сопровождалось также повышением содержания молочного жира на 0,30 % при одинаковом содержании молочного белка в молоке коров обеих групп. Скармливание ламинарии позволило обогатить получаемую продукцию йодом. И, если на начало эксперимента количество этого важного микроэлемента в молоке коров обеих групп было одинаковым и составляло 0,008 мг/100 г, то спустя 3 месяца в опытной группе наблюдалось достоверное увеличение его количества на 25 % [84].

При скармливании ламинарии в составе кормовой добавки коровам айрширской породы в стойловый период наблюдалось отсутствие сезонного спада молочной продуктивности с повышением среднесуточных удоев 4,59-11,71 %. Улучшение качественных характеристик молока опытных животных выражалось в повышении количества молочного жира и белка в продукции в сравнении с молоком, полученным от интактных животных, соответственно на 0,10-0,24 % и 0,01-0,16 %. Экономическая эффективность включения в рацион добавки с ламинарией составляла 2,38 рубля на 1 кг молока базисной жирности [85].

**Заключение.** Анализ научных работ показал, что химический состав ламинарии японской и расторопши пятнистой изучен

достаточно хорошо. Имеется множество научных работ, подтверждающих ценность ламинарии как сырья для производства лечебных препаратов, функциональных продуктов питания, биодобавок к пище, а также большое количество научных данных, описывающих применение в медицине силимарина – флаволигнана расторопши пятнистой, используемого в основном для лечения отравлений и заболеваний печени.

Вместе с тем, вопрос о применении этих растений в качестве биодобавок для животных остается не до конца изученным.

Имеется крайне мало данных о влиянии каждого из растений на продуктивность сельскохозяйственных животных и качественные показатели получаемой от них продукции, а сведений об их совместном применении нам не встречалось. Однако тема совместного использования ламинарии и расторопши в составе одной биодобавки, по нашему мнению, считается весьма интересной и перспективной, хотя и требует дополнительного изучения в силу отсутствия данных о возможных эффектах, вызванных подобным использованием растений.

### *Список литературы*

1. Гамзаде А. И., Насибов С. М., Лукин О. В. Антибактериальная активность хитозана. Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: мат-лы 8-й Междун. конф. Казань, 2006. С. 183-186. Режим доступа: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/2453>
2. Evdokimov I. A., Alieva L. R., Varlamov V. P., Kharitonov V. D., Butkevich T. V., Kurchenko V. P. Usage of chitosan in dairy products production. Foods and Raw Materials. 2015;3(2):29-39 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24295351>
3. Буянов А. А., Виденин В. Н., Гречухин А. Н. Влияние хитозана на иммунную и эндокринную систему поросят. Ветеринария. 2004;(2):47-51. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16778962>
4. Шемуранова Н. А., Филатов А. В., Сапожников А. Ф. Откормочные и мясные качества свиней при использовании пихтового экстракта Вэрва. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;52(3):56-60. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25982847>
5. Шемуранова Н. А., Филатов А. В., Сапожников А. Ф., Хуршкайнен Т. В. Показатели продуктивности свиней на откорме при применении разных доз биодобавки Вэрва. Вопросы технологии производства и биоэкологии в животноводстве: наука и практика: сборник статей Междун. науч.-практ. конф. Киров: Изд-во Вятской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. С. 182-187.
6. Шемуранова Н. А., Филатов А. В., Сапожников А. Ф. Эффективность применения жидкой кормовой добавки Вэрва при выращивании поросят. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015;(1):64-167. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23199849>
7. Кубасов О. С., Шемуранова Н. А., Филатов А. В. Влияние препарата Вэрва на репродуктивную функцию хряков. Вестник ветеринарии. 2014;(3):55-57. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21752370>
8. Василенко Т. Ф., Русаков Р. В. Современные подходы к оптимизации репродуктивных процессов у коров. Проблемы биологии продуктивных животных. 2018;(1):5-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32576480>
9. Русаков Р. В., Вылегжанин А. В. Эффективность использования биологически активных веществ торфа в кормлении быков-производителей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(6):59-63. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/178>
10. Багно О. А., Прохоров О. Н., Шевченко С. А., Шевченко А. И., Дядичкина Т. В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2018;(4):687-697. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687rus>
11. Хинталь Т. В. Дефицит йода и йоддефицитные заболевания: актуальность, проблемы профилактики и лечения в Российской Федерации. Эндокринология. 2010;(1):25-28. Режим доступа: [http://propionix.ru/f/defitsit\\_yoda\\_i\\_yoddefitsitnyye\\_zabolevaniya\\_aktualnost\\_problemy\\_profilaktiki\\_i\\_lecheniya\\_v\\_rossiyskoy\\_federatsii.pdf](http://propionix.ru/f/defitsit_yoda_i_yoddefitsitnyye_zabolevaniya_aktualnost_problemy_profilaktiki_i_lecheniya_v_rossiyskoy_federatsii.pdf)
12. Дедов И. И., Свириденко И. Ю. Стратегия ликвидации йоддефицитных заболеваний в Российской Федерации. Проблемы эндокринологии. 2001;47(6):3-12. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41112200>
13. Курганская С. А. Расторопша пятнистая или Остро-пестро. Биология. 2002;(28). Режим доступа: [https://bio.1sept.ru/view\\_article.php?ID=200202801](https://bio.1sept.ru/view_article.php?ID=200202801)
14. Сокольский И. Что есть что в мире библейских растений. Наука и жизнь. 2006;(5). Режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/5723/>
15. Корыляк М. З. Фитотерапевтические свойства расторопши пятнистой и ее использование в кормлении животных. Рыбохозяйственная наука Украины. 2013;(4):97-108. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23419553>

16. Цаприлова С. В., Родионова Р. А. Расторопша пятнистая: химический состав, стандартизация, применение. Вестник фармации. 2008;(3):92-104. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13040438>
17. Wellington K., Jarvis B. Silymarin: a review of it's clinical properties in the management of hepatic disorders. BioDrugs. 2001;(15):465-489. DOI: <https://doi.org/10.2165/00063030-200115070-00005>
18. WHO monographs on selected medicinal plants Fructus Silybi Mariae. World Health Organization, Geneva. 2002;2:300-316.
19. Mahli A., Koch A., Czech B., Peterurs P., Lechner A., Haunschild J., Müller M. Hellerbrand C. Hepatoprotective effect of oral application of a silymarin extract in carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats./ Clinical Phytoscience. 2015;(1):5.  
URL: <https://clinphytoscience.springeropen.com/articles/10.1186/s40816-015-0006-z>
20. Voroneanu L., Nistor I., Dumea R., Apetrii M., Covic A. Silymarin in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Journal of diabetes research. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5147468>
21. Hellerbrand C., Schattenberg J. M., Peterburs P., Brignoli A. L. R. The potential of silymarin for the treatment of hepatic disorders. Clinical Phytoscience. 2016;2(7):1-14.  
URL: <https://clinphytoscience.springeropen.com/articles/10.1186/s40816-016-0019-z>
22. Pradhan S. C, Girish C. Hepatoprotective herbal drug, silymarin from experimental pharmacology to clinical medicine. Indian J Med Res. 2006;124: 491-504. URL: [https://mafiadoc.com/hepatoprotective-herbal-drug-silymarin-from-experimental-medind\\_5c270bdf097c47606f8b45e4.html](https://mafiadoc.com/hepatoprotective-herbal-drug-silymarin-from-experimental-medind_5c270bdf097c47606f8b45e4.html)
23. Lee D. Y, Liu Y, Molecular Structure and Stereochemistry of Silybin A, Silybin B, Isosilybin A and Isosilybin B, Isolated from Silybum marianum (Milk thistle). Journal of Natural Products. 2003;66(9):1171-1174. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/np030163b>
24. Saller R., Meier R., Brignoli R. The use of silymarin in the treatment of liver diseases. Drugs. 2001;61(14):2035-2063. DOI: <https://doi.org/10.2165/00003495-200161140-00003>
25. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Злобина Е. Ю. Новые биологически активные вещества для обеспечения экологической безопасности и повышения качества молока. Пищевая промышленность. 2012;(12):32-34. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-biologicheski-aktivnye-veschestva-dlya-ekologicheskoy-bezopasnosti-i-povysheniya-kachestva-moloka/viewer>
26. Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С. Применение жмыха расторопши для профилактики заболеваний молодняка крупного рогатого скота. Вестник АПК Верхневолжья. 2014;(2):63-66. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21807927>
27. Двалишвили В. Г., Низамов Р. С. Шрот расторопши в кормлении овец. Зоотехния. 2001;(8):15-17. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9124702>
28. Кшникаткина А. Н., Аленин П. Г., Кшникаткин С. А., Воронова И. А. Расторопша пятнистая: вопросы биологии, культивирования, применения. Монография. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2016. 322 с. Режим доступа: [https://litmy.ru/knigi/nauka\\_ucheba/334322-rastoropsha-ryatnistaya-voprosy-biologii-kultivirovaniya-primeneniya.html](https://litmy.ru/knigi/nauka_ucheba/334322-rastoropsha-ryatnistaya-voprosy-biologii-kultivirovaniya-primeneniya.html)
29. Пащенко Л. П., Пащенко В. Л. Вторичное растительное сырье – биологически активная составляющая для создания продуктов питания нового поколения. Вестник ВГУИТ. 2012;(1):100-106. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17741471>
30. Das S. K., Mukherjee S., Vasudevan D. M. Medicinal properties of milk thistle with special reference to silymarin an overview. Natural product radiance. 2008;7(2):182-192. URL: [https://www.researchgate.net/publication/216207334\\_Medicinal\\_properties\\_of\\_milk\\_thistle\\_with\\_special\\_reference\\_to\\_silymarin- An\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/216207334_Medicinal_properties_of_milk_thistle_with_special_reference_to_silymarin- An_overview)
31. Lettéron P., Labbe G., Degott C., Berson A., Fromenty B., Delaforge M., Larrey D., Pessayre D. Mechanism for the protective effects of silymarin against carbon tetrachloride-induced lipid peroxidation and hepatotoxicity in mice. Evidence that silymarin acts both as an inhibitor of metabolic activation and as a chain-breaking antioxidant. Biochemical Pharmacology. 1990;(39):2027-2034. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(90\)90625-U](https://doi.org/10.1016/0006-2952(90)90625-U)
32. Luper S. A review of plants used in the treatment of liver disease: part 1. Alternative Medicine Review. 1998;(3(6)):410-421. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/3652/553b09cfe7d512d2ea22055aabe3416c36ea.pdf>
33. Vijayakumar G., Subramanian M., Thirunavukkarasu P.S. Treatment of canine hepatic disorder with silymarin. The Indian veterinary journal. 2004;(81(8)):930-932.  
URL: [https://www.researchgate.net/publication/287860198\\_Treatment\\_of\\_canine\\_hepatic\\_disorder\\_with\\_silymarin](https://www.researchgate.net/publication/287860198_Treatment_of_canine_hepatic_disorder_with_silymarin)
34. Kren V., Walterova D. Silybin and silymarin – new effects and applications. Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub. 2005;149(1): 29-41. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16170386>
35. Алехин Ю. Н. Болезни печени у высокопродуктивных коров (диагностика, профилактика и терапия). Ветеринария. 2011;(6):3-7. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16443801>

36. Юрьев К. Л. Силимарин: эффекты и механизмы действия, клиническая эффективность и безопасность. Часть II. Обзор доказательств клинической эффективности и безопасности. Украинский медицинский журнал. 2010;(3(77)). Режим доступа: <https://www.umj.com.ua/article/3040/silimarin-effekty-i-mexanizmy-dejstviya-klinicheskaya-effektivnost-i-bezopasnost-chast-ii-obzor-dokazatelstv-klinicheskoy-effektivnosti-i-bezopasnosti>
37. Ennecker-Jans S. A., van Daele P. L., Blonk M. I., Varin D. S E, van Laar J. A. M Amanitin poisoning due to soup from personally picked deathcap mushrooms (*Amanita phalloides*). *Ned. Tijdschr. Geneeskd.* 2007;151(13):764-768. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17471780>
38. Carducci R., Armellino M. F., Volpe C., Basile G., Caso N., Apicella A., Basile V. Silibinin and acute poisoning with *Amanita phalloides*. *Minerva Anesthesiol.* 1996;62(5):187-193. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8937042>
39. Svendsen B. S., Gjellestad A., Eivindson G., Berentsen G., Serious D. Mushroom poisoning by *Cortinarius* and *Amanita virosa*. *Tidsskrifted den Norske Iegeforening.* 2002;122(8):777-780. URL: <https://tidsskriftet.no/2002/03/klinikk-og-forskning/alvorlige-soppforgiftninger-med-giftslorsopper-og-hvit-fluesopp>
40. Unverir P., Soner B. C., Dedeoglu E., Karcioğlu O., Boztok K., Tuncok Ye. Renal and hepatic injury with elevated cardiac enzymes in *Amanita phalloides* poisoning: a case report. *Hum. Exp. Toxicol.* 2007;26(9):757-761. DOI: <https://doi.org/10.1177/0960327107083972>
41. WHO monographs on selected medicinal plants (2002) *Fructus Silybi Mariae*. World Health Organization, Geneva. 2002;2:300-316.
42. Брель Ю. И., Лызигов А. Н., Питкевич Э. С. Препараты расторопши: новые области применения. *Проблемы здоровья и экологии.* 2010;(1(23)):129-134. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24861217>
43. WHO monographs on selected medicinal plants. 2009. Vol.4. 448 p. URL: <https://www.who.int/medicines/areas/traditional/selecmonv4/en/>
44. Брель Ю. И., Лызигов А. Н., Питкевич Э. С. Препараты расторопши: механизм действия и применение при заболеваниях печени. *Проблемы здоровья и экологии.* 2009;(4 (22)):36-42. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25055505>
45. Кравайнис Ю. Я., Танифа В. В., Кравайне Р. С. Применение жмыха расторопши в скотоводстве. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2014;(4): 44-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21752625>
46. Чабаев М. Г., Рыжков И. В., Николайченко Н. В., Хабибуллина В. А. Продуктивность и обмен веществ у лактирующих коров при скармливании шрота из расторопши. *Зоотехния.* 2011;(6): 8-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16397903>
47. Григорьев Д. Ю., Жмаев Е. А., Лебедев А. А., Пирогов Д. А. Комплексный препарат силимарина увеличивает удой, содержание жира и белка в молоке коров в период раздоя. *Молочное и мясное скотоводство.* 2019;(6):47-50. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41421076>
48. Колесник М., Баньковська І., Застосування розторопші плямистої поросяткам. *Тваринництво України.* 2008;(2):32-34.
49. Колесник М. Д., Баньковська І. Б., Костенко О. І. Складові ефективності використання розторопші плямистої. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii.* 2009;(1):76-77. Режим доступа: <https://www.pdaa.edu.ua/content/visnyk-poltavskoyi-derzhavnoyi-agrarnoyi-akademiyi-nol-2009>
50. Чохатариди Г., Ибрагимова З., Доева И. Шрот расторопши улучшает качество свинины. *Комбикорма.* 2009;(3):53.
51. Харів І. І. Вплив бровітакоксиду і порошку плодів розторопші плямистої на показники клітинного імунітету інтактних індиків. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* 2012;(7(31)):94-97. Режим доступа: <http://visnyk.snau.edu.ua/?cat=9114>
52. Мильдзихов Т. З., Темираев Р. Б., Хадикова М. А., Малиева Э. В. Качество мяса бройлеров при детоксикации тяжелых металлов. *Мясная индустрия.* 2013;(12):55-57. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21008796>
53. Рыжков И. В., Николайченко Н. В., Чабаев М. Г. Продуктивность и обмен веществ у молодняка крупного рогатого скота, выращиваемого на мясо при скармливании силоса из расторопши в смеси с подсолнечником. *Зоотехния.* 2012;(11):11-12. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18043586>
54. Гусарова И. С., Иванова Н. В., Шапошникова Т. В. Морфоанатомическая характеристика и репродуктивный статус ценопопуляций *Laminaria japonica Aresch.* северного Приморья. *Известия ТИНРО.* 2000;127-2:607-617. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9591550>
55. Ермолина С. А., Созинов В. А. Экстракты морских бурых водорослей и их применение в животноводстве и ветеринарии: монография. Киров: Вятская ГСХА, 2010. 152 с.
56. Пыж А. Э., Василенок О. В., Кашицкий Э. С. Лечебно-профилактические свойства препаратов из бурых морских водорослей: аналитический обзор. *Лечебное дело.* 2016;(5(51)):27-30. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26935708>
57. Одинец А. Г., Орлов О. И., Ильин В. К., Ревина А. А., Антропова И. Г., Фенин А. А., Татаринова Л. В., Прокофьев А. С. Радиопротекторные и антиоксидантные свойства геля из бурых морских водорослей. *Вестник восстановительной медицины.* 2015(6):89-96. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828371>

58. Подкорытова А. В., Шмелькова Л. П. Пищевая и техническая ценность культивируемой ламинарии. Известия ТИНРО. Владивосток: ТИНРО-Центр. 2018. С. 148-151.
59. Титлянов Э. А., Титлянова Т. В., Белоус О. С. Полезные вещества морских бурых макроводорослей: химическое строение, физико-химические свойства, содержание, использование. Известия ТИНРО. 2011;164:416-431. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/poleznye-veschestva-morskih-buryh-makrovodorosley-himicheskoe-stroenie-fiziko-himicheskie-svoystva-soderzhanie-ispolzovanie>
60. Аминина Н. М. Биологическая ценность морских водорослей дальневосточного побережья. Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2010;(3): 32-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15214246>
61. Владимирова І. М., Котова Е. Е., Георгіянц В. А., Котов А. Г. Аналіз і фармакопейна стандартизація сировини — ламинарії слані. Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. 2011;(4(18)):24-29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23221791>
62. Ключкова А. А., Ключкова Н. Г. Химический состав ламинарий камчатского шельфа и их использование для производства пищевой и лечебно-профилактической продукции. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2007;(5-6 (300-301)):19-21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12138169>
63. Вафина Л. Х., Подкорытова А. В. Новые продукты функционального питания на основе биоактивных компонентов бурых водорослей. Известия ТИНРО. 2009;(156);348-356.
64. Вишневская Т. И., Аминина Н. М., Гурулева О. Н. Разработка технологии получения йодсодержащих продуктов из ламинарии японской. Известия ТИНРО. 2001;(129):163-169. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-polucheniya-yodsoderzhaschih-produktov-iz-laminarii-yaponskoy>
65. Игнатович Л. Кормовая добавка из муки бурых морских водорослей. Птицеводство. 2011;(5):18-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16527169>
66. Хотимченко Ю. С., Ермак И. М., Бедняк А. Е., Хасина Э.И., Кропотов А. В., Коленченко Е.А., Сергушенко И.С., Хотимченко М.Ю., Ковалев В.В. Фармакология некрахмальных полисахаридов. Вестник ДВО РАН. 2005;(1):72-82. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/14627275>
67. Романова А. С., Базанов Г. А., Колгина Н. Ю., Базанова Е. М., Ткачев П. В., Хитров А. А. Структурные компоненты ламинарии японской, влияющие на восстановительные процессы в организме. Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: матер. XI Междунар. науч. конф. Северный Чарльстон, Южная Каролина, США, 15-16 июня 2016 г. North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. Т. 15. С. 61.
68. Демидова М. А., Волкова О.В., Савчук И. А., Шнеур С. Я. Влияние экстракта ламинарии японской на течение экспериментальной гиперлипидемии у кроликов. Врач-аспирант. 2011;48(5.4):560-565.
69. Демидова М. А., Савчук И. А., Шнеур С. Я. Оценка слабительной активности экстракта ламинарии японской сухого. Современные проблемы науки и образования. 2011;(6). Режим доступа: [www.science-education.ru/100-5110](http://www.science-education.ru/100-5110)
70. Черенков Д. А., Анохина Е. П., Кирьянова С. В., Корнеева О. С. Антиоксидантная активность продуктов гидролиза природных полимеров (маннана и фукоидана). Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012;(1):151-153. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17741484>
71. Усов А. И., Билан М. И. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Успехи химии. 2009;(8 (78)):846-862. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12774851>
72. Кондратьева Е. В., Кушнерова Н. Ф., Кушнерова Т. В., Караман Ю. К. Применение экстракта из ламинарии японской в условиях модели токсического поражения печени. Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2011;44(1):41-44. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16541937>
73. Кушнерова Т. В., Фоменко С. Е., Кушнерова Н. Ф., Спрыгин В. Г., Лесникова Л. Н., Хотимченко Ю. С., Кондратьева Е. В. Антиоксидантные и мембранопротекторные свойства экстракта из бурой водоросли Laminaria Japonica. Биология моря. 2010;36(5):384-389. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17381317>
74. Демидова М. А., Петрова М. Б., Савчук И. А. Влияние сухого экстракта ламинарии японской на структуру и функцию щитовидной железы. Современные проблемы науки и образования. 2012;(2):84-84. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17689201>
75. Коровкина Н. В., Богданович Н. И., Кутакова Н. А. Исследования состава бурых водорослей Белого моря с целью дальнейшей переработки. Химия растительного сырья. 2007;(1):59-64. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9482867>
76. Игнатович Л. С. Добавка из бурых морских водорослей (ламинарии) при проведении принудительной линьки кур-несушек. Птица и птицепродукты. 2009;(6):42-44. Режим доступа: [www.vniipp.ru/images/statya/6/42-44t.pdf](http://www.vniipp.ru/images/statya/6/42-44t.pdf)
77. Игнатович Л. С. Применение бурых морских водорослей (ламинарии) в кормлении кур-несушек яичной продуктивности. Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: матер. Междунар. науч.-практ. конф. 26-28 мая 2009 года. Том II. Часть 1. Ульяновск: УГСХА, 2009. С. 46-49. Режим доступа: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/3525>

78. Простокишин А. С., Туаева Е. В., Рыжков В. А., Бабухадия К. Р., Курков Ю. Б., Ищенко О. Ю. Использование сапропеля и ламинарии японской в кормлении животных и птицы. Зоотехния. 2014;(3):21-22. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21339878>
79. Краснощекова Т. А., Простокишин А. С., Бабухадия К. Р., Елизарье А. А., Красновский К. А. Влияние скармливания ламидана совместно с микроэлементами на яйценоскость кур-несушек. Зоотехния. 2015;(2):20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23048807>
80. Булдакова К. В., Созинов В. А. Способ снижения содержания тяжелых металлов в органах и тканях цыплят-бройлеров. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013;(3):56-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19006974>
81. Булдакова К. В., Созинов В. А. Способы обогащения йодом продукции птицеводства. Вестник ветеринарии. 2013;(1(64)):41-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18337648>
82. Булдакова К.В., Созинов В.А. Препарат «Альгасол» в рационах цыплят-бройлеров. Птицеводство. 2012;(1):39-42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17668200>
83. Андросова Л. Ф. Влияние йода на воспроизводительные и продуктивные функции коров. Зоотехния. 2003;(10):14-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9125167>
84. Шукурова Е. Б., Наумова Л. И. Влияние ламинарии японской и микроэлементов на биохимические показатели крови и продуктивность Дальневосточного крупного рогатого скота. Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2013;(1):141-144. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20606193>
85. Кузьмина И. Ю. Экономическая эффективность использования кормовой добавки на основе родиолы розовой и ламинарии в кормлении крупного рогатого скота в условиях Магаданской области. Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014;(5):164-168. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21288951>

#### References

- Gamzazade A. I., Nasibov S. M., Lukin O. V. *Antibakterial'naya aktivnost' khitozana*. [Antibacterial activity of chitosan]. *Sovremennye perspektivy v issledovanii khitina i khitozana: mat-ly 8-y Mezhdun. konf.* [Current prospects in the study of chitin and chitosan: Proceeding of the 8th International Conference]. Kazan', 2006. pp. 183-186. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/2453>
- Evdokimov I. A., Alieva L. R., Varlamov V. P., Kharitonov V. D., Butkevich T. V., Kurchenko V. P. Usage of chitosan in dairy products production. *Foods and Raw Materials*. 2015;3(2):29-39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24295351>
- Buyanov A. A., Videnin V. N., Grechukhin A. N. *Vliyaniye khitozana na immunnuyu i endokrinnuyu sistemu porosyat*. [The influence of chitosan on immune and endocrine systems of suckling pigs]. *Veterinariya = Veterinary*. 2004;(2):47-51. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16778962>
- Shemuranova N. A., Filatov A. V., Sapozhnikov A. F. *Otkormochnye i myasnye kachestva sviney pri ispol'zovanii pikhtovogo ekstrakta Verva*. [Fattening and meat qualities of pigs at use of fir extract Verva]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;52(3):56-60. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25982847>
- Shemuranova N. A., Filatov A. V., Sapozhnikov A. F., Khurshkaynen T. V. *Pokazateli produktivnosti sviney na otkorme pri primeneni raznykh doz biodobavki Verva*. [Productivity indicators in pigs for fattening when using different doses of Verva supplement]. *Voprosy tekhnologii proizvodstva i bioekologii v zhivotnovodstve: nauka i praktika: sbornik statey Mezhdun. nauch.-prakt. konf.* [Issues of production technology and bioecology in animal husbandry: science and practice. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Kirov: *Izd-vo Vyatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2015. pp. 182-187.
- Shemuranova N. A., Filatov A. V., Sapozhnikov A. F. *Effektivnost' primeneniya zhidkoy kormovoy dobavki Verva pri vyrashchivani porosyat*. [Efficacy of the liquid feed supplement for growing pigs verva]. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2015;(1)1:64-167. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23199849>
- Kubasov O. S., Shemuranova N. A., Filatov A. V. *Vliyaniye preparata Verva na reproduktivnuyu funktsiyu khryakov*. [Influence of verva on reproductive function of boars]. *Vestnik veterinarii*. 2014;(3):55-57. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21752370>
- Vasilenko T. F., Rusakov R. V. *Sovremennye podkhody k optimizatsii reproduktivnykh protsessov u korov*. [Modern approaches to optimization of reproductive processes in cows]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh = Problems of Productive Animal Biology*. 2018;(1):5-18. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32576480>
- Rusakov R. V., Vylegzhanin A. V. *Effektivnost' ispol'zovaniya biologicheskii aktivnykh veshchestv torfa v kormlenii bykov-proizvoditeley*. [The effectiveness of use of peat's biologically active substances in feeding of bulls]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(6):59-63. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/178>

10. Bagno O. A., Prokhorov O. N., Shevchenko S. A., Shevchenko A. I., Dyadichkina T. V. *Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh (obzor)*. [Use of phytobiotics in farm animal feeding (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;(4):687-697. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.687rus>
11. Khintal' T. V. *Defitsit yoda i yoddefitsitnye zabolevaniya: aktual'nost', problemy profilaktiki i lecheniya v Rossiyskoy Federatsii*. [Yodine deficiency and iodine deficiency disorders: relevance, problems of prevention and treatment in the Russian Federation]. *Endokrinologiya*. 2010;(1):25-28. (In Russ.). URL: [http://propionix.ru/f/defitsit\\_yoda\\_i\\_yoddefitsitnye\\_zabolevaniya\\_aktualnost\\_problemy\\_profilaktiki\\_i\\_lecheniya\\_v\\_rossiyskoy\\_federatsii.pdf](http://propionix.ru/f/defitsit_yoda_i_yoddefitsitnye_zabolevaniya_aktualnost_problemy_profilaktiki_i_lecheniya_v_rossiyskoy_federatsii.pdf)
12. Dedov I. I., Sviridenko I. Yu. *Strategiya likvidatsii yoddefitsitnykh zabolevaniy v Rossiyskoy Federatsii*. [Strategy of liquidation of iodine deficiency diseases in the Russian Federation]. *Problemy endokrinologii = Problems of Endocrinology*. 2001;47(6):3-12. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41112200>
13. Kurganskaya S. A. *Rastoropsha pyatnistaya ili Ostro-pestro*. [Thistle spotted or Acutely variegated]. *Biologiya*. 2002;(28). (In Russ.). URL: [https://bio.1sept.ru/view\\_article.php?ID=200202801](https://bio.1sept.ru/view_article.php?ID=200202801)
14. Sokol'skiy I. *Chto est' chto v mire bibleyskikh rasteniy*. [What is what in the world of biblical plants]. *Nauka i zhizn'*. 2006;(5). (In Russ.). URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/5723/>
15. Korylyak M. Z. *Fitoterapevticheskie svoystva rastoropshi pyatnistoy i ee ispol'zovanie v kormlenii zhyvotnykh*. [Phytotherapeutic properties of silybum marianum and its use in animal nutrition]. *Rybkhozyaystvennaya nauka Ukrainy*. 2013;(4):97-108. (in Ukraine). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23419553>
16. Tsaprilova S. V., Rodionova R. A. *Rastoropsha pyatnistaya: khimicheskij sostav, standartizatsiya, primeneniye*. [Milk thistle: constituents, standardization, medicinal use]. *Vestnik farmatsii*. 2008;(3):92-104. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13040438>
17. Wellington K., Jarvis B. Silymarin: a review of it's clinical properties in the management of hepatic disorders. *BioDrugs*. 2001;(15): 465-489. DOI: <https://doi.org/10.2165/00063030-200115070-00005>
18. WHO monographs on selected medicinal plants Fructus Silybi Mariae. World Health Organization, Geneva. 2002;2:300-316.
19. Mahli A., Koch A., Czech B., Peterurs P., Lechner A., Haunschild J., Müller M., Hellerbrand C. Hepatoprotective effect of oral application of a silymarin extract in carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Clinical Phytoscience*. 2015;(1):5. URL: <https://clinphytoscience.springeropen.com/articles/10.1186/s40816-015-0006-z>
20. Voroneanu L., Nistor I., Dumea R., Apetrii M., Covic A. Silymarin in Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of diabetes research*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/5147468>
21. Hellerbrand C., Schattenberg J. M., Peterburs P., Brignoli A. L. R. The potential of silymarin for the treatment of hepatic disorders. *Clinical Phytoscience*. 2016;2(7):1-14. URL: <https://clinphytoscience.springeropen.com/articles/10.1186/s40816-016-0019-2>
22. Pradhan S. C, Girish C. Hepatoprotective herbal drug, silymarin from experimental pharmacology to clinical medicine. *Indian J Med Res*. 2006;124: 491-504. URL: [https://mafiadoc.com/hepatoprotective-herbal-drug-silymarin-from-experimental-medind\\_5c270bdf097c47606f8b45e4.html](https://mafiadoc.com/hepatoprotective-herbal-drug-silymarin-from-experimental-medind_5c270bdf097c47606f8b45e4.html)
23. Lee D. Y, Liu Y, Molecular Structure and Stereochemistry of Silybin A, Silybin B, Isosilybin A and Isosilybin B, Isolated from Silybum marianum (Milk thistle). *Journal of Natural Products*. 2003;66(9):1171-1174. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/np030163b>
24. Saller R, Meier R, Brignoli R. The use of silymarin in the treatment of liver diseases. *Drugs*. 2001;61(14):2035-2063. DOI: <https://doi.org/10.2165/00003495-200161140-00003>
25. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Zlobina E. Yu. *Novye biologicheski aktivnye veshchestva dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti i povysheniya kachestva moloka*. [New biologically active substances for ensuring environmental safety and improving the quality of milk]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2012;(12):32-34. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-biologicheski-aktivnye-veschestva-dlya-ekologicheskoy-bezopasnosti-i-povysheniya-kachestva-moloka/viewer>
26. Kravaynis Yu. Ya., Kravayne R. S. *Primeneniye zhmykha rastoropshi dlya profilaktiki zabolevaniy molodnyaka krupnogo rogatogo skota*. [Application of a cake of a milk thistle for prevention of diseases of young animals of a horned cattle]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya = Bulletin of the AIC of the Upper Volga*. (In Russ.). 2014;(2):63-66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21807927>
27. Dvalishvili V. G., Nizamov R. S. *Shrot rastoropshi v kormlenii ovets*. [Milk Thistle Meal in sheep feeding]. *Zootekhniya*. 2001;(8):15-17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9124702>
28. Kshnikatkina A. N., Alenin P. G., Kshnikatkin S. A., Voronova I. A. *Rastoropsha pyatnistaya: voprosy biologii, kul'tivirovaniya, primeneniya Monografiya*. [Milk Thistle: problems of biology, cultivation, application: monograph]. Penza: *Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*, 2016. 322 p. URL: [https://litmy.ru/knigi/nauka\\_ucheba/334322-rastoropsha-pyatnistaya-voprosy-biologii-kultivirovaniya-primeneniya.html](https://litmy.ru/knigi/nauka_ucheba/334322-rastoropsha-pyatnistaya-voprosy-biologii-kultivirovaniya-primeneniya.html)

29. Pashchenko L. P., Pashchenko V. L. *Vtorichnoe rastitel'noe syr'e – biologicheskii aktivnaya sostavlyayushchaya dlya sozdaniya produktov pitaniya novogo pokoleniya*. [Secondary plant raw material of biologically active component to create food products of new generation]. *Vestnik VGUIT = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2012;(1):100-106. (In Russ.).  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17741471>
30. Das S. K., Mukherjee S., Vasudevan D. M. Medicinal properties of milk thistle with special reference to silymarin an overview. *Natural product radiance*. 2008;7(2):182-192. URL: [https://www.researchgate.net/publication/216207334\\_Medicinal\\_properties\\_of\\_milk\\_thistle\\_with\\_special\\_reference\\_to\\_silymarin- An overview](https://www.researchgate.net/publication/216207334_Medicinal_properties_of_milk_thistle_with_special_reference_to_silymarin-An_overview)
31. Lettéron P., Labbe G., Degott C., Berson A., Fromenty B., Delaforge M., Larrey D., Pessayre D. Mechanism for the protective effects of silymarin against carbon tetrachloride-induced lipid peroxidation and hepatotoxicity in mice. Evidence that silymarin acts both as an inhibitor of metabolic activation and as a chain-breaking antioxidant. *Biochemical Pharmacology*. 1990;(39):2027-2034. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(90\)90625-U](https://doi.org/10.1016/0006-2952(90)90625-U)
32. Luper S. A review of plants used in the treatment of liver disease: part I. *Alternative Medicine Review*. 1998;(3(6)):410-421. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/3652/553b09cfe7d512d2ea22055aabe3416c36ea.pdf>
33. Vijayakumar G., Subramanian M., Thirunavukkarasu P. S. Treatment of canine hepatic disorder with silymarin. *The Indian veterinary journal*. 2004;(81(8)):930-932.  
URL: [https://www.researchgate.net/publication/287860198\\_Treatment\\_of\\_canine\\_hepatic\\_disorder\\_with\\_silymarin](https://www.researchgate.net/publication/287860198_Treatment_of_canine_hepatic_disorder_with_silymarin)
34. Kren V., Walterova D. Silybin and silymarin — new effects and applications. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub*. 2005;149(1): 29-41. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16170386>
35. Alekhin Yu. N. *Bolezni pecheni u vysokoproduktivnykh korov (diagnostika, profilaktika i terapiya)*. [Illnesses of a liver at cows with high production of milk (diagnostics, prophylaxis and therapy)]. *Veterinariya = Veterinary*. 2011;(6):3-7. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16443801>
36. Yur'ev K. L. *Silimarin: efekty i mekhanizmy deystviya, klinicheskaya effektivnost' i bezopasnost'. Chast' II. Obzor dokazatel'stv klinicheskoy effektivnosti i bezopasnosti*. [Silymarin: effects and mechanisms of action, clinical efficacy and safety. Part II. Review of evidence of clinical efficacy and safety]. *Ukrainskiy meditsinskiy zhurnal*. 2010;(3(77)). (In Ukraine). URL: <https://www.umj.com.ua/article/3040/silimarin-efekty-i-mexanizmy-dejstviya-klinicheskaya-effektivnost-i-bezopasnost-chast-ii-obzor-dokazatelstv-klinicheskoy-effektivnosti-i-bezopasnosti>
37. Ennecker-Jans S. A., van Daele P. L., Blonk M. I., Varin D. S. E., van Laar J. A. M. Amanitin poisoning due to soup from personally picked deathcap mushrooms (*Amanita phalloides*). *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 2007;151(13):764-768. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17471780>
38. Carducci R., Armellino M. F., Volpe C., Basile G., Caso N., Apicella A., Basile V. Silibinin and acute poisoning with *Amanita phalloides*. *Minerva Anestesiol*. 1996;62(5):187-193.  
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8937042>
39. Svendsen B. S., Gjellestad A., Eivindson G., Berentsen G., Serious D. Mushroom poisoning by *Cortinarius* and *Amanita virosa*. *Tidsskriftet den Norske legeförening*. 2002;122(8):777-780. URL: <https://tidsskriftet.no/2002/03/klinikk-og-forskning/alvorlige-soppforgiftninger-med-giftslorsopper-og-hvit-fluesopp>
40. Unverir P., Soner B. C., Dedeoglu E., Karcioğlu O., Boztok K., Tuncok Ye. Renal and hepatic injury with elevated cardiac enzymes in *Amanita phalloides* poisoning: a case report. *Hum. Exp. Toxicol*. 2007;26(9):757-761. DOI: <https://doi.org/10.1177/0960327107083972>
41. WHO monographs on selected medicinal plants (2002) *Fructus Silybi Mariae*. World Health Organization, Geneva. 2002;2:300-316.
42. Brel' Yu. I., Lyzikov A. N., Pitkevich E. S. *Preparaty rastoropshi: novye oblasti primeneniya*. [Herbal preparations from milk thistle: new fields of application]. *Problemy zdorov'ya i ekologii = Problems of health and ecology*. 2010;(1(23)):129-134. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24861217>
43. WHO monographs on selected medicinal plants. 2009. Vol.4. 448 p.  
URL: <https://www.who.int/medicines/areas/traditional/selecmonv4/en/>
44. Brel' Yu. I., Lyzikov A. N., Pitkevich E. S. *Preparaty rastoropshi: mekhanizm deystviya i primenie pri zabolevaniyakh pecheni*. [Herbal preparations from milk thistle: mechanisms of action and application in liver diseases]. *Problemy zdorov'ya i ekologii = Problems of health and ecology*. 2009;(4 (22)):36-42. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25055505>
45. Kravaynis Yu. Ya., Tanifa V. V., Kravayne R. S. *Primenenie zhmykha rastoropshi v skotovodstve*. [Application of milk thistle oil cake in cattle farming]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk = Vestnik of the Russian agricultural science*. 2014;(4): 44-46. (In Russ.).  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21752625>
46. Chabaev M. G., Ryzhkov I. V., Nikolaychenko N. V., Khabibullina V. A. *Produktivnost' i obmen veshchestv u laktiruyushchikh korov pri skarmlivanii shrota iz rastoropshi*. [Productivity and metabolism at milking cows by feeding the thistle meals]. *Zootekhnika*. 2011;(6): 8-10. (In Russ.).  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16397903>

47. Grigor'ev D. Yu., Zhmaev E. A., Lebedev A. A., Pirogov D. A. *Kompleksnyy preparat silimarina uvelichivaet udoy, sodержanie zhira i belka v moloche korov v period razdoya*. [The complex preparation of silymarin increases milk yield, fat and protein content in cows' milk during early lactation]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2019;(6):47-50. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41421076>
48. Kolesnik M., Ban'kovs'ka I. *Zastosuvannya roztoropshi plyamistoї porosyatam*. [Application of Milk Thistle to piglets]. *Tvarinnitstvo Ukraїni*. 2008;(2):32-34. (In Ukraine).
49. Kolesnik M. D., Ban'kovs'ka I. B., Kostenko O. I. *Skladovi efektyvnosti vikoristannya roztoropshi plyamistoї*. [Components of the effectiveness of using milk thistle]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*. 2009;(1):76-77. (In Ukraine). URL: <https://www.pdaa.edu.ua/content/visnyk-poltavskoyi-derzhavnoyi-agrarnoyi-akademiyi-no1-2009>
50. Chokhataridi G., Ibragimova Z., Doeva I. *Shrot rastoropshi uluchshaet kachestvo svinyny*. [Milk thistle meal improves pork quality]. *Kombikorma*. 2009;(3):53.
51. Khariv I. I. *Vplyv brovitakoktsidu i poroshku plodiv roztoropshi plyamistoї na pokazniki klitinnoho imunitetu intaktnikh indikiv*. [Influence of brovitakokcidu and milk thistle fruit powder on cellular immunity indicators of intact turkeys]. *Visnik Sums'kogo natsional'nogo agrarnogo universitetu*. 2012;(7(31)):94-97. (In Ukraine). URL: <http://visnyk.snau.edu.ua/?cat=9114>
52. Mil'dzikhov T. Z., Temiraev R. B., Khadikova M. A., Malieva E. V. *Kachestvo myasa broylerov pri detoksikatsii tyazhelykh metallov*. [Quality of broiler meat in heavy metal detoxication]. *Myasnaya industriya* = Meat Industry. (In Russ.). 2013;(12):55-57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21008796>
53. Ryzhkov I. V., Nikolaychenko N. V., Chabaev M. G. *Produktivnost' i obmen veshchestv u molodnyaka krupnogo rogatogo skota, vyrashchivaemogo na myaso pri skarmlyvanii silosa iz rastoropshi v smesi s podsolnechnikom*. [Productivity and metabolism in young cattle growing for meat at feeding thistle silage mixed with sunflower]. *Zootekhniya*. 2012;(11):11-12. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18043586>
54. Gusarova I. S., Ivanova N. V., Shaposhnikova T. V. *Morfoanatomicheskaya kharakteristika i reproduktivnyy status tsenopopulyatsiy Laminaria japonica Aresch. severnogo Primor'ya*. [Morpho-anatomic structure and reproduction status of coenopopulation *Laminaria japonica Aresch.* in northern Primorye]. *Izvestiya TINRO*. 2000;127-2;607-617. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9591550>
55. Ermolina S. A., Sozinov V. A. *Ekstrakty morskikh burykh vodorosley i ikh primeneniye v zhivotnovodstve i veterinarii: monografiya*. [Extracts of marine brown algae and their application in animal husbandry and veterinary medicine: monograph]. Kirov: *Vyatskaya GSKhA*, 2010. 152 p.
56. Pyzh A. E., Vasilenok O. V., Kashitskiy E. S. *Lechebno-profilakticheskie svoystva preparatov iz burykh morskikh vodorosley: analiticheskiy obzor*. [Therapeutic and prophylactic properties of drugs brown seaweed: analytical review]. *Lechebnoe delo*. 2016;(5(51)):27-30. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26935708>
57. Odinets A. G., Orlov O. I., Il'in V. K., Revina A. A., Antropova I. G., Fenin A. A., Tatarinova L. V., Prokofev A. S. *Radioprotekturnye i antioksidantnye svoystva gelya iz burykh morskikh vodorosley*. [Radioprotective and antioxidant properties of the gel from brown algae]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* = Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2015(6):89-96. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828371>
58. Podkorytova A. V., Shmel'kova L. P. *Pishchevaya i tekhnicheskaya tsennost' kul'tiviruemoy laminarii*. [Food and technical value of cultured kelp]. *Izvestiya TINRO*. Vladivostok: *TINRO-Tsent*, 2018. pp. 148-151.
59. Titlyanov E. A., Titlyanova T. V., Belous O. S. *Poleznye veshchestva morskikh burykh makrovodorosley: khimicheskoe stroeniye, fiziko-khimicheskie svoystva, sodержanie, ispol'zovaniye*. [Useful substances from marine kelps (Heterokontophyta): chemical structure, physical and chemical properties, content, and use]. *Izvestiya TINRO*. 2011;164:416-431. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/poleznye-veschestva-morskikh-buryh-makrovodorosley-himicheskoe-stroeniye-fiziko-himicheskie-svoystva-soderzhanie-ispolzovaniye>
60. Aminina N. M. *Biologicheskaya tsennost' morskikh vodorosley dal'nevostochnogo poberezh'ya*. [Biological value of seaweed of the Far Eastern coast]. *Rybprom: tekhnologii i oborudovaniye dlya pererabotki vodnykh biore-surov*. 2010;(3): 32-35. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15214246>
61. Vladimirova I. M., Kotova E. E., Georgiyants V. A., Kotov A. G. *Analiz i farmakopeyna standartizatsiya sirovini – laminarii slani*. [Analysis and pharmacopoeial standardization of raw materials-laminaria of the layer]. *Upravlinnya, ekonomika ta zabezpechennya yakosti v farmatsii*. 2011;(4(18)):24-29. (In Ukraine). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23221791>
62. Klochkova A. A., Klochkova N. G. *Khimicheskiiy sostav laminariy kamchatskogo shel'fa i ikh ispol'zovaniye dlya proizvodstva pishchevoy i le-chebno-profilakticheskoy produktsii*. [Chemical composition of the Kamchatka shelf kelp and their use for the production of food and medical and preventive products]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* = Food Technology. 2007;(5-6 (300-301)):19-21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12138169>

63. Vafina L. Kh., Podkorytova A. V. *Novye produkty funktsional'nogo pitaniya na osnove bioaktivnykh komponentov burykh vodorosley*. [New products of functional nutrition on the basis of bioactive substances from brown algae]. *Izvestiya TINRO*. 2009;(156):348-356. (In Russ.).
64. Vishnevskaya T. I., Aminina N. M., Guruleva O. N. *Razrabotka tekhnologii polucheniya yodsoderzhashchikh produktov iz laminarii yaponskoy*. [Development of technology for obtaining iodine-containing products from Japanese kelp]. *Izvestiya TINRO*. 2001;(129):163-169. (In Russ.).  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-polucheniya-yodsoderzhaschih-produktov-iz-laminarii-yaponskoy>
65. Ignatovich L. *Kormovaya dobavka iz muki burykh morskikh vodorosley*. [Kelp meal as a feed additive]. *Ptitsevodstvo*. 2011;(5):18-20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16527169>
66. Khotimchenko Yu. S., Ermak I. M., Bednyak A. E., Khasina E. I., Kropotov A. V., Kolenchenko E. A., Sergushchenko I. S., Khotimchenko M. Yu., Kovalev V. V. *Farmakologiya nekrakhmal'nykh polisakharidov*. [The pharmacology of non-starch polysaccharides]. *Vestnik DVO RAN*. 2005;(1):72-82. (In Russ.).  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/14627275>
67. Romanova A. S., Bazanov G. A., Kolgina N. Yu., Bazanova E. M., Tkachev P. V., Khitrov A. A. *Strukturnye komponenty laminarii yaponskoy, vliyayushchie na vosstanovitel'nye protsessy v organizme*. [Structural components of Japanese kelp that affect recovery processes in the body]. *Prioritety mirovoy nauki: eksperiment i nauchnaya diskussiya: Materialy XI mezhdunar. nauch. konf. North Charleston, South Carolina, USA, June 15-16, 2016* [Priorities of world science: experiment and scientific discussion: Proceedings of the XI international scientific conference, North Charleston, South Carolina, USA, June 15-16, 2016]. North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. Vol. 15. pp. 61.
68. Demidova M. A., Volkova O. V., Savchuk I. A., Shneur S. Ya. *Vliyanie ekstrakta laminarii yaponskoy na techenie eksperimental'noy giperlipidemii u krolikov*. [The effect of the extract of laminaria Japanese on the progress of the experimental hyperlipidemia in rabbits]. *Vrach-aspirant*. 2011;48(5.4):560-565. (In Russ.).
69. Demidova M. A., Savchuk I. A., Shneur S. Ya. *Otsenka slabitel'noy aktivnosti ekstrakta laminarii yaponskoy sukhogo*. [Evaluation of the extract laminaria Japanese dry laxative activity]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2011;(6). (In Russ.). URL: [www.science-education.ru/100-5110](http://www.science-education.ru/100-5110)
70. Cherenkov D. A., Anokhina E. P., Kir'yanova S. V., Korneeva O. S. *Antioksidantnaya aktivnost' produktov gidroliza prirodnykh polimerov (mannana i fukoidana)*. [The antioxidant activity of the products of hydrolysis of natural polymers (mannan and fucoidan)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2012;(1):151-153. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17741484>
71. Usov A. I., Bilan M. I. *Fukoidany – sulfatirovannyye polisakharidy burykh vodorosley*. [Fucoidans – sulfated polysaccharides of brown algae]. *Uspekhi khimii* = Russian Chemical Reviews. 2009;(8 (78)):846-862. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12774851>
72. Kondrat'eva E. V., Kushnerova N. F., Kushnerova T. V., Karaman Yu. K. *Primenenie ekstrakta iz laminarii yaponskoy v usloviyakh modeli toksicheskogo porazheniya pecheni. Zdorov'e*. [Application of the extract of laminaria japonica in the model of the liver toxic damage]. *Meditsinskaya ekologiya. Nauka* = Health. Medical ecology. Science. 2011;44(1):41-44. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16541937>
73. Kushnerova T. V., Fomenko S. E., Kushnerova N. F., Sprygin V. G., Lesnikova L. N., Khotimchenko Yu. S., Kondrat'eva E. V. *Antioksidantnye i membranoprotekturnyye svoystva ekstrakta iz buroy vodorosli Laminaria Japonica*. [Antioxidant and membrane-protective properties of an extract from the brown alga Laminaria Japonica]. *Biologiya moray* = Russian journal of marine biology. 2010;36(5):384-389. (In Russ.).  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17381317>
74. Demidova M. A., Petrova M. B., Savchuk I. A. *Vliyanie sukhogo ekstrakta laminarii yaponskoy na strukturu i funktsiyu shchitovidnoy zhelezy*. [Effect of extract laminaria Japanese on structure and function of thyroid gland]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2012;(2):84-84. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17689201>
75. Korovkina N. V., Bogdanovich N. I., Kutakova N. A. *Issledovaniya sostava burykh vodorosley Belogo morya s tsel'yu dal'neyshey pererabotki*. [Studies of the composition of brown algae of the White Sea for the purpose of further processing]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2007;(1):59-64. (In Russ.).  
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9482867>
76. Ignatovich L. S. *Dobavka iz burykh morskikh vodorosley (laminarii) pri provedenii prinuditel'noy lin'ki kur-nesushek*. [Additive from brown seaweed (kelp) during forced molting of laying hens]. *Ptitsa i ptitseprodukty*. 2009;(6):42-44. (In Russ.). URL: [www.vniipp.ru/images/statya/6/42-44t.pdf](http://www.vniipp.ru/images/statya/6/42-44t.pdf)
77. Ignatovich L. S. *Primenenie burykh morskikh vodorosley (laminarii) v kormlenii kur-nesushek yaichnoy produktivnosti*. [Application of brown seaweed (kelp) in feeding egg-laying hens]. *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 26-28 maya 2009 goda*. [Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and

ways to solve them: Proceedings of the International scientific and practical conference. May 26-28, 2009]. Ulyanovsk: *UGSKhA*, 2009. Vol. II. Part. 1. pp. 46-49. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/3525>

78. Prostokishin A. S., Tuaeve E. V., Ryzhkov V. A., Babukhadiya K. R., Kurkov Yu. B., Ishchenko O. Yu. *Ispol'zovanie sapropelya i laminarii yaponskoy v kormlenii zhivotnykh i ptitsy*. [Use sapropel and Japanese kelp to optimize chrome supply of livestock and poultry]. *Zootekhniya*. 2014;(3):21-22. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21339878>

79. Krasnoshchekova T. A., Prostokishin A. S., Babukhadiya K. R., Elizar'e A. A., Krasnovskiy K. A. *Vliyanie skarmlivaniya lamidana sovmestno s mikroelementami na yaytsenoskost' kur-nesushek*. [Effect of lamidan together with trace elements feeding on laying hens egg production]. *Zootekhniya*. 2015;(2):20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23048807>

80. Buldakova K. V., Sozinov V. A. *Sposob snizheniya soderzhaniya tyazhelykh metallov v organakh i tkanyakh tsyplyat-broylerov*. [Way of reducing of heavy metals' content in the organs and tissues of broiler chickens]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2013;(3):56-58. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19006974>

81. Buldakova K. V., Sozinov V. A. *Sposoby obogashcheniya yodom produktsii ptitsevodstva*. [Iodine enrichment of production of poultry farming]. *Vestnik veterinarii*. 2013;(1(64)):41-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18337648>

82. Buldakova K. V., Sozinov V. A. *Preparat «Al'gasol» v ratsionakh tsyplyat-broylerov*. [Preparation of "Algasol" in diets of chickens-broilers]. *Ptitsevodstvo*. 2012;(1):39-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17668200>

83. Androsova L. F. *Vliyanie yoda na vosproizvoditel'nye i pro-duktivnye funktsii korov*. [Iodine influence on cows' reproductive and productive functions]. *Zootekhniya*. 2003;(10):14-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9125167>

84. Shukuyurova E. B., Naumova L. I. *Vliyanie laminarii yaponskoy i mikroelementov na biokhimicheskie pokazateli krovi i produktivnost' Dal'nevostochnogo krupnogo rogatogo skota*. [Influence of Japanese kelp and trace elements on blood biochemical parameters and productivity of Far Eastern cattle]. *Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agropromyshlenny kompleks na rubezhe vekov*. 2013;(1):141-144. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20606193>

85. Kuz'mina I. Yu. *Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya kormovoy dobavki na osnove rodioly rozovoy i laminarii v kormlenii krupnogo rogatogo skota v usloviyakh Magadanskoj oblasti*. [The economic efficiency of the use of feed additives based on Rhodiola rosea and kelp in cattle feeding in the conditions of the Magadan region]. *Sel'skokhozyaystvennyye nauki i agropromyshlenny kompleks na rubezhe vekov*. 2014;(5):164-168. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21288951>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Шемуранова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией кормления сельскохозяйственных животных, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [kormlenie@fanc-sv.ru](mailto:kormlenie@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3501-9348>, e-mail: [nashem85@yandex.ru](mailto:nashem85@yandex.ru)

**Гарифуллина Наталья Аркадьевна**, младший научный сотрудник лаборатории кормления сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [kormlenie@fanc-sv.ru](mailto:kormlenie@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-4507>, e-mail: [garifullina.natalya@yandex.ru](mailto:garifullina.natalya@yandex.ru)

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

✉ **Natalia A. Shemuranova**, PhD in Agricultural science, Head of the Laboratory of Feeding Farm Animals, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [kormlenie@fanc-sv.ru](mailto:kormlenie@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3501-9348>, e-mail: [nashem85@yandex.ru](mailto:nashem85@yandex.ru)

**Natalia A. Garifullina**, junior researcher, the Laboratory of Feeding Farm Animals, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [kormlenie@fanc-sv.ru](mailto:kormlenie@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-4507>, e-mail: [garifullina.natalya@yandex.ru](mailto:garifullina.natalya@yandex.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

УДК 633.111.1(470.51)

## Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики

© 2020. А. Г. Курылева✉

ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация

*В различных почвенно-климатических условиях Удмуртской Республики по урожайным данным (2016-2018 гг.) Государственных сортоиспытательных участков (ГСУ) определяли экологическую пластичность, стрессоустойчивость, генетическую гибкость 10 районированных и новых сортов озимой пшеницы (стандарт – Волжская К). Почвы ГСУ: дерново-сильнопodzольная супесчаная – Увинский ГСУ; светло-серая лесная тяжелосуглинистая – Сарапульский ГСУ; дерново-среднеpodzольная среднесуглинистая – Можгинский ГСУ. Агрометеорологические условия вегетационных периодов отличались по тепло- и влагообеспеченности: 2016 г. – жаркий и засушливый (ГТК = 0,70), 2017 г. – избыточно-увлажненный (ГТК = 2,14), 2018 г. – влажный (ГТК = 1,21). Выявлена высокая урожайность сортов озимой пшеницы в южной зоне Удмуртской Республики (Сарапульский ГСУ – 3,32 т/га и Можгинский ГСУ – 2,95 т/га). В наибольшей степени на формирование урожайности озимой пшеницы влияли погодные условия года – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта – 0,8-31,7 %. Выявлена сравнительно высокая (3,40-3,47 т/га) «генетическая гибкость» сортов Дарина, Мера и Казанская 285, выше стандарта Волжская К на 7-9 %. Наибольший уровень экологической устойчивости установлен у сортов Волжская К и Мера –  $d = 67,36-67,44$  %. По показателям пластичности выявлена сильная реакция на изменения условий среды – Дарина, Мера, Универсиада ( $b_i = 1,05-1,09$ ); слабая реакция – Бирюза и Илот ( $b_i = 0,91-0,92$ ); пластичные сорта – Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39 ( $b_i = 0,96-1,01$ ). Наименьший разрыв между максимальной и минимальной урожайностью (стрессоустойчивость) отмечен у сорта Илот – 2,91 т/га.*

**Ключевые слова:** индекс условий среды, размах урожайности, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, доля фактора

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0427-2019-0034).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Курылева А. Г. Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):503-511. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

Поступила: 14.04.2020

Принята к публикации: 29.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions

© 2020. Alevtina G. Kuryleva✉

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

*In various soil and climatic conditions of the Udmurt Republic, according to yield data (2016-2018) of state variety testing plots (GSU), ecological plasticity, stress resistance, genetic flexibility of 10 zoned and new varieties of winter wheat (standard - Volzhskaya K) were evaluated. The soil of the state variety testing sites: soddy-telopodzol sandy loamy - Uvinsky state varietal test site; light-gray forest heavy loamy - Sarapulsky state varietal test site; sod-mid-podzolic medium loamy - Mozhginsky state varietal test site. The agrometeorological conditions of the growing seasons differed in terms of heat and moisture supply: 2016 - hot and dry (hydrothermic coefficient – 0.70), 2017 - excessively humid (hydrothermic coefficient – 2.14), 2018 - wet (hydrothermic coefficient – 1.21). A high yield of winter wheat varieties was revealed in the southern zone of the Udmurt Republic (Sarapulsky GSU - 3.32 t/ha and Mozhginsky GSU - 2.95 t/ha). Weather conditions of the year mostly influenced the formation of winter wheat yield - 64.8-98.5 %. The share of participation of the variety is 0.8-31.7 %. A relatively high (3.40-3.47 t/ha) "genetic flexibility" of varieties Darina, Mera and Kazanskaya 285 was revealed, 7-9 % higher than the Volzhskaya K standard. The highest level of environmental sustainability was established in the varieties Volzhskaya K and Mera –  $d = 67.36-67.44$  %. According to the indicators of plasticity, a strong response to changes in environmental conditions was revealed in Darina, Mera, Universiada varieties ( $b_i = 1.05-1.09$ ); weak reaction – in Biryuzha and Ilot varieties*

( $b_i = 0.91-0.92$ ); plastic varieties - Volzhskaya K, Bashkirskaya 10, Italmas, Kazanskaya 285 and Moskovskaya 39 ( $b_i = 0.96-1.01$ ). The smallest gap between the maximum and the minimum yield (stress resistance) was noted for the Ilot variety – 2.91 t/ha.

**Key words:** index of environmental conditions, yield range, stress resistance, genetic flexibility, factor share

**Acknowledgement:** the research within supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0427-2019-0034).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

**For citations:** Kuryleva A. G. Assessment of yield and adaptive properties of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):503-511. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.503-511>

Received: 14.04.2020

Accepted for publication: 29.09.2020

Published online: 22.10.2020

Производство зерна является основой для всей сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации. Озимые зерновые играют важную роль в повышении производства зерна. В сравнении с яровыми зерновыми культурами они в большей степени используют зимние и ранневесенние запасы влаги, растения избегают губительного воздействия майско-июньской засухи. Выращивание озимых позволяет снизить напряженность весенних полевых работ, перенеся определенную их часть на осень [1, 2].

Озимая пшеница требовательна к плодородию почвы. Наиболее пригодными почвами в Удмуртской Республике считаются серые лесные и дерново-карбонатные почвы, расположенные, в основном, в южной агроклиматической зоне. Эти почвы содержат повышенное количество гумуса (от 3,0-4,5 % в светло-серых, 3,0-7,0 % в дерново-карбонатных, до 7,5-12,0 % в темно-серых). Гумусовый горизонт лучше всего обеспечен доступными формами калия, фосфора, а также кальцием, железом и микроэлементами [3]. Удмуртская Республика находится в зоне Среднего Предуралья. Главная особенность климата Среднего Предуралья – его континентальность, характеризуется большими суточными, месячными, сезонными и годовыми амплитудами температуры воздуха. Негативные метеорологические условия осенне-зимнего периода и ранней весны вызывают частичную и нередко полную гибель озимых культур [4, 5, 6]. Наиболее благоприятные агроклиматические условия для перезимовки озимой пшеницы и её выращивания складываются в центральной и южной частях республики. В структуре посевных площадей Удмуртской Республики она занимает не более 3,8-4,5 тыс. га, или 1,3-1,5 % от посевного клина (2016-2018 гг.). В среднем урожайность ва-

рьирует от 2,0 до 4,2 т/га. Для увеличения урожайности и стабильной перезимовки озимых хлебов необходимо внедрение в производство новых адаптированных, высокоурожайных сортов при условии соблюдения основных элементов технологии их выращивания [7]. Для решения данной задачи мы попытаемся в статье проанализировать урожайные свойства районированных и новых сортов озимой пшеницы.

Сельскохозяйственные товаропроизводители предпочитают сорта, которые обладают высокой адаптивностью, пластичностью и устойчивостью к биотическим факторам [8, 9, 10]. Сорта, обладающие такими качествами, созданы в местных условиях, или же приближенных к ним [11, 12, 13, 14]. В условиях Удмуртской Республики очень важна оценка экологической пластичности сортов, так как в последние годы появились засушливые явления в центральной и южной частях республики, но вместе с тем в отдельные годы выпадает существенное количество осадков с резкими перепадами температуры по годам. Поэтому селекционерам необходимо создавать сорта с широким приспособительным потенциалом к экстремальным погодным условиям и способные давать относительно стабильную урожайность.

**Цель исследований** – выявить экологическую устойчивость, генетическую гибкость и стрессоустойчивость районированных и новых перспективных сортов озимой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий Удмуртской Республики.

**Материал и методы.** Оценка урожайности и адаптивных свойств сортов озимой пшеницы проводили по результатам данных Государственных сортоиспытательных участков за 2016-2018 гг. (Увинский, Сарапульский и Можгинский ГСУ)<sup>1</sup>, которые находятся в центральной и южной частях Удмуртской Республики.

<sup>1</sup>Результаты Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур по Удмуртской Республике за 2016-2018 гг. Можга, 2018. 106 с.

Увинский ГСУ – центральный район республики с суммой температур более 10 °С – 1700-1900 °С, ГТК 1,2-1,4. Сарапульский и Можгинский ГСУ – южные районы с суммой температур выше 10 °С – 1900-2100 °С, ГТК 1,0-1,2 [15]. Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2016-2018 гг. отличались по тепло- и влагообеспеченности. Засушливым был 2016 г. (ГТК – 0,70)<sup>2</sup>, 2017 г. – избыточно-увлажненным (ГТК – 2,14) и 2018 г. – влажным (ГТК – 1,21) (табл. 1).

Почва Увинского Государственного сортоиспытательного участка – дерново-сильно-подзолистая супесчаная, Сарапульского – светло-серая лесная тяжелосуглинистая, Можгинского – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Пахотный слой почвы средней степени окультуренности: содержание гумуса – 2,1-3,1 %, обменного калия – 40-400 мг/кг почвы (от среднего до высокого), подвижного фосфора – 101-416 мг/кг почвы (от повышенного до очень высокого).

*Таблица 1 – Метеорологические условия на Государственных сортоиспытательных участках Удмуртской Республики за 2016-2018 гг. /*

*Table 1 – Meteorological conditions at the State varietal test sites of the Udmurt Republic for 2016-2018*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Увинский / Uvinsky</i>	<i>Сарапульский / Sarapulsky</i>	<i>Можгинский / Mozhginsky</i>	<i>Среднее по республике / Average for the Republic</i>
2016 г.				
$\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$	2158,0	2164,0	2156,0	2159,0
$\sum \text{осадков, мм}^{**}$	155,0	150,0	152,4	152,0
ГТК <sup>***</sup>	0,72	0,69	0,70	0,70
2017 г.				
$\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$	1687,0	1693,0	1690,0	1690,0
$\sum \text{осадков, мм}^{**}$	366,0	358,2	362,0	362,1
ГТК <sup>***</sup>	2,20	2,11	2,14	2,14
2018 г.				
$\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$	1809,0	1822,0	1829,0	1820,0
$\sum \text{осадков, мм}^{**}$	230,0	210,0	222,0	221,0
ГТК <sup>***</sup>	1,27	1,15	1,21	1,21

\* $\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  – сумма активных температур выше 10 °С / the sum of active temperatures over 10 °С;

\*\* $\sum \text{осадков, мм}$  – сумма осадков, мм / the amount of precipitation, mm;

\*\*\* ГТК- гидротермический коэффициент / Hydrothermal coefficient

Анализ урожайности и расчет экологической устойчивости, стрессоустойчивости и размах урожайности провели согласно рекомендациям, предложенным В. З. Пакудиным<sup>3</sup>, генетическую гибкость – по В. А. Зыкину<sup>4</sup>. Метод основан на расчёте линейной регрессии ( $b_i$ ), среднего квадратичного отклонения от линий регрессии ( $S_i^2$ ), определяющего стабильность сорта в условиях среды. Определе-

ние доли влияния факторов абиотических условий (фактор А) и сорта (фактор В) на формирование урожайности зерна пшеницы провели по Б. А. Доспехову<sup>5</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность сортов озимой пшеницы в среднем за 2016-2018 гг. по сортоиспытательным участкам Удмуртской Республики варьировала от 1,97 до 3,54 т/га (табл. 2).

<sup>2</sup>Грингоф И. Г., Павлова В. Н. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. 384 с.

<sup>3</sup>Пакудин В. З. Оценка экологической пластичности сортов. Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математико-статистических методов. М.: ВНИИТЭИСХ. 1979. С. 40-44.

<sup>4</sup>Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Кираев Р. С., Чанышев И. О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений. Башкирский ГАУ. Уфа. 2011. 97 с.

<sup>5</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., Агропромиздат. 1985. 351 с.

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

Таблица 2 – Урожайность сортов озимой пшеницы в различных условиях Удмуртской Республики (2016-2018 гг.), т/га /

Table 2 – Productivity of winter wheat varieties in various conditions of the Udmurt Republic (2016-2018), t/ha

<i>Сорт / Variety</i>	<i>2016 г.</i>	<i>2017 г.</i>	<i>2018 г.</i>	<i>Среднее / Average</i>
<i>Увинский ГСУ / Uvinsky state varietal test site</i>				
Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.)	2,88	1,82	1,56	2,09
Башкирская 10 / Bashkirskaya 10	2,86	1,82	1,58	2,09
Бирюза / Biryuza	2,41	2,25	1,25	1,97
Дарина / Darina	3,30	2,39	1,65	2,45
Илот / Plot	2,51	2,06	1,36	1,98
Италмас / Italmas	2,83	1,81	1,30	1,98
Казанская 285 / Kazanskaya 285	2,75	2,19	1,57	2,17
Мера / Mera	2,98	2,55	1,68	2,40
Московская 39 / Moskovskaya 39	2,33	2,39	1,50	2,07
Универсиада / Universiada	3,33	2,23	1,36	2,31
Среднее / Average	2,82	2,15	1,48	2,15
Индекс условий среды (I <sub>j</sub> ) / Index of environment conditions (I <sub>j</sub> )	0,07	-0,74	-1,41	
<i>Сарапульский ГСУ / Sarapulsky state varietal test site</i>				
Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.)	3,30	3,47	3,25	3,34
Башкирская 10 / Bashkirskaya 10	3,68	3,21	2,68	3,19
Бирюза / Biryuza	3,22	2,80	2,78	2,93
Дарина / Darina	3,91	3,32	2,91	3,38
Илот / Plot	3,82	3,90	2,45	3,39
Италмас / Italmas	3,43	4,30	2,88	3,54
Казанская 285 / Kazanskaya 285	3,61	3,70	3,01	3,44
Мера / Mera	3,61	4,17	2,44	3,41
Московская 39 / Moskovskaya 39	3,30	4,54	2,52	3,45
Универсиада / Universiada	4,07	3,33	3,07	3,49
Среднее / Average	3,59	3,67	2,80	3,36
Индекс условий среды (I <sub>j</sub> ) / Index of environment conditions (I <sub>j</sub> )	0,70	0,78	-0,09	
<i>Можгинский ГСУ / Mozhginsky state varietal test site</i>				
Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.)	4,78	0,00	4,61	3,13
Башкирская 10 / Bashkirskaya 10	4,06	0,00	5,08	3,05
Бирюза / Biryuza	4,18	0,00	4,71	2,96
Дарина / Darina	5,12	0,00	5,30	3,47
Илот / Plot	4,27	0,00	4,00	2,76
Италмас / Italmas	4,29	0,00	5,16	3,15
Казанская 285 / Kazanskaya 285	4,46	0,00	5,23	3,23
Мера / Mera	5,02	0,00	5,16	3,39
Московская 39 / Moskovskaya 39	4,48	0,00	4,76	3,08
Универсиада / Universiada	5,05	0,00	5,31	3,45
Среднее / Average	4,57	0,00	4,93	3,17
Индекс условий среды (I <sub>j</sub> ) / Index of environment conditions (I <sub>j</sub> )	1,68	-2,89	2,04	
Среднее по Удмуртской Республике / Average yield in the Udmurt Republic	3,66	1,94	3,07	2,89

Наименьшая средняя урожайность сформирована на Увинском ГСУ – 2,15 т/га при зимостойкости в среднем – 3,5 балла. Наиболее благоприятные условия для возделывания озимой пшеницы складывались в южной части Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ), максимальная средняя урожайность 3,36 и 3,17 т/га (соответственно). Индекс условий среды ( $I_j$ ) как по годам, так и по ГСУ изменялся от -2,89 до 2,04. Значение индекса условий среды ( $I_j$ ) показывает реализацию потенциала генотипа в благоприятных и неблагоприятных условиях, чем он выше, тем более благоприятные условия. На Можгинском ГСУ: в 2018 г. отмечен высокий индекс среды  $I_j = 2,04$  с урожайностью – 4,93 т/га; в 2017 г. – наименьший  $I_j = -2,89$  с полной гибелью растений озимой пшеницы (инфекци-

онное выпревание). Развитие таких болезней, как снежная плесень (*Fusarium nivale* (Fr.) Ces.; Syn. *Microdochium*) – 24,8-36,2 % и склеротиниоз (*Sclerotinia graminearum* Elenov.) – 47,1-68,2 % способствовало частичной, а у некоторых сортов полной гибели растений пшеницы (зимостойкость – 1-2 балла).

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта представлены в таблице 3. В среднем за три года испытания в условиях Увинского ГСУ сорта Дарина, Мера и Универсиада сформировали наибольшую урожайность 2,31-2,45 т/га (НСР<sub>05</sub> гл. эффектов В = 0,08 т/га). Высокая средняя урожайность получена в 2016 г. – 2,82 т/га, превысив урожайность 2017 и 2018 гг. на 0,67-1,34 т/га (НСР<sub>05</sub> гл. эффектов А = 0,16 т/га).

**Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа урожайных данных (т/га) в двухфакторном опыте экологического испытания сортов озимой пшеницы по Удмуртской Республике (2016-2018 гг.) /  
Table 3 – Variance analysis of yield data (t/ha) of two-factor experiment of ecological testing of winter wheat varieties in the Udmurt Republic (2016-2018)**

Госсортоучасток / State varietal test site	НСР <sub>05</sub> главных эффектов / LSD <sub>05</sub> main effects		НСР <sub>05</sub> частных различий / LSD <sub>05</sub> specific differences	
	фактор А / factor A	фактор В / factor B	фактор А / factor A	фактор В / factor B
Увинский ГСУ / Uvinsky State varietal test site	0,16	0,08	0,49	0,14
Сарапульский ГСУ / Sarapulsky State varietal test site	0,24	0,07	0,76	0,12
Можгинский ГСУ / Mozhginsky State varietal test site	0,16	0,05	0,50	0,08

Примечание: фактор А – погодные условия года, фактор В – сорт /  
factor A – weather conditions of the year, factor B – variety.

На Сарапульском ГСУ с высокой урожайностью выделились сорта: Италмас, Казанская 285, Московская 39 и Универсиада, прибавка относительно стандарта (Волжская К – 3,34 т/га) составила 0,10-0,20 т/га, или 3-6 % (НСР<sub>05</sub> гл. эффектов В = 0,07 т/га). Наибольшая средняя урожайность сформирована в 2016 и 2017 гг. – 3,59-3,67 т/га, превысив урожайность 2018 г. на 0,79-0,87 т/га (НСР<sub>05</sub> гл. эффектов А = 0,24 т/га). На Можгинском ГСУ сорта Дарина, Универсиада, Мера, Казанская 285 превысили стандарт Волжская К на 0,10-0,34 т/га (НСР<sub>05</sub> гл. эффектов В = 0,05 т/га).

Сорт – это генетическая система, которая по-разному реагирует на внешние факторы окружающей среды. Отличительная особенность любого сорта – способность реализовывать потенциал урожайности в зависимости от складывающихся погодных условий и агро-

фона, поэтому правильный выбор сорта имеет первостепенное значение при выращивании зерновых культур [13, 14].

Устойчивость сортов к неблагоприятным условиям роста определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ( $V_{min} - V_{max}$ ). Чем меньше разрыв, тем выше стрессоустойчивость сорта и шире диапазон его приспособительных способностей. Как выше было сказано, на Можгинском ГСУ условия перезимовки 2016-2017 гг. привели к полной гибели всех испытываемых сортов пшеницы. Так как мы оцениваем урожайные свойства сортов, то за минимальные значения взята наименьшая урожайность сортов по годам исследований, а не полная гибель. По результатам анализа урожайности в среднем по всем сортоучасткам Удмуртской Республики сорт Илот имел наименьший разбег урожайности 2,91 т/га (табл. 4).

Таблица 4 – Стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики за период 2016-2018 гг. /

Table 4 – Stress resistance, genetic flexibility of winter wheat varieties in the Udmurt Republic conditions for 2016-2018

Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha		Пластичность, $b_i$ / Plasticity, $b_i$	Стабильность, $S_i^2$ / Stability, $S_i^2$	Стрессоустойчивость, т/га, $(Y_{min} - Y_{max})$ / Stress resistance, t/ha $(Y_{min} - Y_{max})$	Размах урожайности, % (d) / Yield range, % (d)	Генетическая гибкость, т/га $(Y_{max} + Y_{min})/2$ / Genetic flexibility, t/ha $(Y_{max} + Y_{min})/2$
	$Y_{min}$	$Y_{max}$					
Волжская К (ст.) / Volzhskaya K (st.)	1,56	4,78	0,97	0,07	-3,22	67,36	3,17
Башкирская 10 / Bashkirskaya 10	1,58	5,08	0,96	0,06	-3,50	68,90	3,33
Бирюза / Biryuza	1,25	4,71	0,91	0,06	-3,46	73,46	2,98
Дарина / Darina	1,65	5,30	1,06	0,07	-3,65	68,87	3,47
Илот / Ilot	1,36	4,27	0,92	0,11	-2,91	68,15	2,82
Италмас / Italmas	1,30	5,16	1,01	0,07	-3,86	74,81	3,23
Казанская 285 / Kazanskaya 285	1,57	5,23	1,01	0,05	-3,66	69,98	3,40
Мера / Mera	1,68	5,16	1,09	0,07	-3,48	67,44	3,42
Московская 39 / Moskovskaya 39	1,50	4,76	1,01	0,13	-3,26	68,49	3,13
Универсиада / Universiada	1,36	5,31	1,05	0,06	-3,95	74,39	3,33

По оценке экологической пластичности сортов озимой пшеницы в трех испытательных участках республики (ГСУ), выявлены: сорта интенсивного типа с сильной реакцией на изменения условий среды ( $b_i > 1$ ) – Дарина, Мера, Универсиада с показателем  $b_i = 1,05-1,09$ ; экстенсивные сорта со слабой отзывчивостью на изменения условий среды ( $b_i < 1$ ) – Бирюза и Илот с  $b_i = 0,91-0,92$ . К пластичным сортам ( $b_i$  равно или близко к единице) – Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39 с  $b_i = 0,96-1,01$ .

Коэффициент стабильности ( $S_i^2$ ) характеризует вариацию продуктивности: чем меньше отклонение от нуля, тем стабильнее сорт. Все исследуемые сорта формировали стабильную урожайность с показателем  $S_i^2 = 0,05-0,13$ , наименьшее значение у сорта Казанская 285.

Генетическая гибкость отражает среднюю урожайность сортов в различных условиях (компенсаторная способность в стрессовых и благоприятных условиях) и чем выше уровень соотношения между генотипом сорта и разными факторами среды, тем

выше данный показатель. В экстремальных и благоприятных агрометеорологических условиях такие сорта, как Дарина, Мера и Казанская 285 сформировали наибольшую среднюю урожайность, генетическая гибкость составила 3,40-3,47 т/га, что указывает на их сравнительно высокую степень «гибкости». Такие сорта, как Башкирская 10 и Универсиада хотя и имеют значения гибкости на одном уровне 3,33 т/га, но по-разному реагируют на условия среды. В неблагоприятных условиях минимальная урожайность Башкирская 10 была на 5,0 % выше сорта Универсиада, в благоприятных условиях максимальное значение продуктивности пластичного сорта Башкирская 10 на 4,5 % ниже аналогичного показателя Универсиады (интенсивного направления).

Расчет показателя «размах урожайности» ( $d, \%$ ) показывает уровень экологической устойчивости сортов. По урожайности данный параметр варьирует по сортам от 67,36 до 74,81 %. Наименьший размах отмечен у сортов Волжская К и Мера (67,36-67,44 %).

Исследуемые усреднённые данные урожайности сортов озимой пшеницы за 2016-2018 гг. по трем ГСУ были подвергнуты статистической обработке. Анализ данных показал, что максимальное влияние

на урожайность сортов озимой пшеницы оказали погодные условия года (фактор А) – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта (фактор В) – 0,8-31,7 %, взаимодействие факторов А и В – 0,7-2,0 % (табл. 5).

*Таблица 5 – Доля влияния абиотических условий года и сорта на урожайность озимой пшеницы на Госсортоиспытательных участках Удмуртской Республики, % /*

*Table 5 – The share of the influence of abiotic conditions of the year and variety on the yield of winter wheat at the State varietal test sites of the Udmurt Republic*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Увинский / Uvinsky</i>	<i>Сарапульский / Sarapulsky</i>	<i>Можгинский / Mozhginsky</i>
Фактор А (год) / Factor A (year)	74,5	64,8	98,5
Фактор В (сорт) / Factor B (variety)	23,0	31,7	0,8
Взаимодействие АВ (сорт и год) / Interaction AB (variety and year)	1,1	2,0	0,7
Случайные факторы / Random factors	1,4	1,4	0,1

Таким образом, в условиях Удмуртской Республики получение стабильной урожайности и её увеличение возможно при условии выращивания высокопродуктивных и адаптивных сортов.

**Выводы.** Анализ данных выявил, что наиболее высокую урожайность сорта озимой пшеницы формируют в южной зоне Удмуртской Республики (Сарапульский и Можгинский ГСУ). Максимальное влияние на урожайность сортов озимой пшеницы оказывают погодные условия года (фактор А) – 64,8-98,5 %. Доля участия сорта (фактор В) – 0,8-31,7 %, взаимодействие факторов А и В – 0,7-2,0 %. В среднем за годы исследований выделены

лучшие по урожайности сорта озимой пшеницы – Дарина, Мера и Казанская 285 (3,40-3,47 т/га). Высокая стрессоустойчивость отмечена у сорта Илот с разрывом между максимальной и минимальной урожайностью 2,91 т/га. Сорта Волжская К и Мера имеют наибольший уровень экологической устойчивости  $d = 67,36-67,44$  %. По показателям пластичности выявлена сильная реакция на изменения условий среды у сортов интенсивного типа – Дарина, Мера, Универсиада; слабая реакция у экстенсивных сортов – Бирюза и Илот. К пластичным сортам отнесены Волжская К, Башкирская 10, Италмас, Казанская 285 и Московская 39.

#### **Список литературы**

1. Туктарова Н. Г., Курылева А. Г., Жирных С. С., Торбина И. В. Озимые зерновые культуры в Удмуртской Республике. Ижевск: Изд-во ООО ПКФ «Буква», 2017. 124 с.
2. Курылева А. Г. Озимая рожь в Удмуртской Республике. Пермский аграрный вестник. 2017;(4(20)):81-86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30767227>
3. Бортник Т. Ю., Клековкин К. С. К вопросу об интегральной оценке уровня эффективного плодородия почв в современных условиях. Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. 13-16 февраля 2018 г. В 3-х т. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. Т.1. С. 11-12. Режим доступа: [https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16\\_feb\\_2018/13-16\\_feb\\_Tom1\\_upd.pdf](https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16_feb_2018/13-16_feb_Tom1_upd.pdf)
4. Курылева А. Г. Адаптивность сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики. Пермский аграрный вестник. 2018;(4(24)):65-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119540>
5. Туктарова Н. Г. Причины гибели озимой пшеницы в Удмуртской республике. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015;2(2):55-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24898425>
6. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
7. Вьюрков В. В., Абуова А. Б., Баймуканов Е. Н., Денизбаев С. Е. Новые озимые культуры на темно-каштановых почвах Приуралья. Наука, образование и культура. 2017;(8(23)):9-12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30485381>

8. Мальцева В. А., Филиппова Е. А., Ионина Н. В. Сорт и его зона использования. Аграрный вестник Урала. 2015;(5(135)):13-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24035922>
9. Shmeleva Z., Kozulina N. Influence of biotic and abiotic factors on spring yield wheat in the forest-steppe of the Krasnoyarsk territory. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 30 June - 6 July, 2019. Sofia, 2019. Vol. 19. pp. 753-760. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.097>
10. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Оценка урожайности и стабильности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(3):7-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200158>
11. Соколенко Н. И., Комаров Н. М. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и важнейшие адаптивные признаки. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(9):26-29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27174695>
12. Константинова О. Б., Кондратенко Е. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2015;3(36):13-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24214883>
13. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylykivskiy S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers. Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016;6(3):311-318. (In Ukraine). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28317736>
14. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):118-125. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125>
15. Макаров В. И. Агроклиматические ресурсы Удмуртии и их связь с урожайностью зерновых культур (на примере Ижевской ГМС). Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016;26(3): 112-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26716481>

#### References

1. Tuktarova N. G., Kuryleva A. G., Zhirnykh S. S., Torbina I. V. *Ozimye zernovye kul'tury v Udmurtskoy Respublike*. [Winter grain crops in the Udmurt Republic]. Izhevsk: *Izd-vo OOO PKF «Bukva»*, 2017. 124 p.
2. Kuryleva A. G. *Ozimaya rozh' v Udmurtskoy Respublike*. [Winter rye in the Udmurt Republic]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2017;(4(20)):81-86. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30767227>
3. Bortnik T. Yu., Klekovkin K. S. *K voprosu ob integral'noy otsenke urovnya effektivnogo plodorodiya pochv v sovremennykh usloviyakh*. [On the integral assessment of the level of effective soil fertility in modern conditions]. *Innovatsionnye tekhnologii dlya realizatsii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo khozyaystva: mat-ly Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. 13-16 fevralya 2018 g. V 3-kh t.* [Innovative technologies for the implementation of the program of scientific and technical development of agriculture: Proceedings of International scientific and practical Conference, 13-16, February 2018, in 3 vols.]. Izhevsk: *FGBOU VO Izhevskaya GSKhA*, 2018. Vol. 1. pp. 11-12. URL: [https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16\\_feb\\_2018/13-16\\_feb\\_Tom1\\_upd.pdf](https://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/13-16_feb_2018/13-16_feb_Tom1_upd.pdf)
4. Kuryleva A. G. *Adaptivnost' sortov ozimoy pshenitsy v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptiveness of winter wheat varieties in the conditions of the Udmurt Republic]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2018;(4(24)):65-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119540>
5. Tuktarova N. G. *Prichiny gibeli ozimoy pshenitsy v Udmurtskoy respublike*. [Causes of death of winter wheat in the Udmurt Republic]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics»*. 2015;2 (2):55-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24898425>
6. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v seleksii zernovykh kul'tur (obzor)*. [Breeding grain crops to increase adaptability (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
7. V'yurkov V. V., Abuova A. B., Baymukanov E. N., Denizbaev S. E. *Novye ozimye kul'tury na temno-kashtanovykh pochvakh Priural'ya*. [New winter cultures on the dark chestnut soils of Priural]. *Nauka, obrazovanie i kul'tura*. 2017;(8(23)):9-12. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30485381>
8. Mal'tseva V. A., Filippova E. A., Ionina N. V. *Sort i ego zona ispol'zovaniya*. [The variety and the area of its use]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015;(5(135)):13-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24035922>
9. Shmeleva Z., Kozulina N. Influence of biotic and abiotic factors on spring yield wheat in the forest-steppe of the Krasnoyarsk territory. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 30 June - 6 July, 2019. Sofia, 2019. Vol. 19. pp. 753-760. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.097>

10. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. *Otsenka urozhaynosti i stabil'nosti novykh sortov ozimoy rzhi v usloviyakh lesostepnoy zony Kemerovskoy oblasti*. [Assessment of productivity and stability of new varieties of winter rye under condition of forest-steppe zone of Kemerovo region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(3):7-9. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23200158>

11. Sokolenko N. I., Komarov N. M. *Iskhodnyy material dlya selektsii ozimoy myagkoy pshenitsy na produktivnost' i vazhneyshie adaptivnye priznaki*. [Source material for breeding of winter wheat on productivity and the most important adaptive characters]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(9):26-29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27174695>

12. Konstantinova O. B., Kondratenko E. P. *Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' novykh sortov ozimogo tritikale*. [Environmental plasticity and resistance of winter triticale new varieties]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2015;3(36):13-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24214883>

13. Moskalets V. V., Moskalets T. Z., Vasylykivskiy S. P., Grynyk I. V., Vovkohon A. G., Lodova O. V., Shevchuk O. A., Knyazyuk O. V. Common wheat: ecological plasticity by biological and technological markers. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*. 2016;6(3):311-318. (In Ukraine).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28317736>

14. Zhuykova O. A., Batalova G. A. *Adaptivnost' liniy i sortov ovsy golozernogo v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Adaptability of naked oat lines and varieties in the conditions of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(2):118-125. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125>

15. Makarov V. I. *Agroklimaticheskie resursy Udmurtii i ikh svyaz' s urozhaynost'yu zernovykh kul'tur (na primere Izhevskoy GMS)*. [Agroclimatic resources of the Udmurt Republic and their connection with cereal grains yield (evidence from Izhevsk hydrometeorostation)]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2016;26(3): 112-121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26716481>

#### **Сведения об авторе**

✉ **Курьлева Алевтина Григорьевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник управления НИР, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, д. 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: [ugniish@yandex.ru](mailto:ugniish@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8546>, e-mail: [alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@mail.ru)

#### **Information about the author**

✉ **Alevtina G. Kuryleva**, PhD in Agricultural Science, leading researcher of the Research Department, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», st. Lenin, 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: [ugniish@yandex.ru](mailto:ugniish@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2396-8546>, e-mail: [alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез

© 2020. Е. И. Уткина , Л. И. Кедрова, Е. А. Шляхтина Е. С. Парфенова, Н. А. Набатова, М. Г. Шамова

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

Актуальным направлением селекции озимой ржи для условий северного земледелия является создание алюмо- и кислототолерантных сортов. Исследования проведены в центральной зоне Кировской области в 1991-2019 гг. Использован комплексный естественный провокационный фон (содержание ионов алюминия 25,5-26,7 мг/100 г почвы при pH солевой вытяжки 3,6-3,8; ежегодное эпифитотийное развитие розовой снежной плесени *Microdochium nivale* (Fr.). Исходным материалом послужил зимостойкий и адаптивный сорт Кировская 89. Жесткий естественный провокационный фон позволил отобрать лучшие растения (500 штук), которые были пересажены весной на изолированный участок. Последующие негативные отборы, полевые и лабораторные оценки позволили создать популяцию Кипрез. За период 1995-2013 гг. проведено размножение популяции на провокационном фоне и 5 циклов негативного отбора с одновременным изучением в конкурсном сортоиспытании на двух почвенных фонах. Первый цикл отбора способствовал повышению урожайности новой популяции в условиях эдафического стресса над исходным сортом Кировская 89 на 12,6 %, второй и третий на 19,5 и 29,3% соответственно. Дальнейший отбор не показал значимого эффекта. С 2010 г. проводили дальнейшее улучшение сорта Кипрез с использованием индивидуальными-семейственными отборами и парных скрещиваний. Многолетнее конкурсное испытание (2014-2019 гг.) показало преимущество сорта Кипрез перед стандартом и исходным сортом. Средняя прибавка урожайности к сорту Кировская 89 в условиях слабокислых почв (pH – 5,3-5,7; Al<sup>3+</sup> – 5,0-6,5 мг/100 г) составила 0,50 т/га (г. Киров) и 0,75 т/га (п. Фаленки), в условиях эдафического стресса – 1,91 т/га (п. Фаленки). Выявлено сочетание алюмо- и кислототолерантности сорта с засухоустойчивостью. В 2014 г. при дефиците влаги (31% от нормы) в фазу налива и созревания зерна сорт Кипрез в условиях слабокислого фона достоверно превысил стандарт Фаленская 4 на 0,82 т/га (19,1%), исходный сорт Кировская 89 – на 1,97 т/га (62,7%). Сорт Кипрез рекомендован для возделывания на низкоплодородных почвах в сложных гидротермических условиях северного земледелия.

**Ключевые слова:** *Cesale cereale* L., селекция, эдафический стресс, провокационный фон, многократный отбор, урожайность, зимостойкость

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0095).

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

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

**Для цитирования:** Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шляхтина Е. А., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шамова М. Г. Создание кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):512-520. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520>

Поступила: 27.05.2020

Принята к публикации: 06.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Development of acid-resistant winter rye Kiprez variety

© 2020. Elena I. Utkina , Lidiya I. Kedrova, Elena A. Shlyakhtina, Elena S. Parfenova, Natalya A. Nabatova, Marina G. Shamova

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

The current trend of winter rye breeding for the conditions of northern agriculture is development of aluminum and acid-tolerant cultivars. Studies were carried out in the central zone of the Kirov region in 1991-2019. The complex natural provocative background was used (aluminum ion content 25.5-26.7 mg/100 g of soil at a pH of salt extract 3.6-3.8; annual epiphytotic development of pink snow mold *Microdochium nivale* (Fr.). Winter-resistant and adaptive cv. Kirovskaya 89 served as the initial material. A rigid natural provocative background made it possible to select the best plants (500 pieces) that were transplanted in spring to an isolated area. Subsequent negative selections, field and laboratory assessments made it possible to create the Kiprez population. During the period of 1995-2013 population reproduction was carried out on a provocative background and 5 cycles of negative selection with simultaneous study in competitive varietal testing on two soil backgrounds. The first selection cycle contributed to an increase in the yield of the new population under conditions of edaphic stress over the original cv. Kirovskaya 89 by 12.6%; the second and third by 19.5 and 29.3%, respectively. Further selection did not show a significant effect. Since 2010, the further improvement of the cv. Kiprez has been carried out using individual-family selection and paired crosses. A multi-year competitive test (2014-2019) showed the advantage of the cv. Kiprez over the standard and the initial cultivar. The average yield increase to the Kirovskaya 89 variety under conditions of slightly acidic soils (pH – 5.3-5.7; Al<sup>3+</sup> – 5.0-6.5) was 0.50 t/ha (Kirov) and 0.75 t/ha (Falenki); in the conditions of edaphic stress – 1.91 t/ha (Falenki). A combination of aluminum- and acid tolerance of the cultivar with drought resistance was revealed. In 2014, with

*a moisture deficit (31% of the norm) in the grain filling and ripening phase, cv. Kiprez exceeded significantly the cv. Falenskaya 4 (standard) by 0.82 tons/ha (19.1%) in a acidic background; initial cv. Kirovskaya 89 - by 1.97 tons/ha (62.7%). Cv. Kiprez is recommended for cultivation on low-fertile soils in harsh hydrothermal conditions of northern agriculture.*

**Keywords:** *Secale cereale, breeding, edaphic stress, provocative background, multiple selection, yield, winter resistance*

**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 the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0095).

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

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

**For citation:** Utkina E. I., Kedrova L. I., Shlyakhtina E. A., Parfyenova E. S., Nabatova N. A., Shamova M. G. Development of acid-resistant winter rye cultivar Kiprez. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5): 512-520. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.512-520>

Received: 27.05.2020

Accepted for publication: 06.10.2020

Published online: 22.10.2020

В России около 65 млн га пахотных земель занимают кислые почвы (рН менее 5,5). В отдельных регионах страны удельная площадь таких почв превышает 50-70 %, при этом потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно в год доходят до 15-20 млн т [1, 2, 3]. В Кировской области почвы с повышенной кислотностью занимают более 75 %, в т. ч. 41 % сильнокислые (рН менее 4,5) [3, 4].

Существенное снижение продуктивности растений в условиях кислых почв провоцируют соединения алюминия, вредное воздействие которых зависит от концентрации активных форм и химической формы элемента [5]. Наиболее высокая токсичность алюминия проявляется при рН менее 4 [1]. Мнения ученых о значении алюминия в жизни растений сильно расходятся. Среди большого числа негативных отзывов встречаются высказывания о пользе данного элемента в низких концентрациях [6, 7].

Взаимодействие растения и почвы во многом обусловлено биологическими особенностями культур, которые по отношению к эдафическому стрессу можно отнести к следующим группам: высокочувствительные; умеренно чувствительные; слабочувствительные; удовлетворительно переносящие высокую кислотность, но не нуждающиеся в известковании [8]. Озимая рожь (*Cecale cereale* L.) относится к группе слабочувствительных и более стабильно, чем другие зерновые культуры, формирует урожайность в условиях кислой почвенной среды. Тем не менее, эдафический стресс снижает зимостойкость, регенерационную способность после поражения снежной плесенью и основные морфо-биологические показатели, что существенно влияет на уровень урожайности [9].

Разнообразие почвенно-климатических условий регионов России является определяющим фактором в селекции сельскохозяй-

ственных культур. Решается сложная задача по обеспечению стабильной урожайности сорта за счет адаптивности, биологической устойчивости, приспособленности к условиям региональных особенностей [10]. Актуальным направлением селекции в зоне неустойчивого северного земледелия России, где преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы с низким уровнем естественного плодородия, является создание кислото- и алюмотолерантных сортов [11], что является самым рациональным способом снижения негативного влияния почвенного стресса на растения [12].

Создание сортов озимой ржи, устойчивых к региональным биотическим и абиотическим стрессорам северного земледелия, определяет современное направление в селекционных программах ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Целенаправленные научные исследования были начаты в конце 80-х годов с использованием метода клеточной селекции. Позднее для изучения исходного материала, возможностей внутривидового отбора и выявления влияния алюмокислого стресса на основные показатели продуктивности растений и урожайность сортов озимой ржи был задействован естественный комплексный провокационный фон (повышенное содержание  $H^+$  и  $Al^{3+}$ ; эпифитотийное развитие розовой снежной плесени *Microdochium nivale*).

**Цель исследований** – разработать схему селекционного процесса по созданию кислото- и алюмотолерантных сортов озимой ржи, создать сорт озимой ржи, толерантный к эдафическому стрессу и адаптированный к условиям Северо-Востока европейской части России.

**Материал и методы.** Исследования проведены в 1991-2019 гг. на экспериментальных полях ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в двух эколого-географических точках (г. Киров и п. Фаленки). Кислотоустойчивый сорт

Кипрез создан методом многократных рекуррентных отборов резистентных биотипов на естественном провокационном фоне по кислото- и алюмоустойчивости. Исходным материалом послужил сорт Кировская 89, включенный в Государственный реестр селекционных достижений с 1993 г. с допуском к использованию в производстве по Северному, Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам РФ. Метод создания сорта Кировская 89 – отборы из сложного гибрида доноров устойчивости к листовостебельным заболеваниям с высокозимостойким сортом Вятка 2. Сочетание генотипов позволило получить сорт, характеризующийся зимостойкостью, адаптивностью, полевой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине, с потенциальной урожайностью 8,0 т/га.

Формирование толерантного сорта Кипрез проходило в естественных условиях жесткого провокационного эдафического фона (п. Фаленки). Показатели опытного алюмокислого участка: содержание ионов  $Al^{3+}$  – 25,5-26,7 мг/100 г почвы; подвижного фосфора – 72-108 мг/кг; обменного калия – 78-100 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 3,6-3,8. В конкурсном сортоиспытании сорт изучался на неоднородных по плодородию и механическому составу почвах, что позволило выявить его адаптивные возможности. Агрохимическая характеристика почвы конкурсного сортоиспытания соответствует оптимальным параметрам для возделывания озимой ржи: содержание гумуса – 2,43-3,56 %; содержание подвижного фосфора – 334-349 мг/кг; обменного калия – 232-304 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,3-5,7;  $Al^{3+}$  – 5,0-6,5 мг/100 г почвы (слабокислый фон).

Погодные условия за период изучения различались во все фазы развития растений, создавая возможность для разносторонней оценки материала.

Исследования проведены в соответствии с методическими указаниями<sup>1</sup> и методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур<sup>2</sup>. Статистическая обработка результатов проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов<sup>3</sup> с использованием Пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа

в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.), Microsoft Office Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Метод периодического отбора базируется на широкой вариабельности биотипов в популяции сорта по устойчивости к эдафическому стрессу и позволяет повысить концентрацию резистентных растений в исходной популяции. По сравнению с методом клеточной селекции в создании кислотоустойчивых сортов полевой метод является наиболее трудоемким и длительным по времени, поэтому не находит широкого практического применения. Однако его преимущество заключается в использовании естественного почвенного стресса в сочетании с воздействием неблагоприятных внешних факторов среды, что особенно актуально для озимых культур. В этой связи использование жесткого естественного провокационного почвенного фона в селекционных программах ФАНЦ Северо-Востока является обязательным и результативным.

Создание сорта Кипрез было начато в 1991 г. с посева исходного сорта Кировская 89 с богатой генетической основой на провокационный участок с повышенной кислотностью почвы и наличием ионов алюминия. Токсичность ионов алюминия начинает проявляться уже с момента появления всходов. Особенной чувствительностью к эдафическому стрессу характеризуется корневая система, отвечая изменением минерального питания, дыхания, поглощения и перемещения воды [13]. В результате нарушаются физиологические процессы в растении, снижается содержание хлорофилла, растения истощаются, хуже переносят неблагоприятные условия перезимовки. Поражение ослабленных растений ржи снежной плесенью после разрушения снежного покрова, которое составляет 90-100 % ежегодно, снижает их способность к весенней регенерации и часто приводит к полной гибели посевов. Такой благоприятный для отборов уникальный естественный провокационный фон позволил весной 1992 г. выявить наиболее жизнестойкие растения, отвечающие задачам селекции по основным параметрам. Отобранные с учетом габитуса, кустистости, размеров и формы листовой пластинки лучшие растения (500 штук) были пересажены на изолированный участок.

<sup>1</sup>Методические указания по селекции и семеноводству озимой ржи. М., 1980. 96 с.

<sup>2</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1983. Вып. 1. 230 с.

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Колос, 1979. 336 с.

До цветения растений, что строго соблюдается для перекрестноопыляемых культур, проведена первая негативная браковка среди отобранного материала и вторая – перед уборкой. В лабораторных условиях проведен анализ по качеству зерна. Далее семена от лучших растений с использованием метода половинок были высеяны для изучения на естественном фоне эдафической провокации и поражения снежной плесенью. На следующий год проведены полевые оценки по зимостойкости, продуктивной кустистости, устойчивости к полеганию, поражению болезнями (выбраковка составила 35 %) и лабораторного анализа по качеству зерна (выбраковано 26 % семей). Родоначальные половинки лучших семей были объединены в популяцию Кипрез.

За период с 1995 по 2013 г. проведено размножение популяции на провокационном

фоне и 5 циклов негативного отбора, при которых улучшение исходной популяции достигалось путем удаления нежелательных форм растений. Одновременно материал проходил изучение в конкурсном сортоиспытании на двух почвенных фонах: слабокислом и алюмокислом.

Динамика урожайности сформированной популяции Кипрез в провокационных условиях представлена по циклам отборов (табл. 1). Превышение урожайности новой популяции после первого цикла отбора над исходным сортом Кировская 89 составило 12,6 % (0,33 т/га). Последующие два цикла отборов способствовали повышению урожайности на 19,5 и 29,3 %. Положительная динамика отмечена до третьего цикла, при дальнейшем отборе значимого эффекта не выявлено.

**Таблица 1 – Эффективность негативного отбора при создании новой популяции Кипрез в условиях эдафического стресса /**

**Table 1 – Effectiveness of negative selection in creating a new Kiprez population in conditions of edaphic stress**

Цикл отбора (годы изучения) / Selection cycle (years of studies)	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	± к исходному сорту Кировская 89, т/га (отклонение, %) / ± to initial cv. Kirovskaya 89, t/ha (deviation, %)	± к стандарту Фаленская 4, т/га (отклонение, %) / ± to standard Falenskaya 4, t/ha (deviation, %)
1 – (1995-1997)	2,94	+0,33 (12,6)	-0,49 (14,3)
2 – (1998-2000)	3,99	+0,65 (19,5)	-0,13 (3,2)
3 – (2001-2003)	2,87	+0,65 (29,3)	+0,32 (12,5)
4 – (2004-2006)	3,52	+0,67 (23,5)	-0,16 (4,4)
5 – (2007-2009)	3,52	+0,73 (26,2)	+0,21 (6,3)
6 – (2010-2013)	3,18	+0,68 (27,2)	+0,03 (1,0)

Отбор на устойчивость к эдафическому стрессу затронул и другие селекционно-ценные признаки. Перспективная популяция Кипрез прошла исключительный отбор по выносливости к неблагоприятным факторам перезимовки, т. к. ослабленные повышенной кислотностью почвы растения в период осен-

ней вегетации не выдерживали инфекционной нагрузки снежной плесени и погибали весной.

Анализ урожайных данных и зимостойкости популяции Кипрез на слабокислом фоне в сравнении с исходным сортом Кировская 89, стандартами Вятка 2 и Фаленская 4 представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Изучение популяции Кипрез в условиях слабокислого фона\* /**

**Table 2 – Study of the Kiprez population on a weakly acidic background**

Основные показатели / The main indicators	Кипрез / Kiprez	Стандарт / Standard	Кировская 89 / Kirovskaya 89	HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>
1998-2000 гг. (стандарт Вятка 2 / Vyatka 2 standard)				
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	4,49	4,34	3,77	0,35
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	95	98	78	12
2007-2009 гг. (стандарт Фаленская 4 / Falenskaya 4 standard)				
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	5,47	5,36	4,54	0,44
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	95	95	72	13

\* слабокислый фон – pH – 5,4; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 31,6; K<sub>2</sub>O – 15,4 мг/100 г почвы /

\*slightly acidic background – pH – 5.4; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 31.6; K<sub>2</sub>O – 15.4 mg/100 g soil

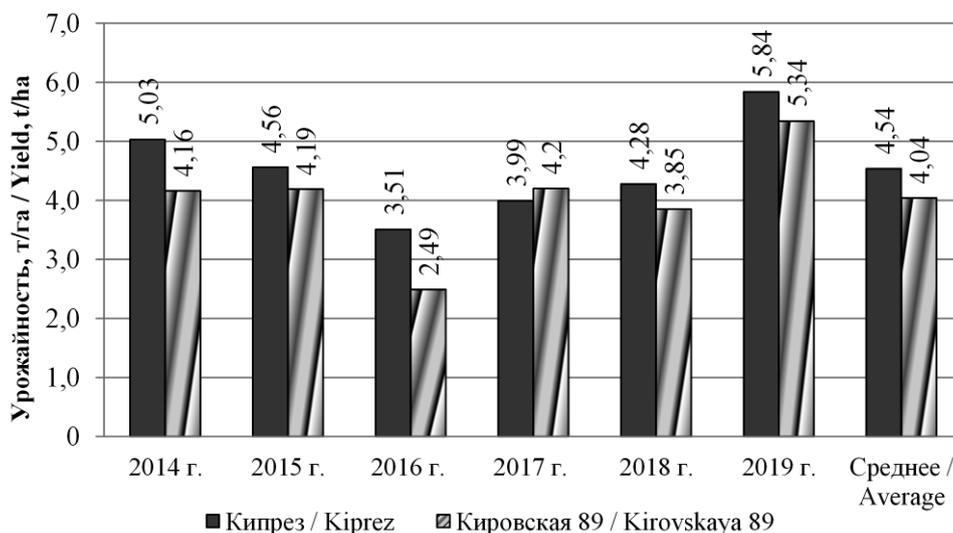
Экспериментальные данные показали, что при изучении в 1998-2000 гг. новая популяция по урожайности достоверно превысила исходный сорт Кировская 89 на 0,72 т/га (19,1%). Полученное превосходство связано с повышенной способностью растений отрастать весной после поражения посевов снежной плесенью. При этом урожайность и зимостойкость популяции Кипрез была на уровне адаптивного стандарта Вятка 2. Аналогичная закономерность прослеживалась и в более поздний период изучения в сравнении со стандартом Фаленская 4 (2007-2009 гг.).

Для улучшения нового сорта с 2010 г. проводили дополнительные индивидуально-родовые отборы и парные скрещивания, которые позволили дополнительно отработать некоторые селекционно-важные показатели, в т. ч. выравненность стеблестоя. Лучшие потомства парных скрещиваний (159 потомств) были объединены в популяцию, которую далее размножали в условиях эдафического стресса с обязательным проведением негативных браковок до фазы цветения и отборов лучших элит перед уборкой. В результате многолетних целенаправленных селекционных изысканий

создан первый в стране кислото- и алюмотолерантный сорт озимой ржи Кипрез.

Сорт Кипрез (разновидность *vulgare*) имеет доминантно-моногоенный тип короткостебельности. Относится к группе короткостебельных сортов с высотой стебля 93-113 см, при данном показателе у исходного сорта Кировская 89 – 100-120 см. По продолжительности вегетационного периода относится к группе среднепоздних сортов. Характеризуется промежуточной формой куста, прочным стеблем, темно-зеленым листом с восковым налетом в период кушения, серовато-желтым призматическим колосом длиной 10-11 см, массой 1000 зерен 27,5-30,5 г.

С 2014 г. новый сорт проходил изучение в конкурсном испытании на провокационном фоне и на нейтральном фоне в двух эколого-географических точках. На нейтральном фоне (г. Киров) урожайность сорта Кипрез ежегодно была на уровне стандарта Фаленская 4. Исходный сорт Кировская 89 уступал сорту Кипрез по урожайности на 0,37-1,02 т/га (рис.). Исключением являлся 2017 г., когда условия весенней вегетации воспрепятствовали сильному развитию снежной плесени и потенциал весеннего развития сортов сравнялся.



**Рис. Урожайность сорта Кипрез в сравнении с исходным сортом Кировская 89 на нейтральном почвенном фоне (г. Киров) /**

**Fig. Yield of cv. Kiprez in comparison with the initial cv. Kirovskaya 89 on a neutral soil background (Kirov)**

На Фаленской селекционной станции конкурсное сортоиспытание проведено на двух почвенных фонах. В условиях слабокислого почвенного фона урожайность сорта Кипрез во все годы превышала исходный сорт на 0,39-1,97 т/га (8,9-62,7%) и находилась на

уровне стандарта Фаленская 4 (исключение составлял 2014 г.). В условиях эдафической провокации подтвердилось стабильное преимущество нового сорта по урожайности. Средняя прибавка к стандарту составила 0,64 т/га, к сорту Кировская 89 – 1,91 т/га (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сорта Кипрез на двух почвенных фонах, т/га (п. Фаленки) / Table 3 – Yield of cv. Kiprez on two soil backgrounds, t/ha (Falenki)

Год испытания / Years of test	Кипрез / Kiprez	Фаленская 4 / Falenskaya 4	Кировская 89 / Kirovskaya 89	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>
		± к сорту Кипрез / ± to cv. Kiprez		
Слабокислый фон* / Slightly acidic background				
2014	5,11	4,29 (-0,82)	3,14 (-1,97)	0,46
2015	4,30	4,30 (0)	3,78 (-0,52)	0,27
2016	4,14	4,21 (+0,07)	3,61 (-0,53)	0,53
2017	3,64	3,75 (+0,11)	3,25 (-0,39)	0,43
2018	5,91	5,80 (-0,11)	5,26 (-0,65)	0,40
2019	5,03	5,42 (+0,39)	4,62 (-0,41)	0,49
Среднее / Average	4,69	4,63	3,94	0,41
Провокационный фон** / Provocative background				
2014	4,52	2,60 (-1,92)	1,29 (-3,23)	0,14
2015	3,92	3,61 (-0,31)	3,10 (-0,82)	0,27
2016	3,88	3,37 (-0,51)	2,38 (-1,50)	0,23
2017	2,61	2,38 (-0,23)	0,57 (-2,04)	0,33
2018	4,17	3,20 (-0,97)	1,08 (-3,09)	0,46
2019	4,14	4,21 (+0,07)	3,31 (-0,83)	0,53
Среднее / Average	3,87	3,23	1,96	0,74

\* Содержание подвижного фосфора – 334-349 мг/кг; обменного калия – 232-304 мг/кг почвы; pH солевой вытяжки – 5,3-5,7; Al<sup>3+</sup> – 5,0-6,5 мг/100 г почвы / Content of mobile phosphorus – 334-349 mg/kg; exchangeable potassium – 232-304 mg/kg; pH of salt extract – 5.3-5.7; Al<sup>3+</sup> – 5.0-6.5 mg/100g of soil

\*\*Содержание подвижного фосфора – 72-108 мг/кг; обменного калия – 78-100 мг/кг почвы; pH солевой вытяжки – 3,6-3,8; содержание ионов Al<sup>3+</sup> – 25,5-26,7 мг/100 г почвы / Content of mobile phosphorus – 72-108 mg/kg; exchangeable potassium – 78-100 mg/kg; pH of salt extract – 3.6-3.8; content of Al<sup>3+</sup> ions 25.5-26.7 mg/100g of soil

В результате анализа элементов продуктивности изучаемых сортов, выращенных на разных почвенных фонах, выявлено, что условия эдафического стресса в меньшей степени влияют на параметры колоса. Потеря урожайности происходит за счет снижения регенерационной способности и продуктивной кустистости растений: у сорта Кипрез на 15 и 10 %; стандарта Фаленская 4 – 26 и 28 %; исходного сорта Кировская 89 – 46 и 43 % соответственно. Сорт Кипрез, имея минимальную степень депрессии элементов в условиях провокации, способен формировать стабильную урожайность на низкоплодородных кислых почвах.

Как отмечалось ранее, действие на растения одним видом стресса делает его устойчивым к другим экстремальным факторам. Установлено, что алюмо- и кислототолерантные формы озимых культур характеризуются устойчивостью к неблагоприятным факторам перезимовки [12]. В наших исследованиях

в результате изучения сорта Кипрез дополнительно выявлено сочетание алюмо- и кислотостойкости сорта с засухоустойчивостью. В 2014 г., когда в фазу налива и формирования зерна в центральной зоне Кировской области в июле отмечался острый дефицит влаги (осадков выпало 31 % от нормы), в первой эколого-географической точке (г. Киров) сорт Кипрез был лучшим по урожайности среди 29 сортов в опыте. Достоверное превышение урожайности к стандарту Фаленская 4 отмечено и в условиях Фаленской селекционной станции (п. Фаленки) на слабокислом (+0,82 т/га) и провокационном (+1,92 т/га) фонах, к сорту Кировская 89 – на 1,97 и 3,23 т/га соответственно.

Анализ хлебопекарных качеств зерна по признаку «число падения» за 2013-2015 гг. показал, что сорт Кипрез имеет показатели на уровне стандарта Фаленская 4 (соответствует 2 классу качества) и превышает исходный сорт Кировская 89. По показателю «натура зерна»

новый сорт превышает базисную норму по ГОСТ 16990-88 «Рожь. Требования при заго-

товках и поставках». Основные характеристики сорта Кипрез представлены в таблице 4.

*Таблица 4 – Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой ржи Кипрез (2014-2016 гг.)/  
Table 4 – Economic and biological characteristics of winter rye cv. Kiprez (2014-2016)*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Кипрез / Kiprez</i>	<i>Фаленская 4 / Falenskaya 4</i>	<i>Кировская 89 / Kirovskaya 89</i>
Высота растений, см / Plant height, cm	106	105	112
Устойчивость к полеганию, балл / Lodging resistance, points	7,4	7,0	7,0
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	88	89	84
Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g	29,4	28,5	32,2
Число падения, с / Falling number, sec	145	148	113
Нагура зерна, г/л / Nest weight, g/l	727	737	707
Высота амилограммы, е. а. / Height of amylogram, e. a.	445	548	383
Общая хлебопекарная оценка, балл / Total bakery score, points	3,6	3,6	3,5

По результатам иммунологической оценки сорт Кипрез характеризуется высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью (85-95 %), средней полевой устойчивостью к видам ржавчины и мучнистой росе.

Определяющие показатели коммерческой выгоды возделывания сорта Кипрез следующие: высокая алюмо- и кислотоустойчивость, зимостойкость, продуктивность, устойчивость к полеганию и поражению снежной плесенью, хорошие хлебопекарные качества.

Предполагаемый экономический эффект от использования нового сорта рассчитан по данным урожайности конкурсного сортоиспытания 2014-2016 гг. Чистый доход от возделывания сорта Кипрез на низкоплодородных кислых почвах составил 9234 руб/га, что выше стандарта Фаленская 4 на 2030 руб/га. Общая рентабельность при внедрении сорта – 61 %, стандарта – 48 %. Повышенная устойчивость к полеганию дополнительно снижает энергозатраты при уборке. В условиях нейтральных почв рентабельность сорта Кипрез получена на уровне стандарта Фаленская 4.

**Заключение.** На основании проведенных исследований в ФАНЦ Северо-Востока разработана схема селекционного процесса с применением периодического направленного отбора в

естественных полевых условиях жесткого провокационного фона. Несмотря на трудоемкость и длительность проведения отбора на естественном провокационном фоне по кислотности почвы и патогенной инфекции данный метод является результативным в селекции озимой ржи, так как позволяет создавать сорта, сочетающие алюмо- и кислототолерантность с высокой зимостойкостью, обеспечивая формирование стабильной урожайности зерна в условиях нерегулируемых факторов среды.

Создан первый в стране алюмотолерантный сорт озимой ржи Кипрез, сочетающий высокую устойчивость к кислым почвам с комплексом хозяйственно полезных признаков. Сорт рекомендован для возделывания на низкоплодородных почвах, что важно для условий северного земледелия. Получен патент на селекционное достижение<sup>4</sup>.

Внедрение в производство кислотоустойчивого сорта озимой ржи Кипрез, максимально адаптированного к условиям Северо-Востока европейской части России, является экономически выгодным, так как позволяет практически расходовать производственные ресурсы и с наименьшими затратами получать стабильные урожаи зерна на почвах с низким плодородием в сложных климатических условиях.

<sup>4</sup>Кедрова Л. И., Савельев Ю. П., Уткина Е. И., Шляхтина Е. А., Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Микрюкова Л. М., Новикова Е. Я. Рожь озимая Кипрез: пат. на селекционное достижение № 10734 (Российская Федерация). №70449: заявл. 14.11.2016; опубл. 02.12.2019.

*Список литературы*

1. Яковлева О. В. Фитотоксичность ионов алюминия. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018;179(3):315-331. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36808596>
2. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв. Земледелие. 2019;(4):3-7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskie-osnovy-himicheskoy-melioratsii-pochv/viewer>
3. Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(67(6)):17-25. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
4. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. Земледелие. 2016;(8):16-18. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnykh-kirovskoy-oblasti-pochv/viewer>
5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils. *Frontiers in plant science*. 2017;(8):1767. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>
6. Schmitt M., Boras S., Tjoa A., Watanabe T., Jansen S. Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three arbor aluminosa (*Symplocos*) species from Central Sulawesi. *PLOS ONE*. 2016; (11):e0149078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149078>
7. Pilon-Smits E. A. H., Quinn C. F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M. Physiological functions of beneficial elements. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009; (12): 267-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>
8. Югай А. М. Эффективность производства и уровень кислотности почв. Вестник АПК Верхневолжья. 2015;(4(32)):3-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25805965>
9. Шляхтина Е. А., Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Влияние почвенно-климатических условий на зимостойкость и урожайность озимой ржи. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;(2(22)):111-115. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29331855>
10. Семирханова О. Н., Петрякова С. Ю. Обоснование направлений развития сельскохозяйственного предприятия на инновационной основе. *Инновационная наука*. 2015;(1(3)):183-185. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23161080>
11. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Shirokikh I. G. Creation of Barley Genotypes with Complex Resistance to Edaphic Stresses by Methods of Cell Culture. *Russian Agricultural Sciences*. 2015;41(4):102-106. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106836741502024X>
12. Карманенко Н. М. Сортовая реакция зерновых культур на низкие температуры, условия закисления и ионы алюминия. *Сельскохозяйственная биология*. 2014;49(5):66-77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22488366>
13. Лисицын Е. М. Показатели развития корневых систем в эдафической селекции ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018; (2(26)):66-71. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35034143>

*References*

1. Yakovleva O. V. *Fitotoksichnost' ionov alyuminiya*. [Phytotoxicity of aluminum ions]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2018;179(3):315-331. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36808596>
2. Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. *Agroekologicheskie osnovy khimicheskoy melioratsii pochv*. [Agroecological foundation of chemical amelioration of soils]. *Zemledelie*. 2019;(4):3-7. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskie-osnovy-himicheskoy-melioratsii-pochv/viewer>
3. Kedrova L. I., Utkina E. I. *Vliyanie pochvennoy kislotnosti na urozhaynost' ozimoy rzhi i vozmozhnosti edaficheskoy seleksii*. [The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibility of edaphic selection]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(67(6)):17-25. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
4. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pahotnykh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plodorodie-pahotnykh-kirovskoy-oblasti-pochv/viewer>
5. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C, Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M. Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils. *Frontiers in plant science*. 2017;(8):1767. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>
6. Schmitt M., Boras S., Tjoa A., Watanabe T., Jansen S. Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three arbor aluminosa (*Symplocos*) species from Central Sulawesi. *PLOS ONE*. 2016; (11):e0149078. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149078>
7. Pilon-Smits E. A. H., Quinn C. F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M. Physiological functions of beneficial elements. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009; (12): 267-274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>
8. Yugay A. M. *Effektivnost' proizvodstva i uroven' kislotnosti pochv*. [Production efficiency and level of acidity of soils]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2015;(4(32)):3-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25805965>
9. Shlyakhtina E. A., Utkina E. I., Kedrova L. I. *Vliyanie pochvenno-klimaticheskikh usloviy na zimostoykost' i urozhaynost' ozimoy rzhi*. [Influence of soil-and-climatic conditions on winter rye productivity winter hard]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2017;(2(22)):111-115. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29331855>

10. Semirkhanova O. N., Petryakova S. Yu. *Obosnovanie napravleniy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya na innovatsionnoy osnove*. [Substantiation of the development of an agricultural enterprise on an innovative basis. In-innovation science]. *Innovatsionnaya nauka*. 2015;(1(3)):183-185. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23161080>

11. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Shirokikh I. G. Creation of Barley Genotypes with Complex Resistance to Edaphic Stresses by Methods of Cell Culture. *Russian Agricultural Sciences*. 2015;41(4):102-106. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106836741502024X>

12. Karmanenko N. M. *Sortovaya reaktsiya zernovykh kul'tur na nizkie temperatury, usloviya zakisleniya i iony alyuminiya*. [Response to low temperature, soil acidification and aluminium in the varieties of cereal crops]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2014;49(5):66-77. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22488366>

13. Lisitsyn E. M. *Pokazateli razvitiya kornevykh sistem v edaficheskoy selektsii yachmenya*. [Indexes of root system development for barley edaphic breeding]. *Zernobovoye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2018; (2(26)):66-71. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35034143>

#### **Сведения об авторах**

✉ **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: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: [utkina.e.i@mail.ru](mailto:utkina.e.i@mail.ru)

**Кедрова Лидия Ивановна**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и первичного 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: <http://orcid.org/0000-0001-9840-860X>

**Шляхтина Елена Анатольевна**, мл. научный сотрудник лаборатории селекции и первичного 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: <http://orcid.org/0000-0003-2600-3042>

**Парфенова Елена Сергеевна**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и первичного 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: <http://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

**Набатова Наталья Александровна**, мл. научный сотрудник лаборатории селекции и первичного 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: <http://orcid.org/0000-0002-3845-0168>

**Шамова Марина Геннадьевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного 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: <http://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

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

✉ **Elena I. Utkina**, DSc in Agricultural science, leading researcher, 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: <http://orcid.org/0000-0001-5650-6906>, e-mail: [utkina.e.i@mail.ru](mailto:utkina.e.i@mail.ru)

**Lidiya I. Kedrova**, DSc in Agricultural science, chief researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0001-9840-860X>

**Elena A. Shlyakhtina**, junior researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0003-2600-3042>

**Elena S. Parfenova**, PhD in Agricultural science, Head of the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0001-8919-4056>

**Natalya A. Nabatova**, junior researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0002-3845-0168>

**Marina G. Shamova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Winter Rye Breeding and Primary Seed Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0003-4991-1510>

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Влияние погодных условий на продолжительность вегетационного периода и продуктивность гороха

© 2020. С. С. Пислегина ✉, С. С. Четвертных

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

В период с 2012 по 2019 год в условиях Кировской области проведены исследования по изучению влияния гидротермических факторов (температура, осадки) на продолжительность вегетационного периода гороха, урожайность и составляющие её элементы продуктивности. Объектами исследования служили 3 сорта гороха различного морфотипа селекции Фалёнской селекционной станции (Фалёнский юбилейный, Рябчик, Фалёнский усатый). Погодные условия за время проведения исследований были контрастными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Наиболее благоприятные условия для вегетации гороха сложились в 2014 и 2015 гг., неблагоприятные – в 2013, 2016 и 2018 гг. Для изучения влияния погодных условий на продолжительность вегетационного и межфазных периодов, урожайность и показатели элементов продуктивности гороха был проведён корреляционный анализ. Установлено, что на длительность периода вегетации в большей степени повлиял режим увлажнения ( $r = 0,71...0,76$ ), влияние температурного режима было не существенным. Наиболее высокая урожайность зерна у всех сортов получена в 2014 г. (5,5...6,4 т/га), наиболее низкая – в 2013 г. (1,9...2,3 т/га) и 2018 г. (1,3...2,5 т/га). Отмечена тесная корреляционная зависимость урожайности с продолжительностью периода «цветение-созревание» ( $r = 0,77...0,86$ ) и вегетационного периода в целом ( $r = 0,72...0,87$ ). В большей степени на урожайность сорта Фалёнский юбилейный оказали влияние осадки за вегетационный период ( $r = 0,70$ ), у сортов Рябчик и Фалёнский усатый значимой корреляционной зависимости между данными признаками не наблюдалось. Гидротермические условия не оказали существенного влияния на формирование элементов продуктивности (кроме массы 1000 семян). Урожайность сорта Фалёнский юбилейный зависела от числа фертильных узлов ( $r = 0,86$ ), числа бобов ( $r = 0,88$ ), числа зёрен ( $r = 0,94$ ) и массы семян с растения ( $r = 0,85$ ).

**Ключевые слова:** *Pisum L.*, гидротермические факторы, урожайность, элементы продуктивности, корреляция

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема №0528-2019-0097).

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

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

**Для цитирования:** Пислегина С. С., Четвертных С. С. Влияние погодных условий на продолжительность вегетационного периода и продуктивность гороха. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):521-530. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.521-530>

Поступила: 03.03.2020

Принята к публикации: 25.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Influence of weather conditions on the duration of the growth season and yield of peas

© 2020. Svetlana S. Pislegina ✉, Svetlana A. Chetvertnykh

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

During the period from 2012 to 2019 in the conditions of the Kirov region there were some studies aimed at investigating the influence of hydrothermal factors (temperature, precipitation) on the duration of pea growth season, yield and constituent elements of yield productivity. The study objects were 3 pea varieties of different morphotypes bred by the Falenki Breeding Station (Falenskiy yubileynyy, Ryabchik, Falenskiy usatyy). The weather conditions during the research were contrasting in temperature regime and the amount of precipitation. The most favourable conditions for pea growth season were in 2014 and 2015, adverse conditions were in 2013, 2016 and 2018. The correlation analysis was undertaken to study the influence of weather conditions on the duration of the growth and interphase periods, yield and indicators of productivity elements of peas. It has been established that the duration of the growth season was largely influenced by the moisture regime ( $r = 0.71...0.76$ ), the influence of the temperature regime was not significant. The highest grain yield of all varieties was obtained in 2014 (5.5...6.4 t/ha), the lowest in 2013 (1.9...2.3 t/ha) and in 2018 (1.3...2.5 t/ha). There was a close correlation dependence of the yield and the duration of the "flowering-ripening" period ( $r = 0.77...0.86$ ) and the growth season in general ( $r = 0.72...0.87$ ). Precipitation during the growth season influenced mostly on the yield of the Falenskiy yubileynyy ( $r = 0.70$ ), Ryabchik and Falenskiy usatyy varieties had no significant correlation dependence between these characteristics. Hydrothermal conditions did not have significant effect on the productivity elements formation (except the mass of 1000 seeds). The significant influence on the yield formation of the Falenskiy yubileynyy variety was made by the number of rich pasture joints ( $r = 0.86$ ), number of beans ( $r = 0.88$ ), number of grains ( $r = 0.94$ ) and the mass of seeds per plant ( $r = 0.85$ ).

**Keywords:** *Pisum L.*, hydrothermal factors, yield, elements of productivity, correlation

**Acknowledgment:** 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. 0528-2019-0097).

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

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

**For citations:** Pislegina S. S., Chetvertnykh S. A. Influence of weather conditions on the duration of the growth season and the yield of peas. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):521-530. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.521-530>

Received: 03.03.2020

Accepted for publication: 25.09.2020 Published online: 22.10.2020

Горох (*Pisum* L.) – важнейшая продовольственная и кормовая культура в Российской Федерации. В зерне гороха содержится 20-35 % белка, отличающегося высокой биологической ценностью (74-85 %). Белок гороха легко усваивается человеком и животными, содержит почти все незаменимые аминокислоты (кроме метионина), а по содержанию лизина значительно превосходит другие зернобобовые культуры. Горох содержит в своём составе большое количество витаминов (А, В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, С, РР и др.) и микроэлементов (железо, магний, кальций, селен и др.). Вегетативная масса и солома гороха также обладают высокими кормовыми достоинствами: содержание сырого протеина в перерасчёте на сухое вещество достигает 25 %, в соломе – 7,5 % [1, 2, 3].

В системе семеноводства горох имеет большое агротехническое значение, являясь одним из лучших предшественников под яровые и озимые хлеба. По сравнению с другими зернобобовыми культурами, в производственном отношении горох является менее затратным и более приспособленным к различным условиям среды [4].

Благодаря высокой пластичности, холодоустойчивости и наличию большого количества сортов, горох имеет широкий ареал распространения и возделывается в большинстве регионов РФ [5]. В структуре производства зернобобовых культур на его долю приходится 74 % [6]. При этом несмотря на спад объёмов производства гороха в конце прошлого века, в настоящее время наблюдается постепенное наращивание посевных площадей под данной культурой. Так, в период с 2016 по 2018 год производство гороха в России увеличилось в 1,5 раза и достигло 3,3 млн тонн [7]. Основные посевные площади, занятые под горохом, находятся в Центрально-Чернозёмном, Северо-Кавказском, Средневолжском, Волго-Вятском, Северо-Западном, Восточно-Сибирском регионах. Лидирующее положение по посевам занимают Ставропольский край (139 тыс. га), Алтайский край (100 тыс. га) и Ростовская область (82 тыс. га) [8].

Однако для рационального развития сельского хозяйства посевных площадей, занятых под горохом в настоящее время, недостаточно [7]. Несмотря на высокую ценность, по валовому сбору зерна горох значительно уступает зерновым злаковым культурам. Основной причиной, сдерживающей производство гороха, является его зависимость от гидротермических факторов, причём влияние неблагоприятных погодных условий сказывается как на развитии вегетативной части растений, так и на урожайности и содержании белка [9]. Формирование продуктивности гороха происходит под влиянием ряда факторов: гидротермические условия, технология возделывания, а также индивидуальная реакция сортов на эти условия, обусловленная взаимодействием генотипа и условий среды [10, 11]. Негативное влияние на развитие растений гороха и получение высоких урожаев оказывают как высокие среднесуточные температуры и избыточное количество осадков, так и недостаток тепла и влаги. По данным исследователей, оптимальный уровень ГТК для гороха составляет 1,2-1,3 [12, 13].

В решении проблемы повышения урожайности и качества зерна ключевая роль принадлежит сорту, поэтому создание современных конкурентоспособных сортов гороха может стать фундаментом для стабильного сбалансированного кормопроизводства [14, 15]. Исследование влияния гидротермических факторов на урожайность и показатели элементов продуктивности является важным этапом в селекции новых адаптивных сортов гороха.

**Цель исследований** – определить степень влияния гидротермических факторов (температура, осадки) на продолжительность вегетационного периода, формирование урожайности и элементов продуктивности сортов гороха в условиях Кировской области.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2012-2019 гг. на опытном поле Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатиче-

ской зоны Кировской области). Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, минеральный фон – N32P32K32, предшественник – картофель. Объектами исследований служили сорта гороха конкурсного сортоиспытания: Фалёнский юбилейный (листочковый, среднестебельный, белоцветковый), Рябчик (листочковый, среднестебельный, окрашеноцветковый), Фалёнский усатый (усатый, укороченостебельный, белоцветковый). Посев проводили в I-II декаде мая сеялкой ССФК-7, уборку – в фазу полной спелости комбайном «САМПО-130». Норма высева 1,2 млн всхожих семян на 1 га. Учётная площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Агротехника общепринятая для селекции и семеноводства гороха в данной агроклиматической зоне.

Наблюдения и учёты проводили согласно методическим указаниям Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур<sup>1</sup>. Исследуемые образцы оценивали по продолжительности периода вегетации и составляющих его фаз. В лабораторных условиях проведён биометрический анализ количественных признаков по следующим параметрам: число продуктивных узлов, бобов и семян на растении; масса семян с растения; масса 1000 семян. Статистическую обработку данных дисперсионным и корреляционным анализами проводили с использованием пакета программ AGROS версия 2.07. Анализ погодных условий вегетационного периода проводили с использованием показателя ГТК по Селянину<sup>2</sup> (стандартный, общепринятый показатель).

Погодные условия 2012-2019 гг. контрастно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков в период вегетации гороха. Наиболее благоприятные условия для развития растений гороха и формирования высокой продуктивности сложились в 2014 и 2015 гг. Самыми засушливыми были 2013 и 2016 гг., когда количество выпавших осадков за вегетационный период составило 102 и 101 мм соответственно. Наибольшее количество осадков выпало в 2019 году. По температурному режиму самыми «жаркими» были 2016 и 2018 гг., когда среднесуточные температуры значительно превысили многолетние показатели, наиболее низкие среднесуточные температуры отмечены в 2017 и 2019 гг. (табл. 1). Сумма активных температур (выше +10 °C) в течение периода

вегетации находилась в пределах от 1106 °C (2012 г.) до 1458 °C (2014 г.), показатель ГТК варьировал от 0,62 (2013 г.) до 2,52 (2019 г.) (рис. 1).

Ураган, прошедший в июле 2017 г., стал причиной сильного полегания и массовой гибели растений гороха, что сильно отразилось на урожайности зерна, поэтому при оценке сортов учитывали только количественные признаки, определяющие продуктивность гороха, а также продолжительность вегетационного периода и составляющих его фаз. Данные по урожайности не учитывали в силу их необъективности.

**Результаты и их обсуждение.** Продолжительность вегетационного периода является одним из важнейших показателей при оценке сортов гороха. Длительность данного периода определяется не только генотипическими особенностями сорта, но и в большой степени зависит от погодных условий года.

Общая продолжительность вегетационного периода зависит в основном от длительности двух основных фаз: «всходы-цветение» и «цветение-созревание». В фазу «всходы-цветение» происходит нарастание вегетативной массы и развитие репродуктивных органов, в фазу «цветение-созревание» формируется число семян в бобе и происходит созревание зерна.

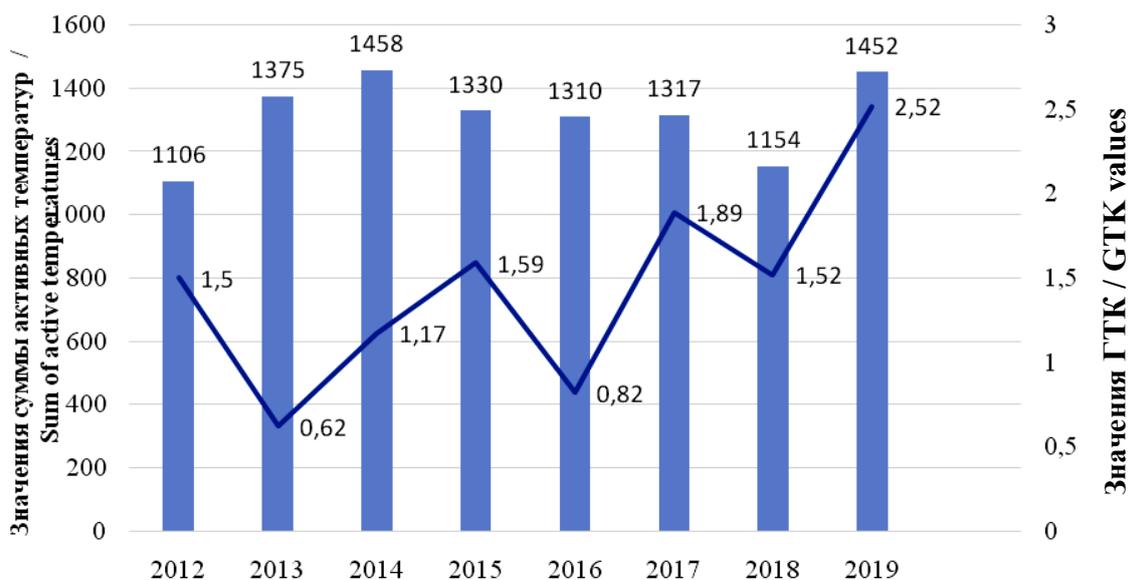
Длительность периода вегетации и межфазных периодов тем больше, чем ниже среднесуточные температуры в это время. В условиях Кировской области период «всходы-цветение» приходится на конец мая-июнь. В наших исследованиях продолжительность данного периода у изучаемых сортов варьировала в зависимости от погодных условий от 29 до 47 суток. Наиболее длительный период от всходов до цветения отмечен в 2014, 2017 и 2019 гг. при температуре 14,0-15,1 °C, минимальная продолжительность данной фазы отмечена в 2012 и 2013 гг. при температуре 17,3-18,4 °C. Период «цветение-созревание» у всех сортов имел значительное варьирование по годам и приходился на конец июля-август. Самые быстрые темпы развития гороха в этот период отмечены в 2013 и 2016 гг. при среднесуточной температуре июля 20,3 °C. Наиболее длительная фаза «цветение-созревание» отмечена в 2019 г. при температуре в июле-августе 15,9-13,0 °C.

<sup>1</sup>Методика госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. М., 1985. 240 с.

<sup>2</sup>Синицина Н. И., Гольцберг И. А., Струнников Э. А. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 23.

*Таблица 1 – Метеорологические условия по данным Фалёнской метеостанции (2012-2019 гг.) / Table 1 – Meteorological conditions according to the data of the Falenki meteorological observing station (2012-2019)*

Год / Years	Температура воздуха, °C / Air temperature, °C							
	май / may		июнь / june		июль / july		август / august	
	среднее / average	± к норме / to norm	среднее / average	± к норме / to norm	среднее / average	± к норме / to norm	среднее / average	± к норме / to norm
2012	9,6	-0,7	17,3	+1,3	19,1	+1,3	16,3	+1,6
2013	11,9	+1,7	18,4	+2,4	19,5	+1,8	17,4	+2,7
2014	14,4	+4,1	14,8	-1,2	15,5	-2,3	17,3	+2,6
2015	13,9	+3,7	18,0	+2,0	14,9	-2,9	13,4	-1,3
2016	13,1	+2,9	15,9	-0,1	20,3	+2,5	20,9	+6,2
2017	7,5	-2,7	14,0	-2,0	17,3	-0,5	16,6	+1,9
2018	10,6	+0,4	14,1	-1,9	20,3	+2,5	16,0	+1,3
2019	13,2	+3,0	15,1	-0,9	15,9	-1,9	13,0	-1,7
	Осадки, мм / Precipitation, mm							
	май / may		июнь / june		июль / july		август / august	
	за месяц / per month	± к норме / to norm	за месяц / per month	± к норме / to norm	за месяц / per month	± к норме / to norm	за месяц / per month	± к норме / to norm
2012	63,6	+17,6	95,1	+29,1	65,9	-11,1	122,3	+56,3
2013	26,2	-19,8	49,6	-16,4	47,9	-29,1	15,0	-51,0
2014	8,9	-37,3	108,0	+41,9	49,4	-27,5	82,5	+16,5
2015	31,0	+15,2	74,9	+8,8	80,4	+3,5	132,0	+66,0
2016	11,2	-35,0	15,6	-50,5	51,0	-25,9	32,2	-33,8
2017	58,9	+12,7	58,6	-7,5	158,9	+82,0	24,5	-41,5
2018	58,1	+11,9	77,2	+11,2	73,8	-3,1	44,3	-21,7
2019	33,0	-13,0	108,0	+42,0	75,3	-1,7	157,3	+91,3



*Рис. 1. Значения ГТК и суммы активных температур вегетационных периодов (2012-2019 гг.) / Fig. 1. Values of GTC and sum of active temperatures of the growth seasons (2012-2019)*

Гидротермические условия вегетации оказали влияние не только на длительность межфазных периодов, но и на соотношение их продолжительности. Так, в наиболее благоприятные по влагообеспеченности и температурному режиму годы (2012, 2014, 2015 гг., ГТК = 1,50, 1,17, 1,59 соответственно) и в условиях избыточного увлажнения (2017, 2019 гг., ГТК = 1,89 и 2,52) продолжительность фазы «цветение-созревание» была в среднем на 10-12 суток длиннее фазы «всходы-цветение».

В наиболее засушливые годы (2013, 2016 гг., ГТК = 0,62 и 0,82) наблюдалось обратное соотношение: период «цветение-созревание» был в среднем на 2-6 суток короче периода «всходы-цветение». В 2018 г. из-за высоких среднесуточных температур в июле-начале августа также произошло сокращение периода «цветение-созревание». Продолжительность вегетационного периода у исследуемых сортов, как и составляющие её фазы, также существенно различалась по годам (табл. 2).

**Таблица 2 – Продолжительность вегетационного и межфазных периодов у сортов гороха, сут (2012-2019 гг.) /**

**Table 2 – The duration of the growth and interphase periods of pea varieties, day (2012-2019)**

Год / Year	Фалёнский юбилейный / Falenskiy yubileynyy			Рябчик / Ryabchik			Фалёнский усатый / Falenskiy usatyy		
	всходы-цветение / seeds-flowering	цветение- созревание / flowering-ripening	всходы-созревание / seeds-ripening	всходы-цветение / seeds-flowering	цветение- созревание / flowering-ripening	всходы-созревание / seeds-ripening	всходы-цветение / seeds - flowering	цветение- созревание / flowering-ripening	всходы-созревание / seeds-ripening
2012	33	41	74	29	34	63	31	35	66
2013	35	29	64	31	26	57	32	29	61
2014	47	41	88	37	51	88	43	44	87
2015	35	51	86	31	43	74	33	41	74
2016	36	34	70	35	36	71	35	27	62
2017	41	46	87	36	44	80	38	46	84
2018	34	30	64	30	34	64	34	32	66
2019	36	55	91	41	51	92	41	49	90

Так, у сорта Фалёнский юбилейный вегетационный период составил 64-91 день (коэффициент вариации 14,4 %), у сорта Рябчик – 57-92 дня (коэффициент вариации 16,9 %), у сорта Фалёнский усатый – 61-90 дней (коэффициент вариации 13,6 %). Наиболее короткий вегетационный период у всех сортов отмечен в 2013 г., самый длительный – в 2019 г., когда количество выпавших осадков превысило в несколько раз средние многолетние показатели, при этом среднесуточная температура была значительно ниже многолетних значений.

Для изучения влияния погодных условий на продолжительность вегетационного периода и составляющих его фаз был проведён корреляционный анализ. Расчёт корреляционной связи показал, что наибольшее влияние гидротермические условия оказали на продолжительность периода «цветение-созревание»,

связь с периодом «всходы-цветение» была незначительной. На продолжительность вегетационного периода гороха более сильное влияние оказал режим увлажнения (табл. 3).

Урожайность зерна изучаемых сортов за годы исследований существенно различалась. Установлено, что наиболее высокая урожайность у всех сортов получена в годы со средними значениями температур и средним уровнем осадков. Максимальная урожайность получена в 2014 году, достаточно высокая урожайность получена в 2015 г. (рис. 2). В 2013, 2016 и 2018 гг. урожайность зерна была достаточно низкой. В годы с избыточным увлажнением (2012, 2019) отмечен средний уровень урожайности. У всех сортов отмечена высокая вариабельность урожайности по годам (CV = 38,4-59,4 %).

Таблица 3 – Зависимость продолжительности фаз развития растений сортов гороха от гидротермических условий вегетации (2012-2019 гг.) /

Table 3 – Dependence of the duration of development phases of pea varieties on the hydrothermal growth conditions (2012-2019)

Сорт / Variety	Период / Period	Коэффициент корреляции (r) / Correlation coefficient (r)		
		сумма активных температур / sum of active temperatures	количество выпавших осадков / amount of precipitation	ГТК / GTC
Фалёнский юбилейный / Falenskiy yubileynyy	Всходы-цветение / Seeds-flowering	-0,31	0,21	-0,04
	Цветение-созревание / Flowering-ripening	0,77*	0,72*	0,74*
	Всходы-созревание / Seeds-ripening	0,56	0,75*	0,67
Рябчик / Ryabchik	Всходы-цветение / Seeds-flowering	0,18	0,47	0,48
	Цветение-созревание / Flowering-ripening	0,83*	0,64	0,65
	Всходы-созревание / Seeds-ripening	0,67	0,71*	0,63
Фалёнский усатый / Falenskiy usatyy	Всходы-цветение / Seeds-flowering	-0,07	0,53	0,21
	Цветение-созревание / Flowering-ripening	0,74*	0,59	0,54
	Всходы-созревание / Seeds-ripening	0,60	0,76*	0,44

\* Значимо на 5% уровне / significant at 5% level.

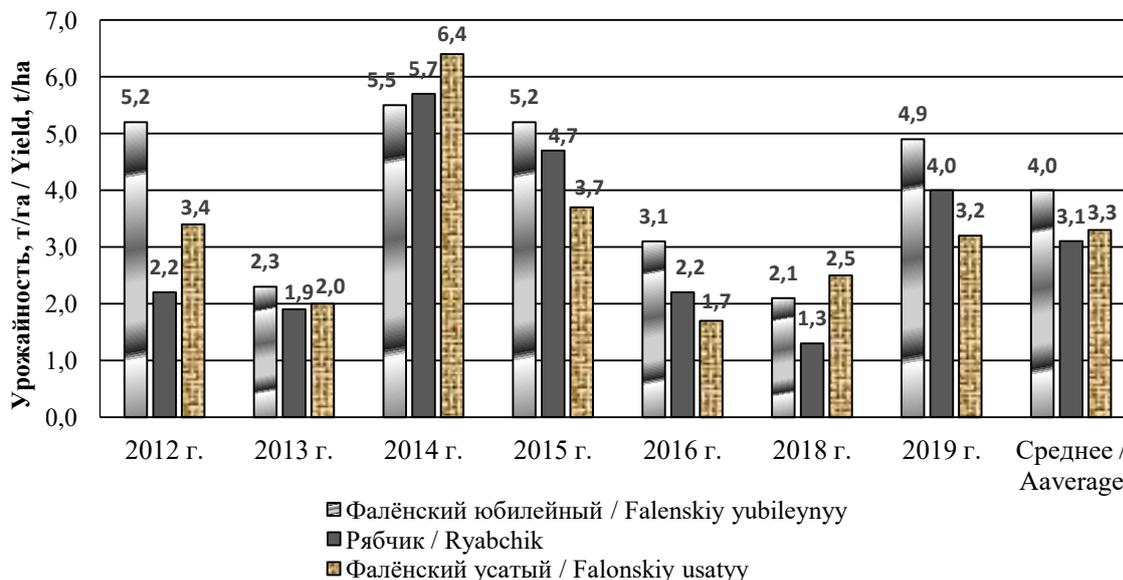


Рис. 2. Урожайность зерна сортов гороха (2012-2019 гг.) / Fig. 2. Grain yield of pea varieties (2012-2019)

Корреляционный анализ показал, что урожайность зерна находилась в тесной зависимости с продолжительностью как межфазного периода «цветение-созревание» ( $r = 0,77...0,86$ ), так и вегетационного периода в целом ( $r = 0,72...0,87$ ). С периодом «всходы-цветение» существенной корреляционной связи не наблюдалось ( $r = 0,42...0,55$ ).

Тесная корреляционная зависимость между урожайностью и количеством выпавших осадков отмечена у сорта Фалёнский юбилейный ( $r = 0,70$ ); у сортов Рябчик и Фалёнский усатый между данными признаками значимой корреляции не установлено ( $r = 0,38$ ). У всех сортов не отмечено существенной взаимосвязи урожайности с температурным режимом и ГТК.

Урожайность зерна в большой степени зависит от показателей элементов продуктивности. На формирование высокой урожайности оказывают влияние такие признаки, как число фертильных узлов, бобов, зёрен на растении,

масса семян с растения и масса 1000 семян.

Максимальные значения элементов продуктивности, за исключением массы 1000 семян, у всех сортов отмечены в 2014 году, минимальные – в 2013 и 2016 гг. (табл. 4).

*Таблица 4 – Значения элементов продуктивности сортов гороха (2012-2019 гг.) /  
Table 4 – Values of productivity elements of pea varieties (2012-2019)*

<i>Признак / Characteristic</i>	<i>2012 г.</i>	<i>2013 г.</i>	<i>2014 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>2016 г.</i>	<i>2017 г.</i>	<i>2018 г.</i>	<i>2019 г.</i>	<i>CV*, %</i>
<b>Фалёнский юбилейный / Falenskiy yubileynyy</b>									
Число фертильных узлов, шт. / Number of rich pasture joints, pcs.	4,5	1,9	6,2	3,4	2,6	5,7	2,7	4,7	39,2
Число бобов, шт. / Number of beans, pcs.	6,9	3,0	8,7	5,0	4,2	8,3	3,5	7,6	37,7
Число зёрен, шт. / Number of grains, pcs.	28,4	11,6	31,3	21,0	15,3	28,8	12,8	24,1	33,6
Масса семян с растения, г / Mass of seeds per plant, g	4,8	1,8	5,0	3,1	2,9	4,1	2,1	3,3	34,6
Масса 1000 семян, г / Mass of 1000 seeds, g	169	159	140	150	190	159	163	137	10,7
<b>Рябчик / Ryabchik</b>									
Число фертильных узлов, шт. / Number of rich pasture joints, pcs.	3,2	2,2	5,2	2,4	2,2	3,6	2,5	3,6	33,0
Число бобов, шт. / Number of beans, pcs.	5,4	3,3	6,5	3,6	3,7	5,0	3,9	5,9	25,7
Число зёрен, шт. / Number of grains, pcs.	20,7	12,4	26,8	16,7	16,1	14,5	17,6	22,2	25,2
Масса семян с растения, г / Mass of seeds per plant, g	3,1	2,1	4,5	3,2	3,1	1,9	2,9	3,5	26,6
Масса 1000 семян, г / Mass of 1000 seeds, g	146	170	167	194	194	134	166	156	12,2
<b>Фалёнский усатый / Falenskiy usatyy</b>									
Число фертильных узлов, шт. / Number of rich pasture joints, pcs.	2,5	1,7	4,2	1,8	1,8	3,0	1,8	2,8	35,6
Число бобов, шт. / Number of beans, pcs.	5,3	2,6	7,5	2,8	3,1	6,0	2,8	5,6	41,9
Число зёрен, шт. / Number of grains, pcs.	15,6	8,3	22,7	9,3	10,2	9,9	8,4	19,6	43,0
Масса семян с растения, г / Mass of seeds per plant, g	4,5	1,9	6,3	2,5	2,4	2,7	2,0	5,5	49,2
Масса 1000 семян, г / Mass of 1000 seeds, g	286	223	277	273	239	296	242	283	10,0

\*CV – коэффициент вариации / coefficient of variation

Высокой вариабельностью характеризовались такие признаки, как число фертильных узлов, бобов и зерен на растении и масса семян с растения, при этом наиболее низкая изменчивость данных признаков отмечена у сорта Рябчик, наиболее высокая – у сорта Фалёнский усатый. Наибольшей стабильно-

стью у всех сортов характеризовался показатель «масса 1000 семян».

Проведённый корреляционный анализ показал взаимосвязь количественных признаков гороха с продолжительностью вегетационного периода. У сорта Фалёнский юбилейный значимая корреляция наблюдалась между

вегетационным периодом и числом фертильных узлов ( $r = 0,80$ ), числом бобов ( $r = 0,83$ ). У сорта Рябчик наиболее тесная корреляция отмечена между вегетационным периодом и числом продуктивных узлов и бобов ( $r = 0,72, 0,73$  соответственно). У сорта Фалёнский усатый существенная корреляция продолжительности вегетационного периода отмечена с числом фертильных узлов и бобов, а также с массой 1000 семян ( $r = 0,85, 0,80$  и  $0,73$ ).

Корреляционный анализ урожайности с элементами продуктивности показал, что у сорта Фалёнский юбилейный большое влияние на урожайность оказали число продуктивных узлов, число бобов, число зёрен и масса семян с растения – отмечена тесная корреляция меж-

ду этими признаками ( $r = 0,86, 0,88, 0,94$  и  $0,85$  соответственно). У сорта Фалёнский усатый урожайность зависела от числа бобов и зёрен, массы семян с растения ( $r = 0,82, 0,77, 0,78$ ). На урожайность сорта Рябчик влияние оказали только число продуктивных узлов и масса семян с растения ( $r = 0,71, 0,80$ ). Влияние массы 1000 семян на урожайность изучаемых сортов было не существенным.

Гидротермические условия не оказали существенного влияния на показатели элементов продуктивности. Значимая корреляционная связь установлена только между массой 1000 семян, суммой осадков и ГТК у сорта Фалёнский усатый (табл. 5).

**Таблица 5 – Зависимость показателей структуры продуктивности гороха от гидротермических условий (2012-2019 гг.) /**

**Table 5 – Dependence of indicators of the pea productivity structure on hydrothermal conditions (2012-2019)**

Сорт / Variety	Элемент продуктивности / Element of productivity	Коэффициент корреляции (r) / Correlation coefficient (r)		
		сумма активных температур / sum of active temperatures	количество выпавших осадков / amount of precipitation	ГТК / GTC
Фалёнский юбилейный / Falenskiy yubileyniy	Число фертильных узлов / Number of rich pasture joints	-0,59	0,52	0,60
	Число бобов / Number of beans	-0,53	0,64	0,65
	Число зёрен / Number of grains	-0,40	0,62	0,57
	Масса семян с растения / Mass of seeds per plant	-0,26	0,57	0,43
	Масса 1000 семян / Mass of 1000 seeds	0,65	-0,37	-0,61
Рябчик / Ryabchik	Число фертильных узлов / Number of rich pasture joints	-0,44	0,38	0,38
	Число бобов / Number of beans	-0,42	0,57	0,58
	Число зёрен / Number of grains	-0,22	0,45	0,38
	Масса семян с растения / Mass of seeds per plant	0,02	0,22	0,16
	Масса 1000 семян / Mass of 1000 seeds	0,51	-0,49	-0,49
Фалёнский усатый / Falenskiy usatyy	Число фертильных узлов / Number of rich pasture joints	-0,41	0,34	0,35
	Число бобов / Number of beans	-0,41	0,46	0,47
	Число зёрен / Number of grains	-0,21	0,42	0,45
	Масса семян с растения / Mass of seeds per plant	-0,25	0,50	0,51
	Масса 1000 семян / Mass of 1000 seeds	-0,59	0,86**	0,77*

\*\* значимо на 1% уровне/ significant at 1% level, \* значимо на 5% уровне / significant at 5% level.

**Выводы.** Продолжительность периода вегетации и составляющих его фаз является величиной переменной. На длительность вегетационного периода в большей степени повлиял режим увлажнения ( $r = 0,71 \dots 0,76$ ), с температурным режимом существенной взаимосвязи не наблюдалось.

На урожайность изучаемых сортов большое влияние оказали продолжительность вегетационного периода ( $r = 0,72 \dots 0,87$ ) и продолжительность периода «цветение-созревание» ( $r = 0,77 \dots 0,86$ ). Влияние межфазного периода «всходы-цветение» было незначимым. Зависимость урожайности от количества вы-

павших осадков установлена у сорта Фалёнский юбилейный. У всех сортов связь урожайности с температурным режимом и ГТК была несущественной. Гидротермические условия не оказали значительного влияния на формирование большинства элементов продуктивности, за исключением массы 1000 семян.

Отмечено существенное влияние на формирование урожайности у сорта Фалёнский юбилейный числа фертильных узлов ( $r = 0,86$ ), бобов ( $r = 0,88$ ), зёрен ( $r = 0,94$ ), а также массы семян с растения ( $r = 0,85$ ). Влияние массы 1000 семян на урожайность у всех сортов было несущественным.

#### Список литературы

1. Шелепина Н. В. Потребительские свойства гороха современной селекции. Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2016;(4):215-219. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28118644>
2. Пшеничная И. А., Филатова И. А., Беляева Е. П., Истомина О. Н. Оценка качества сортообразцов гороха на заключительном этапе селекционного процесса. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;(3 (23)):39-44. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29924505>
3. Duranti M. Grain legumes proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*. 2006;77(2):67-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FITOTE.2005.11.008>
4. Катюк А. И., Майстренко О. А. Результаты селекции зернового гороха на повышение урожайности, качества зерна и технологичности к механизированному возделыванию. Известия Самарского научного центра РАН. 2018;20(2 (3)):641-649. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37034670>
5. Задорин А. Д., Сидоренко В. С. Эколого-генетические основы создания сортов зернобобовых и крупяных культур. Вопросы физиологии селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Орёл, 2001. С. 83-88.
6. Зотиков В. И. Зернобобовые и крупяные культуры – актуальное направление повышения качества продукции. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;(3 (23)):23-29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29924502>
7. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Грядунова Н. В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018;(2 (26)):4-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35034125>
8. Дебелый Г. А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации. Зернобобовые и крупяные культуры. 2012;(2):31-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19132232>
9. Пономарёва С. В., Селехов В. В. Влияние погодных условий на урожайность и качество сортов гороха. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(1 (56)):20-29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28318038>
10. Филатова И. А. Формирование элементов продуктивности гороха в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Земледелие. 2018;(6):44-47. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10612>
11. Ермолина О. В. Влияние гидротермических условий на межфазные периоды развития гороха в южной зоне Ростовской области. Аграрный вестник Урала. 2015;(12 (142)):6-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25063667>
12. Фадеева А. Н., Гареев Р. Г. Целесообразность расширения видового состава зернобобовых культур в Татарстане. Кормопроизводство. 2000;(12):10-12.
13. Асеева Т. А., Шепель О. Л. Изучение перспективных сортообразцов гороха в условиях Приамурья. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(4):47-50. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29187236>
14. Задорин А. М., Уваров В. Н., Зеленов А. А., Зеленов А. Н. Генисточники для селекции гороха на повышение биоэнергетического потенциала растения и методы работы с ними. Земледелие. 2016;(4):29-33.
15. Redden B., Leonforte T., Ford R. Croser J, Statter J. Pea (*Pisum sativum* L.). Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement. Singh RJ, Jauhar PP (eds). V.1. Grain legumes – Fargo, ND: CRC Press, 2005. pp. 49-83.

#### References

1. Shelepina N. V. *Potrebitel'skie svoystva gorokha sovremennoy seleksii*. [Consumer properties of peas of modern selection]. *Obrazovanie i nauka bez granits: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya*. 2016;(4):215-219. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28118644>
2. Pshenichnaya I. A., Filatova I. A., Belyaeva E. P., Istomina O. N. *Otsenka kachestva sortoobraztsov gorokha na zaklyuchitel'nom etape selektsionnogo protsesssa*. [Quality assessment of samples of pea varieties at the final stage of the selection process]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2017;(3 (23)):39-44. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29924505>

3. Duranti M. Grain legumes proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*. 2006;77(2):67-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FITOTE.2005.11.008>
4. Katyuk A. I., Maystrenko O. A. *Rezultaty seleksii zernovogo gorokha na povyshenie urozhaynosti, kachestva zerna i tekhnologichnosti k mekhanizirovannomu vozdeleyvaniyu*. [The results of the selection of grain peas to increase yield, grain quality and manufacturability for mechanized cultivation]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018;20(2 (3)):641-649. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37034670>
5. Zadorin A. D., Sidorenko V. S. *Ekologo-geneticheskie osnovy sozdaniya sortov zernobobovykh i krupyanykh kul'tur. Voprosy fiziologii seleksii i tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Ecological and genetic foundations of creation legumes varieties and cereal crops. Questions of selection physiology and cultivation technology of crop species]. Orel, 2001. pp. 83-88.
6. Zotikov V. I. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – aktual'noe napravlenie povysheniya kachestva produktsii*. [Leguminous and groats crops is an actual direction of improvement of quality of production]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2017;(3 (23)):23-29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29924502>
7. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Gryadunova N. V. *Razvitie proizvodstva zernobobovykh kul'tur v Rossiyskoy Federatsii*. [Development of production of leguminous crops in the Russian Federation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2018;(2 (26)):4-9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35034125>
8. Debelyy G. A. *Zernobobovye kul'tury v mire i Rossiyskoy Federatsii*. [Leguminous crops in the world and in the Russian Federation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2012;(2):31-35. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19132232>
9. Ponomareva S. V., Selekhev V. V. *Vliyaniye pogodnykh usloviy na urozhaynost' i kachestvo sortov gorokha*. [The yield and the quality of pea cultivars depending on weather conditions]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(1 (56)):20-29. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28318038>
10. Filatova I. A. *Formirovaniye elementov produktivnosti gorokha v zavisimosti ot pogodnykh usloviy vegetatsionnogo perioda*. [Formation of productivity elements of pea depending on weather conditions of the vegetation period]. *Zemledelie*. 2018;(6):44-47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10612>
11. Ermolina O. V. *Vliyaniye gidrotermicheskikh usloviy na mezhfaznye periody razvitiya gorokha v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti*. [Influence of hydrothermal conditions on interphase periods of peas growing in the southern area of the Rostov region]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015;(12 (142)):6-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25063667>
12. Fadeeva A. N., Gareev R. G. *Tselesoobraznost' rasshireniya vidovogo sostava zernobobovykh kul'tur v Tatarstane*. [Expediency of expanding the species composition of leguminous crops in Tatarstan]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2000;(12):10-12. (In Russ.).
13. Aseeva T. A., Shepel' O. L. *Izuchenie perspektivnykh sortoobraztsov gorokha v usloviyakh Priamur'ya*. [Investigation of promising pea varieties under conditions of Amur river region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(4):47-50. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29187236>
14. Zadorin A. M., Uvarov V. N., Zelenov A. A., Zelenov A. N. *Genistochniki dlya seleksii gorokha na povyshenie bioenergeticheskogo potentsiala rasteniya i metody raboty s nimi*. [Genetic sources for pea breeding on increase in bioenergy potential of plants and methods of work with them]. *Zemledelie*. 2016;(4):29-33. (In Russ.).
15. Redden B., Leonforte T., Ford R., Croser J., Stattery J. *Pea (Pisum sativum L.)*. Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement. Singh RJ, Jauhar PP (eds). V.1. Grain legumes – Fargo, ND: CRC Press, 2005. pp. 49-83.

#### **Сведения об авторах**

✉ **Пислегина Светлана Сергеевна**, младший научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru),

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0553-7707>

**Четвертных Светлана Александровна**, младший научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5198-7106>

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

✉ **Svetlana S. Pislegina**, junior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, s. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0553-7707>

**Svetlana A. Chetvertnykh**, junior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, s. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5198-7106>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Генотипирование сортов масличного льна с использованием системы микросателлитных ДНК-маркеров

© 2020 С. З. Гучетль✉, Т. А. Челюстникова

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация

Тенденция к увеличению площади посева масличного льна требует создания новых сортов с высокими показателями экологической пластичности, урожайности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам. Применение современных биотехнологических подходов, основанных на использовании молекулярных маркеров, может ускорить оценку генетических различий и определение потенциала, исходного для селекции материала. Целью нашего исследования являлась оценка генотипических параметров некоторых сортов масличного льна селекции Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур имени В. С. Пустовойта (ВНИИМК) с использованием системы микросателлитных маркеров. Материалом исследования служили 17 сортообразцов льна. ДНК выделяли с использованием СТАВ буфера. Для идентификации сортов использовали 11 SSR-локусов. В процессе исследования выявлено 10 полиморфных локусов. Суммарное число учтенных аллелей равно 32. Размер аллелей варьировал в диапазоне 111-210 п. н. Число аллелей на локус варьировало от 2 до 6 со средним значением 3,20. Значение индекса полиморфного информационного содержания (PIC) находилось от 0,29 до 0,75 со средним значением параметра 0,51. Эффективное число аллелей для разных локусов определено в диапазоне 1,40-3,94 со средним значением 2,28. Уровень информативности маркерной системы (PIC 0,51) соответствует таковому для идентификации наборов генотипов из коллекций с ограничением в географическом происхождении. Установлены различия в частоте встречаемости аллелей. Дискриминационный потенциал использованной маркерной системы позволил идентифицировать 15 сортообразцов. Два генотипа, имеющие общее происхождение, были идентичны. Оценена степень генетического родства изученных генотипов льна. Полученные результаты послужат основой для последующего конструирования генетических паспортов сортов масличного льна селекции ВНИИМК.

**Ключевые слова:** лен, ДНК, полимеразная цепная реакция, микросателлиты, идентификация

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» (тема № 0493-2019-0002).

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

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

**Для цитирования:** Гучетль С. З., Челюстникова Т. А. Генотипирование сортов льна масличного с использованием системы микросателлитных ДНК маркеров. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):531-539. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.531-539>

Поступила: 06.07.2020

Принята к публикации: 26.08.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Genotyping oil flax varieties using the microsatellite DNA marker system

© 2020. Saida Z. Guchetl✉, Tatyana A. T. Chelyustnikova

V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russian Federation

The tendency to increase crop acreage of oil flax requires the development of new varieties with high indicators of ecological plasticity, productivity and resistance to biotic and abiotic stresses. The application of modern biotechnological approaches based on the use of molecular markers can accelerate the assessment of genetic differences and the determination of potential of the source material for breeding. The research was aimed at assessment of the genotyping parameters of some oil flax varieties of VNIIMK breeding using the system of microsatellite markers. Seventeen variety samples of flax were used as the material for the research. DNA was isolated using CTAB buffer. Eleven SSR loci were used for the identification of varieties. Ten polymorphic loci were identified during the research. The total number of counted alleles is 32. The size of alleles varied in the range of 111-210 bps. The number of alleles per locus ranged from 2 to 6 with an average value of 3.20. The value of the index of polymorphic information content (PIC) was from 0.29 to 0.75 with an average parameter value of 0.51. The effective number of alleles for different loci is determined in the range of 1.40-3.94 with an average value of 2.28. The level of information content of the marker system (PIC 0.51) corresponds to that for identifying sets of genotypes from collections with a limitation in geographical origin. There were established differences in the frequency of occurrence of alleles. The discriminatory potential of the used marker system allowed to identify 15 variety samples. Two genotypes with common origin were identical. The degree of genetic relatedness of the studied flax genotypes has been evaluated. The obtained results will serve as the basis for the subsequent construction of genetic passports of oil flax varieties of VNIIMK breeding.

**Keywords:** flax, DNA, polymerase chain reaction, microsatellites, identification

**Acknowledgement:** the research was carried out under the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as a part of the state assignment of the V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (theme No. 0493-2019-0002).

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:** Guchetl S. Z., TChelyustnikova T. A. Genotyping oil flax varieties using the microsatellite DNA marker system. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):531-539. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.531-539>

Received: 06.07.2020

Accepted for publication: 26.08.2020

Published online: 22.10.2020

Лен является одной из наиболее популярных масличных культур в мире. Основные его производители – Канада, Индия, Китай, Эфиопия, США. В России с начала 21 века наблюдается возрождение этой культуры. Посевные площади масличного льна на территории России в 2019 году, по данным Росстата, в хозяйствах всех категорий находились на уровне 814,7 тыс. га. За год размеры площадей выросли на 9,3 %, за 5 лет – на 63,6 %, за 10 лет – в 4,5 раза. В 2001 году посеvy льна занимали всего 8,7 тыс. га<sup>1</sup>. Тенденция к увеличению площади посева культуры требует создания новых сортов с высокими показателями экологической пластичности, урожайности и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам.

Многokратный индивидуальный отбор является основным методом селекции льна масличного. Для комбинирования селекционно-ценных признаков проводится внутривидовое скрещивание подходящих родительских форм. Оптимальными родительскими формами признаны те, что имеют различное генеалогическое или экологическое происхождение [1]. Оценка генетического разнообразия материала, вовлекаемого в селекционный процесс, в основном базируется на морфологических и физиологических характеристиках, число которых лимитировано. К тому же они не всегда стабильны и подвержены изменениям в различных условиях окружающей среды. Применение современных биотехнологических подходов, основанных на использовании молекулярных маркеров, может ускорить оценку генетических различий и определение потенциала исходного для селекции материала. В качестве инструментов молекулярного маркирования льна используются системы идентификации генотипов на основе поли-

морфизма запасных белков семян [2] и маркеры, основанные на полиморфизме структуры ДНК. Микросателлитные маркеры (SSR) – эффективный инструмент для проведения работ, направленных на изучение генетического разнообразия и сортовой идентификации различных культур [3, 4, 5]. Лен относительно других культурных растений имеет достаточно большую базу данных микросателлитных локусов. Составленная Xin Deng с соавторами (2011) геномная библиотека льна с характеристиками 206 участков геномной ДНК, содержащих микросателлиты [6], регулярно пополняется результатами новых исследований [7, 8].

Потенциал микросателлитных локусов широко используется для решения ряда задач в генетических исследованиях льна. В частности, для картирования генома, определения групп сцепления и положения в них генов важных селекционных признаков [9, 10]. Большое количество SSR-маркеров делает возможным подобрать необходимую и достаточную систему для идентификации образцов из коллекций различного географического и генетического происхождения и проводить исследования по определению уровня их генетического родства [11, 12].

**Цель исследования** – оценка генотипических параметров некоторых сортов масличного льна селекции ВНИИМК с использованием системы микросателлитных маркеров.

**Материал и методы.** Материалом исследования служили 17 сортообразцов масличного льна коллекции лаборатории селекции льна ВНИИМК. ДНК выделяли из 10 двухнедельных проростков каждого сорта с использованием СТАВ буфера [13]. ПЦР проводили с использованием реакционной смеси следующего состава: 67 мМ трис-НСl, рН 8,8; 16,6 мМ сульфата аммония; 3 мМ MgCl<sub>2</sub>; 0,01 %

---

<sup>1</sup>Посевные площади льна-кудряша (лен масличный) в России. Итоги 2019 года. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-lna-kudryasha-len-maslichnyy-v-rossii-itogi-2019-goda> (дата обращения: 01.07.2020).

Tween 20; по 0,2 мМ каждого из дезоксирибонуклеозидфосфатов; 10 пМ праймера; 10 нг матричной ДНК и 1 ед. рекомбинантной термостабильной ДНК полимеразы (Сибэнзим, Москва). Амплификацию проводили в термоциклере S1000™ (BioRad, США) при следующих условиях: начальная денатурация при 96 °С в течение 90 сек; затем 35 циклов при соблюдении температурно-временного режима: 94 °С в течение 30 сек; 58-60 °С в течение 40 сек, 70 °С в течение 60 сек; финальная элонгация при 70 °С в течение 120 сек. Температура отжига в диапазоне 58-60 °С была подобрана в соответствии с нуклеотидной последовательностью праймеров. Для амплификации использовали праймеры, последовательности которых приведены в работе [14].

Электрофорез продуктов амплификации проводили в 8 % неденатурирующем полиакриламидном геле, приготовленном с 1 х ТБЕ буфере, в камере для вертикального электрофореза (VE-20, ДНК-технология, Россия). Окрашивали гель бромистым этидием. Визуализировали и документировали результаты электрофореза, используя цифровую систему BIO-PRINT (Vilber Lourmat, Франция). Размер фрагментов ДНК в парах нуклеотидов (п. н.) определяли с использованием программного обеспечения системы BIO-CAPTURE (Vilber Lourmat, Франция) относительно маркера длины фрагментов ДНК GeneRuler 100 bp DNA Ladder Thermo Scientific.

Дискриминационную силу используемой маркерной системы вычисляли по формулам, приведенным в работе [14]. Кластерный анализ выполнен Ward методом. Обработка результатов, графическое построение дендрограммы проведено с помощью пакета программ Statistica 6.0.

**Результаты и их обсуждение.** К настоящему времени разработано достаточно большое количество SSR-маркеров генома льна (*Linum usitatissimum* L.) [6, 7]. Для оценки возможности их использования в анализе генетического разнообразия коллекции льна ВНИИМК ранее было проведено тестирование 10 маркеров на выборке из 8 образцов [14]. По полученным результатам весь набор, как полиморфный, был использован в качестве системы SSR-маркеров для генотипирования 17 сортов масличного льна.

В процессе исследования выявлено 11 локусов, 10 из которых полиморфны. Только локус Lu21' для использованных сортов проявил себя как мономорфный с амплификацией единственного аллеля размером 106 п. н. Суммарное число учтенных аллелей равно 32. Размер аллелей варьировал в диапазоне 111-210 п. н. Число аллелей на локус варьировало от 2 до 6 со средним значением 3,20. Значение индекса полиморфного информационного содержания (PIC), которое характеризует дискриминационную силу локуса по числу аллелей и относительным частотам их встречаемости, варьировало от 0,29 до 0,75 со средним значением параметра 0,51. Эффективное число аллелей для разных локусов определено в диапазоне 1,40-3,94 со средним значением 2,28. Соответственно, частота встречаемости аллелей в коллекции была разная. Наиболее высокая частота встречаемости наблюдалась для аллели Lu10<sub>155</sub> и составила 0,823. Наименьшая обнаружена у аллели Lu21<sub>132</sub> – 0,059. Полученные показатели несколько выше, чем в наших более ранних исследованиях с использованием меньшего количества генотипов [14]. Уровень информативности использованной маркерной системы соответствует таковому для микросателлитных маркерных систем, которые использовались для идентификации наборов генотипов из коллекций с ограничением в географическом происхождении [2, 11]. Показатели информативности использованной маркерной системы приведены в таблице 1.

Дискриминационный потенциал использованной маркерной системы дал возможность для 17 использованных генотипов определить 16 аллельных сочетаний. Идентичным аллельным составом по использованному в качестве инструмента для исследования набору локусов обладали образцы ВНИИМК 620 и ВНИИМК 620 ФН. Происхождение этих сортов объясняет их высокое генотипическое сходство, так как сорт ВНИИМК 620 ФН выведен методом многократного индивидуального отбора из сорта ВНИИМК 620 [15]. Аллельный состав исследованных образцов представлен в таблице 2.

При анализе аллельного состава выявлены образцы, аллельный состав которых по всем локусам был гомогенный (по одной аллели на локус): Нилин, ВНИИМК 620 и ВНИИМК 620 ФН. Большая часть образцов проявила гетерогенность (более одной аллели)

аллельного состава по одному или нескольким локусам. По одному локусу проявили гетерогенность образцы: Снегурок, Сапфир, ВНИИМК 630 и К-4476. По двум локусам – образцы Ы-кор, Август, Бирюза, Авангард и К-4195. По трем локусам были гетерогенными образцы: Ы-117, РФН, ФЛИЗ и ЛМ 98. Самый высокий уровень гетерогенности по шести локусам определен у образца Даник. Гетерогенность может быть следствием гетеро-

зиготности отдельных растений, так как лён относится к самоопылителям с вероятностью энтомофильного и аэрофильного переопыления до 1-5 % [16], или генотипической неоднородности образцов. Генотипическая неоднородность характерна не только для сортов-популярных культур с перекрестным опылением, но и для факультативных самоопылителей, если в структуру сорта входит несколько биотипов, как выявлено для некоторых сортов рапса [17].

*Таблица 1 – Показатели информативности микросателлитных локусов /  
Table 1 – Information indicators of microsatellite loci used in the research*

<i>Локус / Locus</i>	<i>Число аллелей / Number of alleles</i>	<i>Длина аллели, п. н. / Allele length, bps</i>	<i>Частота аллелей / Allele frequency</i>	<i>Эффективное число аллелей / Effective number of alleles</i>	<i>PIС</i>
Lu1	3	173	0,462	2,33	0,57
		162	0,076		
		151	0,462		
Lu3	2	172	0,235	1,56	0,36
		159	0,765		
Lu7	2	151	0,588	1,95	0,49
		143	0,412		
Lu8	6	210	0,043	3,91	0,74
		184	0,087		
		173	0,130		
		160	0,261		
		153	0,087		
		116	0,391		
Lu9	3	165	0,048	2,02	0,51
		161	0,333		
		113	0,619		
Lu10	2	164	0,176	1,41	0,29
		155	0,823		
Lu11	2	162	0,227	1,55	0,35
		118	0,772		
Lu21	3	153	0,588	2,11	0,53
		145	0,352		
		132	0,059		
Lu24	3	164	0,200	2,06	0,51
		159	0,150		
		111	0,650		
Lu25	6	210	0,043	3,94	0,75
		194	0,086		
		189	0,130		
		183	0,260		
		174	0,086		
		140	0,391		
<i>Среднее / Average</i>	3,20	-	-	2,28	0,51

*Таблица 2 – Аллельный состав микросателлитных локусов исследованных образцов льна масличного /  
Table 2 – Allelic composition of microsatellite loci of the studied oil flax samples*

<i>Copm / Variety</i>	<i>Локус / Locus</i>										
	<i>Lu1</i>	<i>Lu3</i>	<i>Lu7</i>	<i>Lu8</i>	<i>Lu9</i>	<i>Lu10</i>	<i>Lu11</i>	<i>Lu21</i>	<i>Lu21'</i>	<i>Lu24</i>	<i>Lu25</i>
Даник / Danik	173, 151	172	143	116, 153	161, 165	155	118, 162	145	106	159, 164	140, 174
Ы-кор / Y-cor	151	159	143	116, 173	113	155	118	145	106	111	140, 183
ФЛИЗ / FLIZ	173, 151	159	151	116, 173	113	155	118	153	106	111	140, 189
Август / Avgust	173, 162	159	151	184	161	155	118, 162	153	106	164	194
Бирюза / Biryza	151	159	151	116, 160	113	155	118	153	106	111	140, 183
Снегурок / Snegurok	151	159	143	153	161	164	118, 162	145	106	164	174
Сапфир / Sapfir	173	159	151	184	161	155	118, 162	132	106	164	194
Авангард / Avangard	173	159	151	116, 173	113	155	118	153	106	111	140, 189
Нилин / Nilin	173	159	151	160	113	155	118	153	106	111	183
Ы-117 / Y-117	173, 151	172	151	160	113, 161	164	118, 162	145	106	140, 183	183
РФН / RFN	173, 151	159	151	116, 160	113	155	118	153	106	111	140, 183
ЛМ 98 / LM 98	173, 151	172	143	160	113, 161	164	118	145	106	111, 159	183
К-4476	173, 162	172	143	160	113	155	118	153	106	111	189
К-4195	173, 151	159	143	116	113, 161	155	118	153	106	111	140
ВНИИМК 620 / VNIIMK 620	151	159	151	116	113	155	118	153	106	111	140
ВНИИМК 620 ФН / VNIIMK 620 FN	151	159	151	116	113	155	118	153	106	111	140
ВНИИМК 630 / VNIIMK 630	173, 151	159	143	210	113	155	118	145	106	111	210

Как было сказано выше, детектированные использованным набором маркеров аллели проявлялись с различной частотой (табл. 1). Высокая частота встречаемости наблюдалась для аллелей Lu3<sub>159</sub>, Lu10<sub>155</sub> и Lu11<sub>118</sub> соответственно 0,76, 0,82 и 0,77. Четыре аллели можно оценить как редкие, так как они обнаружены только у одного из исследуемых образцов. Аллель Lu8<sub>210</sub> выявлена у сорта ВНИИМК 630, аллель Lu9<sub>165</sub> – у сорта Даник, Lu21<sub>132</sub> – у сорта Сапфир, Lu25<sub>210</sub> – у сорта ВНИИМК 630. Пять аллелей присутствуют в аллельном спектре двух образцов. Аллель Lu8<sub>184</sub> выявлена у

образцов Август и Сапфир, аллель Lu8<sub>153</sub> – у сортов Даник и Снегурок, аллель Lu1<sub>162</sub> – у сорта Август и образца К-4476, аллель Lu25<sub>194</sub> – у сортов Август и Сапфир, Аллель Lu25<sub>174</sub> – у сортов Даник и Снегурок (табл. 3).

На основании полученных данных о разнообразии аллельного состояния микросателлитных локусов и частоте встречаемости аллелей оценена степень генетического родства изученных генотипов льна. Для этой цели проведена кластеризация с использованием дисперсионного анализа оценки расстояний между кластерами (метод Ward).

Таблица 3 – Редкие аллели в исследованных сортах масличного льна / Table 3 – Rare alleles in the studied varieties of oil flax

Аллель / Allele	Генотип / Genotype	Аллель / Allele	Генотип / Genotype
Lu1 <sub>162</sub>	Август, К-4476 / Avgust, K-4476	Lu21 <sub>132</sub>	Сапфир / Sapfir
Lu8 <sub>210</sub>	ВНИИМК 630 / VNIIMK 630	Lu25 <sub>210</sub>	ВНИИМК-630 / VNIIMK-630
Lu8 <sub>184</sub>	Август, Сапфир / Avgust, Sapfir	Lu25 <sub>194</sub>	Август, Сапфир / Avgust, Sapfir
Lu8 <sub>153</sub>	Даник, Снегурок / Danik, Snegurok	Lu25 <sub>174</sub>	Даник, Снегурок / Danik, Snegurok
Lu9 <sub>165</sub>	Даник / Danik		

Графической иллюстрацией генотипических различий между исследованными сортами

является дендрограмма, представленная на рисунке.

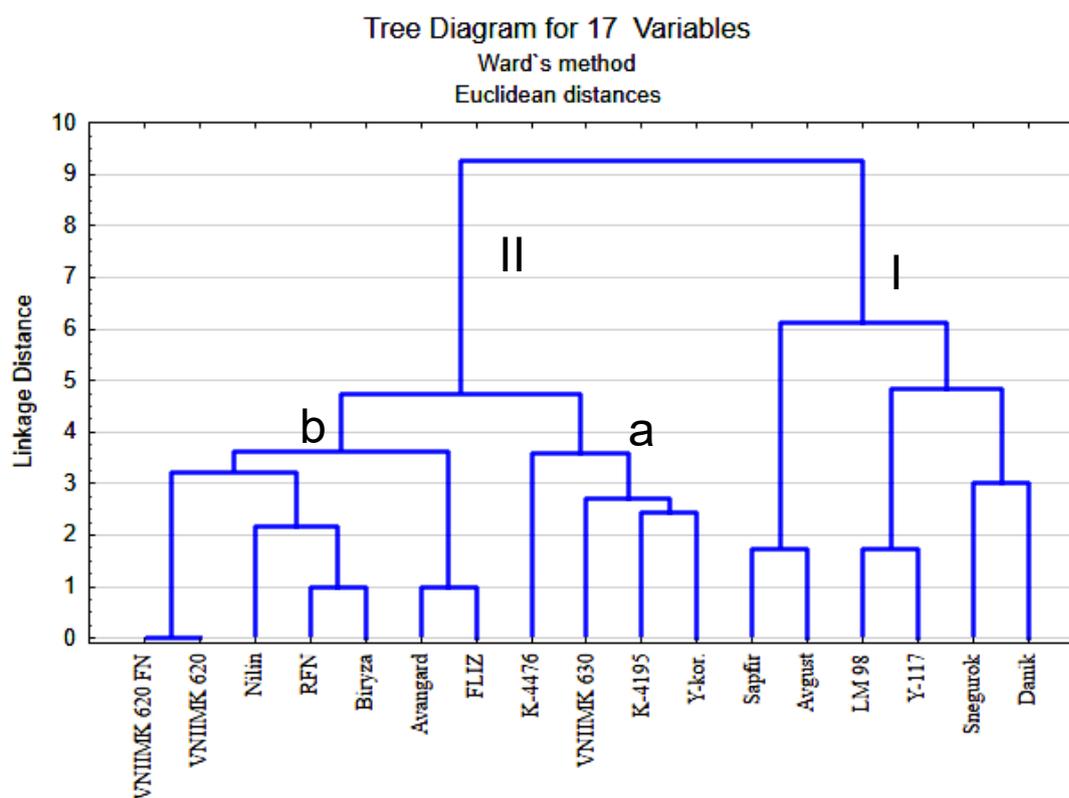


Рис. Дендрограмма распределения в кластеры 17 сортов образцов масличного льна на основании аллельного состава 10 SSR-локусов /

Fig. Dendrogram of the distribution of 17 varieties of oil flax into clusters based on the allelic composition of 10 SSR loci

На дендрограмме на уровне объединения 9,4 можно выделить два кластера. В кластер I вошли сорта Даник, Снегурок, БИ-117, ЛМ 98, Август и Сапфир. Кластер II можно разделить на подкластеры IIa и IIb. Подкластер IIa объединяет образцы БИ-кор, К-4195, ВНИИМК 630 и К-4476. Подкластер IIb объединяет образцы ФЛИЗ, Авангард, Бирюза, РФФ, Нилин, ВНИИМ 620 и ВНИИМК 620 ФН. Дендрограмма характеризует генетические

расстояния между сортами образцами льна, что может представлять интерес для селекционеров в выборе родительских пар скрещиваний при создании новых сортов. Так, к примеру, перспективны для скрещивания сорта образцы льна из максимально отдаленных первого и второго кластеров.

**Заключение.** По результатам проведенного исследования определен аллельный состав 17 сортов образцов масличного льна

по 10 микросателлитным локусам. Уровень информативности маркерной системы (PIC 0,51) соответствует таковому для идентификации наборов генотипов из коллекций с ограничением в географическом происхождении. Установлены различия в частоте встречаемости аллелей. Большинство сортообразцов показало

себя как гетерогенные по аллельному составу. Графически определены генетические расстояния между сортообразцами масличного льна. Полученные результаты послужат основой для последующего конструирования генетических паспортов сортов льна масличного селекции ВНИИМК.

#### Список литературы

1. Галкин Ф. М. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. Под ред. Н. И. Бочкарёва. Краснодар: РАН, ГНУ ВНИИМК, 2008. 65 с.
2. Егоров С. В., Порхунцова О. А. Оценка генотипов льна масличного по критериям внутренней структуры на основе молекулярных маркеров семян. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(1):70-74. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37332596>
3. Абугалиева С. И., Волкова Л. А., Ермакбаев К. А., Турусбеков Е. К. Генотипирование коммерческих сортов яровой пшеницы Казахстана с использованием микросателлитных ДНК-маркеров. Биотехнология. Теория и практика. 2012;(2):35-45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25443417>
4. Супрун И. И., Смыков А. В., Степанов И. В. Использование микросателлитных маркеров для паспортизации и изучения генетических взаимосвязей сортов персика, близких по происхождению. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019;(130):99-107. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37177466>
5. Gasi F., Sehic J., Grahic J., Hjeltnes S. H., Ordidge M., Benedikova D., Blouin-Delmas M., Drogoudi P., Giovannini D., Hofer M., Kahu K., Kovacs S., Laciš G., Lateur M., Toldam-Andersen T. B., Ognjanov V., Nybom H. Genetic assessment of the pomological classification of plum *Prunus domestica* L. accessions sampled across Europe. Genetic Resources and Crop Evolution. 2020;67:1137-1161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00901-y>
6. Deng X., Long S., He D., Li X., Wang Y., Hao D., Qiu C., Chen X. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers from flax (*Linum usitatissimum* L.). African Journal of Biotechnology. 2011;10(5):734-739. URL: <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-abstract/07B915D28252>
7. Soto-Cerda B. J., Saaverda H. U., Navarro C. N., Ortega P. M. Characterization of novel genic SSR markers in *Linum usitatissimum* (L.) and their transferability across eleven *Linum* species. Electronic Journal of Biotechnology. 2011;14(2):4-4. URL: <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v14n2-6>
8. Pan G., Chen A., Li J., Huang S., Tang H., Chang L., Zhao L. Genome-wide development of simple sequence repeats database for flax (*Linum usitatissimum* L.) and its use for genetic diversity assessment. Genetic Resources and Crop Evolution. 2020;(67):865-874. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00882-y>
9. Asgarinia P., Cloutier S., Duguid S., Rashid K., Mirlohi A., Banik M., Saeidi G. Mapping quantitative trait loci for powdery mildew resistance in flax (*Linum usitatissimum* L.). Crop Science. 2013;53:2462-2472. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.05.0298>
10. Wu J., Zhao Q., Wu G., Zhang S., Jiang T. Development of novel SSR markers for flax (*Linum usitatissimum* L.) using reduced-representation genome sequencing. Front. Plant Sci. 2018;(7). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02018>
11. Базанов Т. А., Ушаповский И. В., Лемеш В. А., Богданова М. В., Лагуновская Е. В. Генетический полиморфизм современных сортов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) российской селекции с использованием SSR маркеров. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(4):81-87. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41857092>
12. Perry D. J., Lee S.-J. Multiplexed SSR markers for identification and purity assessment of Canadian flax varieties. Seed Science and Technology. 2016;44(1):156-167. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.1.01>
13. Saghai-Marooif M. A., Soliman K. M., Jorgensen R. A., Allard R. W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. PNAS USA. 1984;81:8014-8018. URL: <https://www.pnas.org/content/pnas/81/24/8014.full.pdf>
14. Челюстникова Т. А., Гучетль С. З., Антонова Т. С. Микросателлитные локусы для идентификации сортов льна масличного селекции ВНИИМК: подбор информативных праймеров и оптимальных условий ПЦР ДНК. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2019;2(178):41-46. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-2-178-41-46>
15. Овчарова Л. Р., Зеленцов В. С., Рябенко Л. Г., Галкина Г. Г., Сляров С. В., Зеленцов С. В., Мошненко Е. В. Сорт масличного льна ВНИИМК 620 ФН. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2019;(1(177)):146-149. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-1-177-146-149>

16. Зеленцов С. В., Мошненко Е. В., Рябенко Л. Г., Овчарова Л. Р. Типы и способы естественного опыления льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018;(1(173)):105-113. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-1-173-105-113>

17. Рогожина Т. Г., Анискина Ю. В., Карпачев В. В., Шилов И. А. Использование микросателлитного анализа для выявления биотипов у сортов ярового рапса (*Brassica napus* L.). Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015;(2(162)):27–33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24037018>

### References

1. Galkin F. M. *Len maslichnyy: selektsiya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdeleyvaniya i uborki*. [Oil flax: selection, seed production, technology of cultivation and harvesting]. *Pod red. N. I. Bochkareva*. Krasnodar: RAN, GNU VNIIMK, 2008. 65 p.

2. Egorov S. V., Porkhuntsova O. A. *Otsenka genotipov l'na maslichnogo po kriteriyam vnutrenney struktury na osnovе molekulyarnykh markerov semyan*. [Estimation of genotypes of oilseed flax according to the criteria of internal structure on the basis of molecular markers of seeds]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Bulletin of the Belarusian. 2019;(1):70-74. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37332596>

3. Abugalieva S. I., Volkova L. A., Ermekbaev K. A., Turuspekov E. K. *Genotipirovanie kommercheskikh sortov yarovoy pshenitsy Kazakhstana s ispol'zovaniem mikrosatellitnykh DNK-markerov*. [Genotyping of commercial varieties of spring wheat in Kazakhstan using microsatellite DNA markers]. *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*. 2012;(2):35-45. (In Kazakhstan). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25443417>

4. Suprun I. I., Smykov A. V., Stepanov I. V. *Ispol'zovanie mikrosatellitnykh markerov dlya pasportizatsii i izucheniya geneticheskikh vzaimosvyazey sortov persika, blizkikh po proiskhozhdeniyu*. [Use of microsatellite markers for dna passportization and study of genetic relations of cultivars of peach that are similar in origin]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019;(130):99-107. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37177466>

5. Gasi F., Sehic J., Grahic J., Hjeltnes S. H., Ordidge M., Benedikova D., Blouin-Delmas M., Drogoudi P., Giovannini D., Hofer M., Kahu K., Kovacs S., Laci G., Lateur M., Toldam-Andersen T. B., Ognjanov V., Nybom H. Genetic assessment of the pomological classification of plum *Prunus domestica* L. accessions sampled across Europe. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2020;67:1137-1161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00901-y>

6. Deng X., Long S., He D., Li X., Wang Y., Hao D., Qiu C., Chen X. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers from flax (*Linum usitatissimum* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2011;10(5):734-739. URL: <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-abstract/07B915D28252>

7. Soto-Cerda B. J., Saaverda H. U., Navarro C. N., Ortega P. M. Characterization of novel genic SSR markers in *Linum usitatissimum* (L.) and their transferability across eleven *Linum* species. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2011;14(2):4-4. URL: <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v14n2-6>

8. Pan G., Chen A., Li J., Huang S., Tang H., Chang L., Zhao L. Genome-wide development of simple sequence repeats database for flax (*Linum usitatissimum* L.) and its use for genetic diversity assessment. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2020;(67):865-874. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00882-y>

9. Asgarinia P., Cloutier S., Duguid S., Rashid K., Mirlohi A., Banik M., Saeidi G. Mapping quantitative trait loci for powdery mildew resistance in flax (*Linum usitatissimum* L.). *Crop Science*. 2013;53:2462-2472. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.05.0298>

10. Wu J., Zhao Q., Wu G., Zhang S., Jiang T. Development of novel SSR markers for flax (*Linum usitatissimum* L.) using reduced-representation genome sequencing. *Front. Plant Sci*. 2018;(7). DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02018>

11. Bazanov T. A., Ushchapovskiy I. V., Lemesh V. A., Bogdanova M. V., Lagunovskaya E. V. *Geneticheskiy polimorfizm sovremennykh sortov l'na-dolguntsa (Linum usitatissimum L.) rossiyskoy selektsii s ispol'zovaniem SSR markerov*. [Genetic polymorphism of modern common flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars developed at russian breeding centers using SSR markers]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019;180(4):81-87. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41857092>

12. Perry D. J., Lee S.-J. Multiplexed SSR markers for identification and purity assessment of Canadian flax varieties. *Seed Science and Technology*. 2016;44(1):156-167. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.1.01>

13. Saghai-Marouf M. A., Soliman K. M., Jorgensen R. A., Allard R. W. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *PNAS USA*. 1984;81:8014-8018. URL: <https://www.pnas.org/content/pnas/81/24/8014.full.pdf>

14. Chelyustnikova T. A., Guchetl' S. Z., Antonova T. S. *Mikrosatellitnye lokusy dlya identifikatsii sortov l'na maslichnogo seleksii VNNIMK: podbor informativnykh praymerov i optimal'nykh usloviy PTsR DNK*. [Microsatellitelociforidentification of oil flax varieties of the breeding of V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops: selection of informative primers and optimal conditions for DNA PCR]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2019;2(178):41-46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-2-178-41-46>
15. Ovcharova L. R., Zelentsov V. S., Ryabenko L. G., Galkina G. G., Sklyarov S. V., Zelentsov S. V., Moshnenko E. V. *Sort maslichnogo l'na VNIIMK 620 FN*. [The variety of oil flax VNIIMK 620 FN]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2019;1(177):146-149. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-1-177-146-149>
16. Zelentsov S. V., Moshnenko E. V., Ryabenko L. G., Ovcharova L. R. *Tipy i sposoby estestvennogo opyleniya l'na obyknovennogo Linum usitatissimum L.* [The types and methods of natural pollination of flax *Linum usitatissimum* L.]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2018;1(173):105-113. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-1-173-105-113>
17. Rogozhina T. G., Aniskina Yu. V., Karpachev V. V., Shilov I. A. *Ispol'zovanie mikrosatellitnogo analiza dlya vyavleniya biotipov u sortov yarovogo rapsa (Brassica napus L.)*. [An application of microsatellite analysis for detection of biotypes from spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.)]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2015;2(162):27-33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24037018>

**Сведения об авторах**

✉ **Гучетль Саида Заурбиевна**, кандидат биол. наук, зав. лабораторией молекулярно-генетических исследований, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: [vniimk@vniimk.ru](mailto:vniimk@vniimk.ru), ORCID: <http://sandbox.orcid.org/0000-0002-5033-2295>, e-mail: [saida.guchetl@mail.ru](mailto:saida.guchetl@mail.ru)

**Челюстникова Татьяна Аркадьевна**, аналитик лаборатории молекулярно-генетических исследований, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: [vniimk@vniimk.ru](mailto:vniimk@vniimk.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3981-5832>, e-mail: [tchelyustnikova@mail.ru](mailto:tchelyustnikova@mail.ru)

**Information about the authors**

✉ **Saida Z. Guchetl**, PhD in Biology, Head of the Laboratory of Molecular Genetic Research, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov street, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: [vniimk@vniimk.ru](mailto:vniimk@vniimk.ru), ORCID: <http://sandbox.orcid.org/0000-0002-5033-2295>, e-mail: [saida.guchetl@mail.ru](mailto:saida.guchetl@mail.ru)

**Tatyana A. Tchelyustnikova**, analyst of the Laboratory of Molecular Genetic Research, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, 17 Filatov street, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: [vniimk@vniimk.ru](mailto:vniimk@vniimk.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3981-5832>, e-mail: [tchelyustnikova@mail.ru](mailto:tchelyustnikova@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Особенности производства лука-шалота сорта Истобенский при выращивании рассадным методом

© 2020. В. М. Мотов, А. В. Денисова, О. А. Чеглакова , М. В. Мотова  
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В настоящее время лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.) является востребованной культурой, требует изучения и создания новых сортов, а самое главное – технологии промышленного производства. В статье представлены результаты исследований за 2015-2019 гг. по возделыванию лука-шалота салатного назначения рассадным методом в условиях Кировской области (Северо-Восток европейской части России). Установлено, что выращивание сорта Истобенский через рассаду позволяет за вегетационный период получить товарную луковицу. Срок посева семян для получения полноценной рассады – первые числа апреля. Оптимальный возраст рассады – от всходов до посадки в открытый грунт – 40 дней. В зависимости от варианта в каждой ячейке выращивали от 1 до 5 штук растений. Контроль – вариант с одним растением. При искусственном досвечивании использовали светодиодные лампы с освещённостью 5000-7000 лм. Рекомендуемый период выращивания 20-25 дней, период освещённости – 14 часов. Доращивали рассаду в поликарбонатной теплице 18-20 суток с последующей высадкой в открытый грунт. Максимальная урожайность с минимальными затратами на семена была получена при выращивании 3 растений в одной ячейке. При выращивании рассадным методом максимальная масса луковицы 400 г была получена в 2016 году. В исследованиях установлено, что максимальная урожайность – 5,8 кг/м<sup>2</sup> (+1,6 к контролю при НСР<sub>05</sub> = 0,7) была получена при посеве семян 4 апреля. Посадка двух растений в лунку снижала среднюю массу луковицы на 33 %, трёх – на 40, четырёх – на 57, пяти – на 68 % по сравнению с контролем. Проведённые исследования показали, что лук-шалот сорта Истобенский пригоден для рассадного метода выращивания луковиц из семян: за один вегетационный период можно получить полноценные луковицы салатного назначения средней массой 100-131 г с содержанием сухого вещества 2,99 %, аскорбиновой кислоты – 13,99 %, кислотностью – 0,61 %.*

**Ключевые слова:** селекция, сорта лука-шалота салатного назначения, луковица, урожайность, рассадная культура, кассета, семена, досвечивание светодиодными лампами

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0093).

Авторы выражают благодарность ООО Научно-производственной фирме «Агросемтомс» за предоставление семенного материала и земельного участка для закладки опытов.

Авторы выражают признательность рецензентам за их вклад в экспертную оценку этой работы.

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

**Для цитирования:** Мотов В. М., Денисова А. В., Чеглакова О. А., Мотова М. В. Особенности производства лука-шалота сорта Истобенский при выращивании рассадным методом. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21.5.540-548. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.540-548>

Поступила: 21.01.2020

Принята к публикации: 14.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Specific features of production of Istobensky variety shallot grown by transplanting method

© 2020. Victor M. Motov, Anna V. Denisova, Oksana A. Cheglakova ,  
Margarita V. Motova

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

*Currently, shallot (*Allium ascalonicum* L.) is a popular crop, it requires study and development of new varieties. Above all, it needs industrial production technology. The article presents the results of 2015-2019 research on the cultivation of salad shallot by transplanting method in the conditions of the Kirov region (North-East of the European part of Russia). It has been established that growing the Istobensky variety through seedlings allows to get a full-fledged marketable bulb during the growing season. To obtain full-fledged seedlings the seeds are to be sown on the first days of April. The optimal age of seedlings from germination to planting into open ground is 40 days. Depending on the variant, from 1 to 5 pieces of plants were grown in each cell. The control variant had one plant. During artificial illumination, LED lamps with light intensity of 5000-7000 lm were used. The recommended growing period was 20-25 days; the illumination period - 14 hours. Seedlings were grown in a polycarbonate greenhouse during 18-20 days, followed by planting into the open ground. The maximum yield with minimum cost of seeds was obtained by growing three plants in one cell. When grown by the transplanting method, the maximum bulb size of 400 g was obtained in 2016. The studies proved that the maximum yield of 5.8 kg/m<sup>2</sup> (+1.6 to the control at LSD<sub>05</sub> = 0.7) was obtained when sowing seeds on April, 4. Planting two plants into a hole reduced the average*

*bulb weight by 33%, three – 40; four – 57; and five – 68% compared with the control. The study have shown that shallot of the Istobensky variety is suitable for the transplanting method of growing bulbs from seeds. During one growing period it is possible to get full-fledged bulbs of salad use with an average weight of 100-131 g, with a dry matter content of 2.99%, ascorbic acid – 13.99%, acidity – 0.61%.*

**Keywords:** *breeding, shallot varieties of salad use, bulb, yield, transplanted crop, seedling container, seeds, illumination with LED lamps*

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as a part of the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0093).

The authors thank the LLC Agrosemptoms Scientific and Production Company for providing seed material and field area for conducting the experiments.

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 quotation:** Motov V. M., Denisova A. V., Cheglakova O. A., Motova M. V. Specific features of production of Istobensky variety shallot grown by transplanting method. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):540-548. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.540-548>

Received: 21.01.2020

Accepted for publication: 14.10.2020

Published online: 22.10.2020

Лук-шалот (*Allium ascalonicum* L.) принадлежит семейству *Alliaceae*, роду *Allium* sp. По данным Н. И. Вавилова (1935), родиной шалота является высокогорный Абиссинский очаг (Восточная Африка)<sup>1</sup>. Исследования, проведенные с использованием ДНК-маркеров, не исключают возможность, что центром происхождения зародышевой плазмы лука-шалота может быть Западная Ява в Индонезии [1].

Шалот впервые был описан как самостоятельный вид Карлом Линнеем (1753). До сих пор нет единого мнения о видовой ботанической принадлежности лука-шалота [2]. Одни ученые рассматривают лук-шалот как самостоятельный вид [3], другие считают, что шалот является разновидностью лука репчатого [4, 5, 6].

К отличительным особенностям лука-шалота относят: интенсивное ветвление и формирование в гнезде до 15 и более луковиц, но уступающих по размеру луку репчатому; скороспелость; отличную сохраняемость и длительную лёжку. Он ценится за высокое качество листьев и используется для получения нежной, ароматной, сочной зелени в защищённом и открытом грунтах и раннего лука-репки [7].

В России практически отсутствует промышленное производство лука-шалота, но у садоводов и фермеров он пользуется большим спросом. Особенно велико значение этой культуры для центральных и северных регионов Сибири и Урала, где короткий период вегетации, длинный световой день, ярко вы-

раженная континентальность климата и продолжительный осенне-зимний период требуют, чтобы сорта луковичных видов и приемы их выращивания способствовали быстрому и более раннему, чем у лука репчатого, формированию хорошо вызревших луковиц – лежких, с длительным периодом сохранности, но в то же время способных прерывать покой при выгонке в защищенном грунте. Для расширения производства и широкого распространения культуры лука-шалота требуются адаптированные к условиям возделывания сорта [7].

Особенно ценится лук-шалот за рано созревающую нежную, витаминную и ароматную зелень и хорошо сохраняющиеся луковицы. Он является высокоэффективной культурой для выгонки, дающей высокий прирост продукции по отношению к массе высаженного материала до 192 % и высокий урожай зелени [8]. По данным G. R. Fenwick и A. V. Hanley (1990), содержание сухой массы в луковице лука-шалота колеблется от 16 до 35 % и состоит: 75-80 % углеводы, 1 % липиды, 10-20 % протеины, пептиды, аминокислоты, 1-3 % зольные элементы [9]. По содержанию сухих веществ шалот превосходит репчатый лук.

Луковицы лука-шалота сочнее, мягче и ароматнее репчатого лука, богаты солями железа, кальция, калия, фосфора, молибдена, кремния, содержат витамины: С, В1, В2, РР, каротин. Питательная (энергетическая) ценность у зелени составляет – 127-19 ккал на 100 г сырой массы; у луковиц – 30-36 ккал на 100 г сырой массы [10].

<sup>1</sup>Вавилов Н. И. Ботанико-географические основы селекции. М., 1935. С 38.

Особой ценностью являются и полезные медицинские свойства. Установлено, что лук-шалот обладает антибиотическими, антиоксидантными, антидиабетическими и гематологическими свойствами. Свежий сырой сок биологически активен против дрожжеподобных грибов, дерматофитов и некоторых сапротрофных грибов *in vitro*. Угнетающее действие свежего сырого сока лука-шалота было выявлено и в отношении патогенных бактерий [11].

В настоящее время для расширения производства и широкого распространения культуры лука-шалота требуются адаптированные к условиям возделывания сорта. Кроме того, в рыночных условиях селекционного достижения, в виде уникального сорта, недостаточно для его широкого воспроизводства. Необходима разработанная и апробированная агротехника выращивания и механизированная технология возделывания.

С 2011 года на базе ООО НПФ «Агросемтомс» (г. Киров) была начата селекционная работа по созданию сорта лука-шалота салатного назначения. Были использованы гибридные популяции сортообразцов отечественной и зарубежной селекции, преимущественно южного происхождения. Итогом работы стал сорт Истобенский салатного назначения.

Агротехника выращивания лука-шалота через семена в условиях Северо-Востока европейской части РФ подразумевает выращивание рассады. Несмотря на то, что производство рассады требует больших затрат ручного труда, оно позволяет ускорить развитие растений на полтора-два месяца, это особенно важно в условиях Северо-Востока европейской части России (Кировской), а также других северных и центральных районах России, где вегетационный период выращивания лука-шалота короток. Применяя рассадный метод выращивания, можно получить полноценные луковицы за один вегетационный период, минуя стадию севка даже в тех районах РФ, где обычно полноценную луковицу можно получить только через севок.

**Цель исследований** – разработать рассадный метод производства лука-шалота сорта Истобенский для использования в технологии получения полноценной луковицы салатного назначения в условиях Северо-Востока европейской части России.

**Материал и методы.** Исследования по разработке рассадного метода производства лука-шалота проведены в 2015-2019 гг. в условиях Кировской области. Объект исследований – новый сорт лука-шалота Истобенский, созданный методом неоднократного индивидуального клонового отбора с использованием инцухта. Адаптирован к длинному световому дню и перепадам температур. Семена получены в условиях Кировской области. Сорт среднеспелый: от входов семян до полегания пера – 125-130 дней; при посадке луковицей – 85-90 дней. Луковица поперечно-узкоэллиптическая, вкус сладкий. Средняя масса луковицы (при выращивании через рассаду) – 140-160 г. При посадке луковицей в гнезде образуется 9-10 шт. луковиц массой 45-60 г (рис. 1).



**Рис. 1. Лук-шалот сорта Истобенский, выращенный из луковицы /**

**Fig. 1. Shallot of Istobensky variety grown from a bulb**

Окраска сухих чешуй – красная с коричневым оттенком, окраска сочных чешуй – белая. Зелёные листья прямостоячие, нежные с хорошим вкусом почти без горечи (рис. 2). Содержание сухого вещества – 11-12 %, сахара – 3-4 %, аскорбиновой кислоты – 14-15 %. Средняя урожайность при рассадном методе выращивания – 2,9-4,7 кг/м<sup>2</sup>. Сорт внесён в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ в 2019 году<sup>2</sup>.

В 2015-2016 гг. определяли оптимальные сроки посева семян лука-шалота при выращивании его через рассаду. Для этого семена высевали с интервалом 5-6 дней. Рассаду выращивали при искусственном освещении с использованием двух ламп мощностью 48 Вт при средней стоимости коммерческой электроэнергии за 1 кВт – 5,7 руб.

<sup>2</sup>Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reestr.gossortrf.ru/reestr/sort/8261023.html> (дата обращения 10.12.2019).



*Рис. 2. Лук-шалот сорта Истобенский, выращенный рассадным методом /*  
*Fig. 2. Istobensky variety grown by transplanting method*

Продолжительность светового дня в исходную дату посева 10 марта составляла 11 часов 25 мин, продолжительность искусственного освещения – 14 часов. Период искусственного освещения был определён на основе дальнейшего доращивания рассады при естественном освещении в теплице без обогрева с 15 апреля. В этот период продолжительность светового дня увеличилась до 14 часов 10 мин. Рассаду выращивали в кассетах №144, в одну ячейку высевали 4 семечка, в последствии – по три растения.

В 2017-2019 гг. были проведены исследования по установлению оптимального количества штук рассады лука-шалота сорта Истобенский в лунке при посадке. Посев семян проводили в начале апреля. Контроль – вариант с одним растением. Рассаду выращивали при досветке светодиодными лампами мощностью 6000-7000 лк 20-25 суток. Период освещённости – 14 часов. Доращивали рассаду в поликарбонатной теплице 18-20 суток с последующей высадкой в открытый грунт.

В открытый грунт высаживали рассаду в первой половине мая. Уборка урожая – в первой половине августа. Опытный участок располагался в Оричевском районе Кировской области на дерново-подзолистой почве с высоким агрофоном: гумус – 4,35 % (по Тюрину, ЦИНАО)<sup>3</sup>, рН<sub>кол.</sub> – 4,78, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> > 250 мг, K<sub>2</sub>O >

250 мг/кг (по Кирсанову)<sup>4</sup>. Предшественник – томат, после уборки которого высевали в качестве сидерата вико-овсяную смесь с фацелией (норма посева – 2,5 кг на 100 м<sup>2</sup>). В конце сентября проводили вспашку до 30 см, вносили минеральные удобрения (NPK по 60 г д. в. /м<sup>2</sup>). Весенняя подготовка почвы состояла из внесения минеральных удобрений: аммиачная селитра (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) – 20 г/м<sup>2</sup>; калиевая селитра (KNO<sub>3</sub>) – 30 г/м<sup>2</sup> с последующим фрезерованием. Уборку урожая проводили в первой декаде августа в фазу единичного полегания листьев, т. к. согласно исследованиям ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», урожайность луковиц при уборке в эту фазу увеличивается на 5-15 % [12].

Повторность опыта 4-кратная. Площадь делянки – 0,39 м<sup>2</sup>. Схема посадки: 30x25 см. В исследованиях использовали общепринятые методики<sup>5, 6, 7, 8</sup>. Статистическая обработка результатов выполнена методом дисперсионного анализа.

Метеоусловия в годы проведения исследований представлены на рисунках 3, 4. Практически во все годы исследований месяц май был сухим, осадки не превышали среднее многолетнее значение (55 мм). Исключение составил 2017 г. – оптимальный для выращивания лука шалота: осадков выпало больше – 56 мм, температура на 3,2 °С была ниже нормы.

<sup>3</sup>ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.

<sup>4</sup>ГОСТ 26207-91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 7 с.

<sup>5</sup>ГОСТ 26213-91. М.: Изд-во стандартов, 1992.

<sup>6</sup>ГОСТ 26207-91. М.: Изд-во стандартов, 1992.

<sup>7</sup>Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Россельхозакадемия, 2011. 648 с.

<sup>8</sup>Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Картофель, овощные и бахчевые культуры. Вып.4. М., 1975. 256 с.

Июнь в 2017, 2018, 2019 гг. был влажным и холодным, температура отклонялась от средней многолетней на  $-2,7$  °C,  $-2,0$  °C и  $-6,6$  °C соответственно. Июнь 2016 г. был относительно теплым ( $+16,5$  °C) и сухим (20 мм) при средней температуре ( $+16,4$  °C) и осадках (70 мм). Температура в июле выше средней многолетней ( $+18,3$  °C) была в 2016 г. на

$+2,8$  °C и в 2018 г. на  $+2,3$  °C, холодными были июль 2017 и 2019 гг. Однако по осадкам все годы, кроме 2019 г., превысили среднюю многолетнюю. Засушливый август наблюдался во все годы исследований, осадки были ниже средней многолетней (71 мм). Кроме того, в 2019 г. температура была с отклонением от нормы на  $-1,8$  °C.

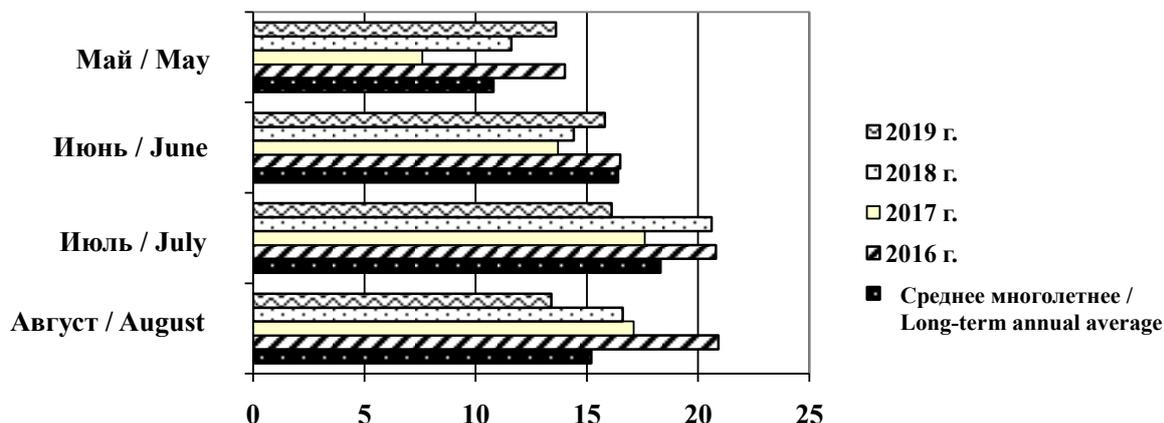


Рис. 3. Среднемесячная температура воздуха за вегетационные периоды 2016-2019 гг., °C (данные Гидрометобсерватории, г. Киров) /

Fig. 3. Average monthly air temperature during the growing periods of 2016-2019, °C (data of the Hydrometeorological Observatory, Kirov)

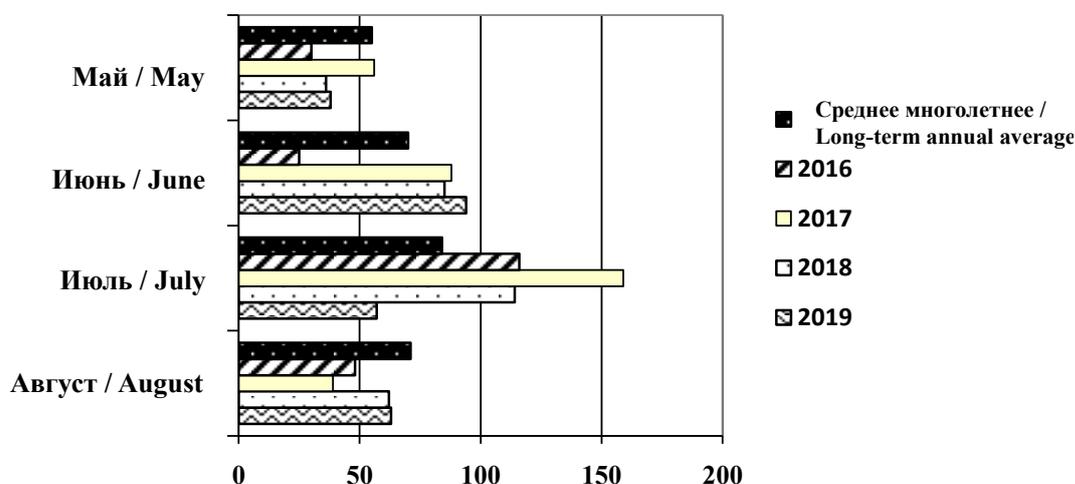


Рис. 4. Месячная сумма осадков за вегетационные периоды 2016-2019 гг., мм (данные Гидрометобсерватории, г. Киров) /

Fig. 4. Amount of precipitation per month in growing periods of 2016-2019, mm (data of Hydrometeorological Observatory, Kirov)

**Результаты и обсуждение.** В нашем опыте максимальный период выращивания рассады составил 65 дней, минимальный – 35 дней (табл. 1). При посадке в открытый грунт рассада была одинаковая во всех вариантах опыта. Отличия наблюдали в вариантах 5 и 6, где корневая система рассады была более разветвлённая. Анализ энергозатрат показал, что с увеличением периода выращивания воз-

растает стоимость рассады (табл. 1) и эти затраты не компенсируются полученной урожайностью (табл. 2).

Анализ урожайности в зависимости от сроков посева показал, что оптимальные сроки для выращивания рассады лука-шалота – начало апреля. В наших исследованиях максимальный урожай  $5,8$  кг/м<sup>2</sup> был получен при посеве семян 4 апреля.

*Таблица 1 – Затраты электроэнергии при выращивании рассады лука-шалота сорта Истобенский (2016 г.) / Table 1 – Electricity costs by growing seedlings of shallot of Istobensky (2016)*

Вариант / Variant	Дата посева / Date of sowing seeds	Количество дней выращивания рассады / Number of days for growing seedlings		Расход электроэнергии на 1 м <sup>2</sup> , кВт / Energy consumption per 1 square meter	Сумма, руб. / The sum, in rubles
		при искусственном освещении / in artificial light	при естественном освещении / in natural light		
1(К)	10.03.	45	20	87,7	500,0
2	15.03.	40	20	78,0	444,6
3	22.03.	33	20	64,3	366,5
4	28.03.	27	20	52,6	299,8
5	04.04.	20	20	39,0	222,3
6	09.04.	15	20	29,2	166,4

*Таблица 2 – Влияние сроков посева на урожайность лука-шалота сорта Истобенский (2016-2015 гг.) / Table 2 – Influence of sowing dates on the yield of Istobensky variety (2016-2015)*

Вариант / Variant	Дата посева / Date of sowing seeds	Период производства рассады, дни / Number of days for growing seedlings	Вегетационный период выращивания, дни / Vegetation period of cultivation, days	Урожайность / Yield		Средняя масса 1 луковицы, г / Average mass of 1 bulb, grams
				кг/м <sup>2</sup>	отклонение от контроля / deviation from the control	
1(К)	10.03.	65	153	4,2	-	110
2	15.03.	60	148	4,3	0,1	122
3	22.03.	53	141	4,8	0,4	100
4	28.03.	47	135	4,5	0,3	120
5	04.04.	40	128	<b>5,8</b>	<b>1,6</b>	116
6	09.04.	35	123	4,9	0,7	131
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-		0,7	-

Изучение рассадного метода выращивания лука-шалота сорта Истобенский на протяжении трёх лет показало, что в условиях Кировской области возможно в течение сезона вырастить полноценную луковицу салатного шалота (рис. 5).



*Рис. 5. Оптимальное количество растений при рассадном методе выращивания / Fig. 5. Optimal number of plants by transplanting method of growing*

От количества растений в ячейке зависит качество рассады и в дальнейшем урожайность. С увеличением количества растений в ячейке от четырёх штук резко снижалась их приживаемость (табл. 3). При благоприятных погодных условиях (2017 г.) урожайность была высокой. В среднем за три года урожайность в вариантах 3, 4, 5 существенно превышала контроль.

При определении урожайности средняя масса луковицы имеет основное значение, поэтому и в селекции сорта этому признаку уделялось особое внимание. В наших опытах максимальная масса луковицы при выращивании рассадным методом была более 400 г (рис. 6). Увеличение количества растений в лунке (при посадке в открытый грунт) значительно сокращало среднюю массу луковицы: посадка двух растений – на 33 %, трёх – на 40 %, четырёх – на 57 %, пять – на 68 % по сравнению с контролем (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность и масса луковицы сорта Истобенский в зависимости от количества растений в лунке /

Table 3 – Yield and mass of a bulb of the Istobensky variety depending on the number of plants in a hole

Вариант / Variant	Кол-во растений в лунке, шт. / Number of plants in the hole, pieces	Кол-во растений на делянке, шт. / Number of plants in the plot, pcs.			Убрано лука с делянки, кг / Onion harvested from the plot, kg	Средняя масса 1 луковицы, г / Average weight of 1 bulb, grams	Урожайность, кг/м <sup>2</sup> / Yield, kg/m <sup>2</sup>	Отклонение от контроля, кг/м <sup>2</sup> / Deviation from the control, kg/m <sup>2</sup>
		посажено / planted	выжило / survived	%				
2017 г.								
1(K)	1	20	19	95	2,4	127	1,54	-
	2	40	39	98	3,8	98	2,45	0,90
	3	60	58	97	5,3	91	3,38	1,84
	4	80	70	88	5,9	85	3,80	2,26
	5	100	85	85	5,7	67	3,65	2,11
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-	-	-	-	-	0,45
2018 г.								
1(K)	1	20	20	100	3,0	149	2,00	-
	2	40	36	90	3,7	104	2,40	0,40
	3	60	60	100	5,5	91	3,50	1,50
	4	80	65	81	4,9	76	3,16	1,16
	5	100	83	83	5,1	62	3,29	1,29
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-	-	-	-	-	0,74
2019 г.								
1(K)	1	20	20	100	2,3	117	1,42	-
	2	40	38	95	2,4	62	1,57	0,15
	3	60	60	100	3,3	55	2,07	0,65
	4	80	69	86	3,1	45	1,90	0,48
	5	100	84	84	2,9	35	1,83	0,41
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-	-	-	-	-	0,55
Среднее за 2017-2019 гг. / Average for 2017-2019								
1(K)	1	20	19,7	19,7	2,58	131	1,65	-
	2	40	37,7	37,7	3,31	88	2,14	0,49
	3	60	59,3	59,3	4,69	79	2,98	1,33
	4	80	68,0	68,0	4,63	69	2,95	1,30
	5	100	84,0	84,0	3,67	55	2,92	1,27
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-	-	-	-	-	0,55

Биохимический анализ луковиц сорта Истобенский показал, что максимальное накопление сухого вещества (11,26 %) и сахаров (3,39 %) было отмечено в 2017 году (табл. 4).

Содержание аскорбиновой кислоты в луковицах в большей степени зависело от по-

годных условий произрастания. В благоприятные для луковых культур годы (2017-2018) накопление витамина С составило 14,96 и 15,40 % соответственно, в неблагоприятный 2019 год – всего 11,62 %.



Рис. 6. Максимальная масса лука-шалота сорта Истобенский /

Fig. 6. Maximum mass of shallot of Istobensky variety



Рис. 7. Максимальное количество растений в лунке сорта Истобенский при рассадном методе выращивания /  
Fig. 7. Maximum number of Istobensky variety plants in the hole grown by transplanting method

Таблица 4 – Влияние условий вегетации на биохимический состав луковиц сорта Истобенский, % /  
Table 4 – Effect of growing conditions on biochemical composition of Istobensky variety bulbs, %

Год исследований / Year of research	Сухое вещество / Dry substance	Сахар / Sugar	Аскорбиновая кислота / Ascorbine acid	Кислотность / Acidity
2017	11,26	3,39	14,96	0,63
2018	9,46	2,92	15,40	0,58
2019	8,79	2,66	11,62	0,60
Среднее / Average	9,84	2,99	13,99	0,61

**Выводы.** Проведённые исследования показали, что лук-шалот сорта Истобенский пригоден для рассадного метода выращивания луковиц из семян. В условиях Кировской области рассадным методом выращивания можно получить за один вегетационный период полноценные луковицы салатного назначения средней массой 100-131 г с содержанием сухого вещества 2,99 %, аскорбиновой кислоты – 13,99 %, кислотностью – 0,61 %. Оптимальный

срок посева семян на рассаду – первая декада апреля. При посеве семян 4 апреля был получен максимальный урожай лука – 5,8 кг/м<sup>2</sup>.

При рассадном методе выращивания рекомендуем использовать 144 кассету и выращивать в одной ячейке: по три растения для их хорошей приживаемости и получения максимального урожая с минимальными затратами; по одному растению для получения луковиц с наибольшей для сорта массой до 400 г.

#### Список литературы

1. Arifin Noor Sugiharto, Yukio Ozaki, Hiroshi Okubo. Genetic diversity in Indonesian shallot (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) and *Allium*× *wakegi* revealed by RAPD markers and origin of *A.*× *wakegi* identified by RFLP analyses of amplified chloroplast genes. *Euphytica*. 2000;111(1):23-31. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003732403402>
2. Гринберг Е. Г., Сузан В. Г., Штайнберг Т. В. Лук шалот: научно-практические рекомендации. Новосибирск–Екатеринбург: ФИЦ – Институт цитологии и генетики, Филиал – Сибирский Научно-исследовательский институт растениеводства и селекции Россельхозакадемии, 2016. 46 с.
3. Юрьева Н. А., Кокорева В. А. Многообразие луков и их использование. М.: Изд-во МСХА, 1992. 160 с.
4. Алексеева М. В. Культурные и дикорастущие пищевые луки. М.: Типография Российского государственного аграрного заочного университета, 1996. 80 с.
5. Helm J. Die zu Wurz und Speisewecken kultivierten Arten der Gattung *Allium* L. *Kulturpflanze*. 1956;(4):130-180. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02095412>
6. Stearn. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Botany*. 1960;2(6):159191.
7. Гринберг Е. Г., Ванина Л. А., Сузан В. Г. Лук-шалот в Сибири и на Урале. Новосибирск, 2007. 24 с.
8. Пивоваров В. Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. М.: ВНИИССОК, 2007. 816 с.
9. Fenwick G. R., Hanley A. B. Chemical composition. In: Rabinowitch H. D., Brewster J. L. (Eds.) *Onions and Allied Crops*, Vol. 3. 1990a. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 17-31.
10. Пивоваров В. Ф., Ершов И. И., Агафонов А. Ф. Луковые культуры. М., 2001. 499 с.
11. Mahmoudabadi A. Zarei, Gharib Nasery M. K. Anti fungal activity of shallot, *Allium ascalonicum* Linn. (*Liliaceae*), *in vitro*. *Journal of Medicinal Plants Research* 2009;3(5):450-453. URL: [https://www.researchgate.net/publication/237249164\\_Anti\\_fungal\\_activity\\_of\\_shallot\\_Allium\\_ascalonicum\\_Linn\\_Liliaceae\\_in\\_vitro](https://www.researchgate.net/publication/237249164_Anti_fungal_activity_of_shallot_Allium_ascalonicum_Linn_Liliaceae_in_vitro)

12. Середин Т. М., Шумилина В. В., Агафонов А. Ф., Жаркова С. В., Сузан В. Г., Мотов В. М., Дубова М. В., Кривенков Л. В., Баранова Е. В., Шевченко Т. Е. Выращивание лука-шалота в условиях Нечерноземья и на юге Западной Сибири. ФГБНУ ФНЦО. Омск: Издательский центр КАН, 2019. 44 с.

13. Мотов В. М., Астраханский Ю. А., Бесчастный Ф. А., Орехова Г. Н. Лук шалот Истобенский: пат. на селекционное достижение № 10277 (Российская Федерация). №72641: заявл. 27.09.2017; опубл. 15.05.2019. Режим доступа: <https://reestr.gosortrf.ru/sorts/8261023/>

#### References

1. Arifin Noor Sugiharto, Yukio Ozaki, Hiroshi Okubo. Genetic diversity in Indonesian shallot (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) and *Allium*× *wakegi* revealed by RAPD markers and origin of *A.*× *wakegi* identified by RFLP analyses of amplified chloroplast genes. *Euphytica*. 2000;111(1):23-31. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003732403402>

2. Grinberg E. G., Suzan V. G., Shtaynberg T. V. *Luk shalot: nauchno-prakticheskie rekomendatsii*. [Shallot: scientific and practical recommendations]. Novosibirsk–Ekaterinburg: *FITs – Institut tsitologii i genetiki, Filial – Sibirskiy Nauchno-issledovatel'skiy institut rastenievodstva i seleksii Rossel'khozakademii*, 2016. 46 p.

3. Yur'eva N. A., Kokoreva V. A. *Mnogoobrazie lukov i ikh ispol'zovanie*. [Variability of onions and their use]. Moscow: *Izd-vo MSKHA*, 1992. 160 p.

4. Alekseeva M. V. *Kul'turnye i dikorastushchie pishchevye luki*. [Cultivated and wild food onions]. Moscow: *Tipografiya Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*, 1996. 80 p.

5. Helm J. Die zu Wurz und Speisewecken kultivierten Arten der Gattung *Allium* L. *Kulturpflanze*. 1956;(4):130-180. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02095412>

6. Stearn. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Botany*. 1960;2(6):159191.

7. Grinberg E. G., Vanina L. A., Suzan V. G. *Luk shalot v Sibiri i na Urale*. [Shallot in Siberia and in the Ural]. Novosibirsk, 2007. 24 p.

8. Pivovarov V. F. *Selektsiya i semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur*. [Breeding and seed growing of vegetable crops]. Moscow: *VNISSOK*, 2007. 816 p.

9. Fenwick G. R., Hanley A. B. Chemical composition. In: Rabinowitch H. D., Brewster J. L. (Eds.) *Onions and Allied Crops*, Vol. 3. 1990a. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 17-31.

10. Pivovarov V. F., Ershov I. I., Agafonov A. F. *Lukovye kul'tury*. [Onion crops]. Moscow, 2001. 499 p.

11. Mahmoudabadi A. Zarei, Gharib Nasery M. K. Anti fungal activity of shallot, *Allium ascalonicum* Linn. (Liliaceae), in vitro. *Journal of Medicinal Plants Research* 2009;3(5):450-453.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/237249164\\_Anti\\_fungal\\_activity\\_of\\_shallot\\_Allium\\_ascalonicum\\_Linn\\_Liliaceae\\_in\\_vitro](https://www.researchgate.net/publication/237249164_Anti_fungal_activity_of_shallot_Allium_ascalonicum_Linn_Liliaceae_in_vitro)

12. Seredin T. M., Shumilina V. V., Agafonov A. F., Zharkova S. V., Suzan V. G., Mотов V. M., Dubova M. V., Krivenkov L. V., Baranova E. V., Shevchenko T. E. *Vyrashchivanie luka shalota v usloviyakh Nечернозем'ya i na yuge Zapadnoy Sibiri*. [Cultivation of shallot in the Non-Black Earth Region and in the south of Western Siberia]. *FGBNU FNTsO. Омск: Izdatel'skiy tsentr KAN*, 2019. 44 p.

13. Mотов V. M., Astrakhanskiy Yu. A., Beschastnyy F. A., Orekhova G. N. Shallot onions cultivar 'Istobenskiy': pat. RF no. 10277. 2019. URL: <https://reestr.gosortrf.ru/sorts/8261023/>

#### Сведения об авторах

**Мотов Виктор Михайлович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории овощеводства, 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: <http://orcid.org/0000-0001-9278>

**Денисова Анна Валерьевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории овощеводства, 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: <http://orcid.org/0000-0002-3708-2703>

✉ **Чеглакова Оксана Александровна**, младший научный сотрудник лаборатории овощеводства, 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: <http://orcid.org/0000-0003-3227-6274>

**Мотова Маргарита Викторовна**, кандидат биол. наук, научный сотрудник лаборатории овощеводства, 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/0000-0002-1403-5912>

#### Information about the authors

**Victor M. Motov**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Vegetable Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0001-9278>

**Anna V. Denisova**, PhD in Agricultural Science, researcher, the Laboratory of Vegetable Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0002-3708-2703>

✉ **Oksana A. Cheglakova**, junior researcher, the Laboratory of Vegetable Growing, 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: <http://orcid.org/0000-0003-3227-6274>

**Margarita V. Motova**, PhD in Biology, researcher, the Laboratory of Vegetable Growing, 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/0000-0002-1403-5912>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560>

УДК: 633.2.03:633.322



## Перспективные травосмеси для пастбищного использования на осушаемых землях Нечерноземной зоны

© 2020. Н. Н. Иванова, О. Н. Анциферова✉, А. Д. Капсамун, Е. Н. Павлючик, Н. Н. Амбросимова

ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва, Российская Федерация

В статье приведены результаты восьмилетних (2012-2019 гг.) полевых исследований по формированию продукционного процесса разнокомпонентных бобово-злаковых травостоев при имитации пастбищного использования. Сравнение проводили с базовой травосмесью: клевер луговой ВИК 7 + клевер ползучий ВИК 70 + тимофеевка луговая ВИК 9 + овсяница луговая Сахаровская. Исследовали агрофитоценозы с участием райграса пастбищного ВИК 66 и фестулолиума ВИК 90. В качестве бобового компонента использовали люцерну изменчивую Находка, лядвенец рогатый Солнышко и клевер ползучий ВИК 70. Для увеличения срока использования в состав отдельных травосмесей была включена овсяница красная Сигма, обладающая способностью к самовозобновлению. Установлено, что наиболее адаптированными к условиям осушаемых земель являются люцерна изменчивая, лядвенец рогатый и овсяница красная. Анализ полученных результатов по изучению ботанического состава травостоев показал, что злаковые травы за 8 лет произрастания снизили свое участие в сложении травостоев с 32,0-47,8 % до 1,8-22,3 % (без учета травостоев с овсяницей красной). Четырехкомпонентные травосмеси на основе райграса пастбищного и фестулолиума с включением тимофеевки луговой оказались наиболее устойчивыми к сохранению сеяных видов трав (46,3-63,7 %) и внедрению сорной растительности. Введение в травосмесь дополнительных бобовых видов (люцерны изменчивой и лядвенца рогатого) увеличило срок использования и достоверно повысило урожайность зеленой массы травостоев. Наибольшая урожайность зеленой массы получена травостоями с люцерной изменчивой и лядвенцем рогатым – 23,7-26,4 т/га, которая на седьмой год пользования превысила базовую травосмесь на 3,2-6,5 т/га, или 13,5-24,6 %. Приведены результаты кормовой оценки бобово-злаковых райграсовых и фестулолиумовых травостоев, которые указывают на получение высококачественного зеленого корма в условиях осушаемых земель Верхневолжья.

**Ключевые слова:** осушаемая почва, райграс пастбищный, фестулолиум, люцерна изменчивая, лядвенец рогатый, овсяница красная, ботанический состав, долгодетие, продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорируемых земель (тема № 0651-2019-0010).

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

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

**Для цитирования:** Иванова Н. Н., Анциферова О. Н., Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Амбросимова Н. Н. Перспективные травосмеси для пастбищного использования на осушаемых землях Нечерноземной зоны. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):549-560. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560>

Поступила: 03.07.2020

Принята к публикации: 05.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Promising grass mixtures for pasture use on drained lands of the Non-Chernozem Zone

© 2020. Nadezhda N. Ivanova, Olga N. Antsiferova✉, Andrey D. Kapsamun, Ekaterina N. Pavlyuchik, Nina N. Ambrosimova

Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation

The article presents the results of eight-year (2012-2019) field research on the formation of the production process of multicomponent legume and cereal grass stands while simulating pasture use. The comparison study was carried out with the use of basic grass mixtures: meadow clover (*Trifolium pratense*) VIK 7 + creeping clover (*Trifolium repens*) VIK 70 + timothy grass (*Phleum pratense* L.) VIK 9 + meadow fescue (*Festuca pratensis*) Sakharovskaya. Studied were agrophytoce-noses with the use of pasture ryegrass (*Lolium perenne*) VIK 66 and festulolium VIK 90. As legume components, alfalfa changeable (*Medicago varia*) Nakhodka, birds-foot trefoil (*Lotus corniculatus*) Solnyshko and creeping clover VIK 70 were used. To increase the period of use, red fescue (*Festuca rubra*) Sigma, having the ability to regenerate itself was included into the composition of some mixtures. It has been established that alfalfa changeable, birds-foot trefoil and red fescue are the most adaptive to the conditions of drained lands. The analysis of the results of the study of the botanical composition of grass stands showed that over 8 years of growth, cereal grasses decreased their participation in the composition of herbage from

32.0-47.8 % to 1.8-22.3 % (excluding grass stands with red fescue). Four-component grass stands based on pasture ryegrass and festulolium with the use of timothy grass proved to be the most resistant to preserving sown grass species (46.3-63.7 %) and to weed infestation. Introducing additional legume species (alfalfa changeable and birds-foot trefoil) into the herbal mixture increased the period of use and significantly raised the yield of green mass of grass stands. The highest yield of green mass was obtained by herbage with alfalfa changeable and birds-foot trefoil - 23.7-26.4 t / ha, which in the seventh year of use exceeded the base grass mixture by 3.2-6.5 t / ha or 13.5-24.6 %. The results of fodder evaluation of legume-cereal ryegrass and festulolium grass stands, which denote the high-quality green fodder in conditions of drained soils of the Upper Volga Region, are presented.

**Key words:** drained soil, pasture ryegrass, festulolium, alfalfa changeable, birds-foot trefoil, red fescue, botanical composition, longevity, productivity

**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 the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (No. 0651-2019-0010).

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

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

**For citation:** Ivanova N. N., Antsiferova O. N., Kapsamun A. D., Pavlyuchik E. N., Ambrosimova N. N. Promising grass mixtures for pasture use on drained lands of the Non-Chernozem Zone. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):549-560. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560>

Received: 03.07.2020

Accepted for publication: 05.10.2020

Published online: 22.10.2020

Одним из важных условий успешного ведения современного животноводства является обеспечение скота высококачественными кормами в летний период. Основной причиной недостаточной обеспеченности животных кормами, сбалансированными по питательным веществам и, в первую очередь по перевариваемому протеину, является небольшой набор кормовых трав, используемых для получения сенажа, силоса и зеленых кормов [1].

С учетом изменения климатических условий в регионах с развитым животноводством требуется расширение видового состава многолетних трав и корректировка технологий их возделывания для стабилизации продуктивности травосеяния, создания бесперебойного зеленого и сырьевого конвейеров. Видовое и сортовое разнообразие трав, введение эффективных смешанных посевов позволит повысить устойчивость кормопроизводства, улучшить качество кормов, а также создать условия для рационального природопользования [2, 3, 4].

Кроме того, при создании краткосрочных сеяных лугов затрачиваются дополнительные средства на перезалужение, при этом биологический потенциал долголетия многолетних трав (и в первую очередь корневищных злаков) реализуется не полностью [5]. В связи с этим и вследствие ограниченности ресурсов сельскохозяйственных предприятий, особую актуальность приобретает использование потенциала долголетних трав [6, 7, 8]. Продление продуктивного долголетия травостоев может дости-

гаться за счет подбора компонентов травосмесей с учетом экологических условий местобитания включаемых видов [9, 10, 11, 12, 13].

Одним из направлений развития кормопроизводства в настоящее время становится использование новых видов и сортов долголетних кормовых трав, более конкурентоспособных по сравнению с традиционно возделываемыми [14, 15, 16, 17]. Основанием для наших исследований послужила необходимость увеличения биопродуктивности земель в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, продления устойчивого продуктивного долголетия пастбищных травостоев в условиях осушаемых земель Верхневолжья [18, 19, 20, 21].

**Цель исследования** – определение оптимального сочетания видов кормовых культур в травосмесях, обеспечивающих высокое продуктивное долголетие и питательную ценность корма; изучение влияния длительного использования бобово-злаковых травостоев с участием райграса пастбищного и фестулолиума на качество полученного корма.

**Материал и методы.** Научные исследования осуществляли сотрудники отдела кормопроизводства в 2012-2019 годах на агроэкологическом стационаре Всероссийского НИИ мелиорированных земель в Тверской области. Все необходимые наблюдения, замеры, учеты проводили согласно требованиям существующих методических пособий<sup>1</sup>. Статистическую обработку результатов полевого эксперимента проводили методом дисперсионного анализа<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, ВНИИ кормов, М., 1983. 197 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 350 с.

В восьмилетнем опыте изучали формирование продуктивности бобово-злаковых райграсовых и фестулолиумовых агрофитоценозов в условиях осушаемых земель гумидной зоны. В качестве объектов исследований выступали трех- и четырехкомпонентные травосмеси с участием райграса пастбищного и фестулолиума.

Показанная ниже схема опыта позволяет изучать потенциал продуктивности пастбищных агрофитоценозов различного видового и количественного состава (табл. 1). Представленные в схеме опыта нормы высева семян выбраны с учетом рекомендаций ВНИИ кормов<sup>3</sup>.

*Таблица 1 – Травосмеси и нормы высева семян трав (схема опыта) / Table 1 – Grass mixtures and seeding rates of grass seeds (experiment scheme)*

	<i>Виды трав / Types of herbs</i>	<i>Норма высева семян, кг/га / Seeding rates, kg/ha</i>
1.	Клевер луговой ВИК 7 + клевер ползучий ВИК 70 + тимopheевка луговая ВИК 9 + овсяница луговая Сахаровская (базовая травосмесь) / Meadow clover VIK 7 + creeping clover VIK 70 + timothy grass VIK 9 + meadow fescue Sakharovskaya (basic grass mixture)	5 + 2 + 6 + 6
2.	Райграс пастбищный ВИК 66 + люцерна изменчивая Находка + клевер ползучий ВИК 70 / Pasture ryegrass VIK 66 + alfalfa changeable Nakhodka + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 3
3.	Райграс пастбищный ВИК 66 + лядвенец рогатый Солнышко + клевер ползучий ВИК 70 / Pasture ryegrass VIK 66 + birds-foot trefoil Solnyshko + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 3
4.	Райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheевка луговая ВИК 9 + люцерна изменчивая Находка + клевер ползучий ВИК 70 / Pasture ryegrass VIK 66 + timothy grass VIK 9 + alfalfa changeable Nakhodka + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 6 + 3
5.	Райграс пастбищный ВИК 66 + овсяница красная Сигма + клевер ползучий ВИК 70 / Pasture ryegrass VIK 66 + red fescue Sigma + creeping clover VIK 70	8 + 3 + 3
6.	Фестулолиум ВИК 90 + люцерна изменчивая Находка + клевер ползучий ВИК 70 / Festulolium VIK 90 + alfalfa changeable Nakhodka + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 3
7.	Фестулолиум ВИК 90 + лядвенец рогатый Солнышко + клевер ползучий ВИК 70 / Festulolium VIK 90 + birds-foot trefoil Solnyshko + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 3
8.	Фестулолиум ВИК 90 + тимopheевка луговая ВИК 9 + люцерна изменчивая Находка + клевер ползучий ВИК 70 / Festulolium VIK 90 + timothy grass VIK 9 + alfalfa changeable Nakhodka + creeping clover VIK 70	8 + 6 + 6 + 3
9.	Фестулолиум ВИК 90 + овсяница красная Сигма + клевер ползучий ВИК 70 / Festulolium VIK 90 + red fescue Sigma + creeping clover VIK 70	8 + 3 + 3

Полевой эксперимент проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. По результатам агрохимического состава, почва опытного участка считается благоприятной и соответствует оптимальным условиям для роста и развития изучаемых пастбищных трав: содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 131-160 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 130-157 мг/кг почвы. По реакции почвенного раствора почва характеризуется как близкая

к нейтральной – рН<sub>сол.</sub> 5,7-6,1. Содержание гумуса – 2,57-3,13 %.

Участок осушается закрытым гончарным дренажем с междренним расстоянием 20-22 м и глубиной залегания дрен 0,8-1,0 м. Варианты расположены поперек дрен, рандомизировано. Размер учетной делянки 70 м<sup>2</sup>. Повторение опыта трёхкратное.

<sup>3</sup>Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. ВНИИ кормов. М.: ВИК, 1983. 197 с.

На травостоях проводили 3-4 цикла имитации срамливания. На учетных площадках траву периодически (по достижении ею пастбищной спелости) при высоте 18-23 см срезали серпом и взвешивали на бытовых весах. Это давало возможность выявить как биологический урожай трав, так и его распределение по периодам пастбищного сезона. Для определения количества травы, используемой животными при выпасе, валовый урожай умножали на коэффициент 0,75.

**Результаты и их обсуждение.** Верхневолжский район (Тверская область) Нечерноземной зоны РФ по количеству атмосферных осадков относится к зоне рискованного земледелия. Начало вегетации растений, по многолетним метеонаблюдениям, совпадает

с высокими запасами влаги в почве. Однако большой расход запасов почвенной влаги на испарение и транспирацию в течение вегетации не компенсируется выпадающими осадками, что и приводит к недостатку запаса влаги, особенно в июне-июле.

Агрометеоусловия за годы проведения данного опыта отличались от среднесуточных значений. Опытный период характеризовался колебаниями среднесуточной температуры воздуха с неравномерным выпадением осадков. Особенно 2019 год оказался контрастным: отдельные отрезки времени вегетации пастбищных трав были как избыточно влажные (апрель и вторая декада мая), так и недостаточного увлажнения – в июле и августе (табл. 2).

*Таблица 2 – Метеорологические условия в годы проведения исследований (2012-2019 гг.) / Table 2 – Meteorological conditions in the years of research (2012-2019)*

Год / Year	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Сентябрь / September	Среднее за вегетационный период / Average for the growing season
Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C							
2012	6,3	13,6	17,6	19,5	16,3	12,8	14,4
2013	4,7	16,0	19,3	18,3	17,5	10,0	14,3
2014	6,0	14,9	15,3	20,0	18,7	11,1	14,3
2015	5,1	12,8	16,9	17,0	16,6	13,3	13,6
2016	-	14,4	17,2	19,4	18,1	11,0	14,0
2017	4,0	9,9	14,0	17,0	17,5	12,0	12,4
2018	6,8	14,7	15,8	19,1	18,3	13,5	14,7
2019	6,5	14,6	18,0	15,6	13,5	10,1	13,1
Среднесуточное, °C / Average long-term, °C	<b>5,2</b>	<b>11,8</b>	<b>16,4</b>	<b>17,8</b>	<b>15,8</b>	<b>10,1</b>	<b>12,9</b>
Количество выпавших осадков, мм / Amount of precipitation, mm							Сумма / Amount
2012	69,0	75,0	129,0	102,0	91,0	124,4	590,4
2013	45,0	54,6	60,0	68,0	25,0	43,0	295,6
2014	8,0	51,0	58,0	59,0	48,0	30,0	222,0
2015	42,0	93,0	53,0	117,0	26,0	61,0	392,0
2016	-	29,0	77,0	83,0	101,0	59,0	349,0
2017	67,0	75,0	125,0	75,0	35,0	77,0	454,0
2018	41,0	62,4	77,0	83,0	25,0	90,0	378,4
2019	9,1	35,0	39,0	51,0	147,0	40,0	321,1
Среднесуточное, мм / Average long-term, mm	<b>35,0</b>	<b>53,0</b>	<b>75,0</b>	<b>94,0</b>	<b>68,0</b>	<b>64,0</b>	<b>389,0</b>

Гидротермический коэффициент (ГТК) является характеристикой увлажненности территории (влагообеспеченности). Если значения ГТК в пределах 1,0-2,0, то условия естественного увлажнения считаются удовлетворительными, если меньше 1 – недостаточными. Первый год жизни трав (2012 г.) был избыточно влажным – ГТК = 2,50. Второй год использования травостоев (2014 г.) – недостаточно влажным при ГТК = 0,96. В целом, условия влагообеспеченности в 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 гг. при ГТК = 1,0-2,0 были благоприятными для произрастания трав и формирования ими урожайности.

При сумме осадков за пастбищный сезон 300-350 мм и среднесуточной температуре воздуха 12-15 °С создавались наиболее оптимальные условия для роста и развития изучаемых многолетних трав. Погодные условия, особенно количество осадков, оказывали влияние на рост и развитие многолетних трав. Формирование третьих укосов, в основном, проходило при дефиците атмосферных осадков.

Большое значение имеет повышение устойчивости агроэкосистем. Уменьшение их зависимости от погодных условий очень важно, так как снижение продуктивности кормовых культур, даже в один экстремальный год, может привести к самым неблагоприятным последствиям [22]. Общеизвестно, что для луговых трав оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы при близком залегании уровня грунтовых вод составляет 60-80 % от полной влагоемкости, а при глубоком (свыше 1,5 м) – 70-100 %.

В условиях исследуемого периода влагообеспеченность травостоев обуславливалась количеством выпавших осадков и работой дренажа. Влажность почвы на опытном участке в отдельные периоды была близка к критической и составляла 11-13 % от сухой почвы, что, в конечном счёте, отражалось на продуктивности травостоев.

Многолетние травы выносят более длительное переувлажнение пахотного слоя по сравнению с зерновыми культурами и, в то же время, они требуют хорошей его аэрации, потребляя большое количество воды, особенно в первый период своего развития (до фазы цветения). Во многих случаях вода, будучи избыточной в данный момент (например, после снеготаяния или обильных дождей), может оказаться необходимой в последующие периоды. Хотя Верхневолжье относится к зоне так называемого избыточного увлажнения,

однако в активный период вегетации растений отмечаются почти ежегодно засухи продолжительностью до 10-20 дней.

Так как корневая система пастбищных растений на 80 % от общего ее содержания находится в слое почвы 0-15 см, то растения в отдельные периоды вегетации значительное время испытывали недостаток почвенной влаги, что естественно отразилось на ботаническом составе и урожайности травостоев.

Характерными особенностями динамики влажности изучаемой осушаемой почвы следует считать то, что максимальные величины её приходятся на верхний 0-20 см слой, который отличается и наибольшим размахом изменчивости данного параметра в течение вегетационного периода. В периоды выпадения осадков переувлажнялся в основном верхний (0-20 см) слой почвы, а в засушливый период недостаток влаги наблюдался по всему почвенному профилю.

Установлено, что уменьшение влажности почвы на 5-8 % в течение длительного периода способствовало понижению продуктивности пастбищных травостоев. Урожайность во многом зависела от обеспеченности растений влагой в вегетационный период, так как количество атмосферных осадков было определяющим в обеспечении продуктивности фитоценозов.

Фенологические наблюдения позволяют определить наилучшие сроки и возможности многократного использования травостоев в определенных условиях произрастания. Процесс нарастания пастбищных растений в высоту является одним из показателей, определяющих нормальное состояние и развитие растений, и указывает время готовности трав к отчуждению массы. В связи с этим, рост растений является основным показателем их жизнедеятельности и степени удовлетворения потребности в необходимых факторах их нормального жизнеобеспечения.

Начало отрастания пастбищных трав, в среднем за 8 лет наблюдений, отмечено 28 апреля-5 мая. Пастбищная спелость первого цикла отчуждения фитомассы пастбищных агрофитоценозов в среднем по годам исследований наступала 30 мая-3июня и совпадала с фазой кущения-ветвления основных трав при высоте травостоя 19-23 см. За 8 лет наблюдений среднее время отрастания трав ко второму стравливанию составляло 25-28 дней, увеличиваясь до 31-33 дней к третьему и до 45-47 дней к четвертому циклам отчуждения.

По циклам отчуждения и в целом за пастбищный период травостой на основе райграса пастбищного по высоте были ниже на 2-3 см фестулолиумовых травостоев.

После проведения 1-го укоса из злаковых трав быстрее трогается в рост овсяница красная, а из бобовых – клевер ползучий. Формирование последующих циклов отчуждения биомассы травостоев протекало менее интенсивно. Травостой в пастбищной спелости 2-го срока отчуждения имели высоту 10-17 см. Период до 3-го срока отчуждения в среднем составлял 33-37 дней. Высота растений этого цикла находилась на уровне 10-16 см, что на 3-5 см ниже высоты растений 1-го срока отчуждения и на 2 см выше 2-го. Урожайность зеленой массы в первом цикле скармливания составляла 34-35 % от общего сбора, во втором – 32 %, в третьем – 20 % и четвертом – 14 %.

При анализе результатов фенологических наблюдений за годы исследований выявлен высокий адаптационный потенциал у представителей бобового компонента (люцерны изменчивой, люцерны рогатой) и злакового вида (овсяницы красной) при возделывании их в данных условиях.

Ботанический состав травостоя является значимым показателем сохранности смешанного растительного сообщества и позволяет оценивать конкурентную способность отдельных видов при совместном их произрастании. Доля участия в формировании урожая райграса пастбищного и фестулолиума на протяжении первых четырех лет использования травостоев была высокой – 45,2-48,5 %. За счет увеличения бобовых компонентов и развития несеяных видов трав на восьмой год жизни видовой состав травостоя изменился (табл. 3).

**Таблица 3 – Ботанический состав пастбищных травостоев, % от урожая за сезон / Table 3 – Botanical composition of pasture grass stands, % of the harvest for the season**

Видовой состав травостоя / Species composition of grass stands	Ботаническая группа трав / Botanical group of grasses					
	злаки / cereals		бобовые / legumes		разнотравье / herbs	
	2013 г.	2019 г.	2013 г.	2019 г.	2013 г.	2019 г.
1. Клевер луговой + клевер ползучий + тимopheевка + + овсяница луговая (базовая травосмесь) / Meadow clover + creeping clover + timothy grass + + meadow fescue (basic grass mixture)	<u>17,0</u> -	<u>26,7</u> -	<b>62,8</b>	4,8	<b>20,2</b>	68,5
2. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + alfalfa changeable	<u>32,5</u> 32,5	<u>1,8</u> -	<b>50,5</b>	46,2	<b>21,3</b>	52,0
3. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + люцерна рогатая / Pasture ryegrass + creeping clover + birds-foot trefoil	<u>32,0</u> 32,0	<u>2,5</u> -	<b>52,5</b>	36,1	<b>15,5</b>	61,4
4. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + тимopheевка + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + timothy grass + + alfalfa changeable	<u>45,2</u> 31,6	<u>22,3</u> 1,1	<b>49,6</b>	34,1	<b>5,2</b>	43,7
5. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + овсяница красная / Pasture ryegrass + creeping clover + red fescue	<u>62,1</u> 32,6	<u>97,3</u> -	<b>21,0</b>	1,9	<b>16,9</b>	0,8
6. Фестулолиум + клевер ползучий + + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + alfalfa changeable	<u>40,2</u> 40,2	-	<b>45,2</b>	36,8	<b>14,6</b>	63,2
7. Фестулолиум + клевер ползучий + люцерна рогатая / Festulolium + creeping clover + birds-foot trefoil	<u>42,0</u> -	-	<b>47,9</b>	37,2	<b>10,1</b>	62,8
8. Фестулолиум + клевер ползучий + тимopheевка + + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + + timothy grass + alfalfa changeable	<u>47,8</u> 37,8	<u>20,2</u> -	<b>44,2</b>	43,2	<b>8,0</b>	36,6
9. Фестулолиум + клевер ползучий + овсяница красная / Festulolium + creeping clover + red fescue	<u>66,3</u> 49,5	<u>98,1</u> -	<b>21,2</b>	1,5	<b>12,1</b>	0,4

Примечание: числитель – злаки, всего, знаменатель – райграс (варианты опыта 2, 3, 4, 5), фестулолиум (варианты опыта 6, 7, 8, 9) / Note: the numerator is total cereals, the denominator is ryegrass (experiment variants 2, 3, 4, 5), festulolium (experiment variants 6, 7, 8, 9)

Соотношение злаковых и бобовых компонентов травосмесей изменилось в сторону уменьшения доли участия злаковых трав. Если в 2013 г. злаки в составе травостоев (без учета травостоев с овсяницей красной) занимали 32,0-47,8 % (райграсс – 31,6-32,5 %, фестулолиум – 37,8-42,0%), то в 2019 г. участие злаков сократилось до 1,8-22,3 % (райграсс – 1,1%, фестулолиум выпал полностью).

В травостоях с включением овсяницы красной райграсс пастбищный и фестулолиум выпали полностью.

Доля бобовых видов (люцерны изменчивой, лядвенца рогатого и клевера ползучего) в урожае на седьмой год пользования травостоями понизилась, но была на довольно высоком уровне – 34,1-46,2 % в райграссовых смесях и 36,8-43,2 % в фестулолиумовых. В пастбищный период 2019 г. (как и в предыдущие годы) ботанический состав 3-го цикла отчуждения в сравнении с 1-м отличался более высоким содержанием бобовых трав и низким злаковых видов. Уплотнение травосмесей тимофеевкой луговой, за все время проведения наблюдений, положительно влияло на снижение засоренности травостоя в четырехкомпонентных ценозах (36,6-43,7 %) по сравнению с трехкомпонентными (52,0-62,8 %).

Господствующее положение в исследуемых травостоях на восьмом году жизни занимали овсяница красная – 97,3-98,1 %, люцерна изменчивая – 30,2-42,1 %, лядвенец рогатый – 30,2-33,4 %.

Следовательно, наиболее полноценные травостои, при сохранении 46,3-63,7 % на 8-ой год жизни против 31,5 % в базовом травостое, сформировались при высевах четырехкомпонентных смесей из райграсса и фестулолиума с люцерной изменчивой и тимофеевкой луговой, а также травостои с овсяницей красной – 99,2-99,6 %, при низком содержании внедрившихся видов трав.

Изучаемый различный видовой и количественный состав травостоев оказывал влияние на формирование продуктивности. Наибольшую продуктивность обеспечили четырехкомпонентные травостои как на основе райграсса пастбищного – 18,8 т/га, так и на основе фестулолиума – 17,1 т/га, что на 2,3-2,5 т/га больше урожайных значений трехкомпонентных травосмесей и на 4,8-6,5 т/га больше значений базового травостоя.

Нужно отметить, что включение в состав травосмеси для пастбищного использования люцерны изменчивой и лядвенца рогатого положительно отразилось на формировании продуктивности травостоев. Урожайность зеленой массы таких травостоев в сравнении с базовой травосмесью повышалась в среднем на 4,8 т/га зеленой массы. Таким образом, благодаря высокому уровню адаптации к агроклиматическим и гидромелиоративным условиям осушаемых земель гумидной зоны изучаемые виды трав обеспечили получение 15,5-17,1 тонн зеленой массы с гектара.

Проводимые исследования показали, что травостои, имеющие в своем составе люцерну изменчивую и лядвенец рогатый, характеризовались наибольшей прибавкой урожая (на 26,0-52,8 %), сформировали продуктивность на 1 гектаре 15,5-18,8 тонн зеленой массы, 3,41-4,14 тонн сухой массы, 2,73-3,31 тыс. кормовых единиц. В одинаковых условиях базовая травосмесь с традиционно возделываемыми травами обеспечила получение только 12,3 т/га зеленой массы, 2,71 т/га сухой массы, 2,17 тыс. кормовых единиц, что меньше на 3,2-6,5 т зеленой массы. Следует отметить, что максимальная урожайность на 7-ом году пользования наблюдалась в травостоях с люцерной изменчивой – 15,6-18,8 т/га.

Продуктивность и устойчивость пастбищных урожаев травосмесей зависит от биологических особенностей компонентов их взаимодействия и взаимовлияния, а также особенностей развития как в различные годы, так и в течение одного вегетационного периода.

За восьмилетний период наблюдений за формированием продукционного процесса изучаемых травосмесей отмечено, что наибольшее накопление биомассы получено в травостоях с трех- и четырехкомпонентным видовым составом – 23,7-26,4 т/га (табл. 4).

Благодаря высокому уровню адаптации и приспособляемости к агроклиматическим и гидромелиоративным условиям осушаемых земель гумидной зоны, изучаемые виды трав на 7-м году пользования обеспечили получение 12,3-18,8 тонн зеленой массы с гектара.

Качество получаемых кормов напрямую зависит от ботанического состава травостоя, т. к. выход белка и кормовых единиц напрямую зависит от доли участия бобовых видов. В нашем случае компоненты травосмесей и ботанический состав определяли биохимические показатели корма (табл. 5).

Таблица 4 – Урожайность зеленой массы бобово-злаковых пастбищных травостоев, т/га (2013-2019 гг.) /  
Table 4 – Productivity of green mass of legume-cereal pasture grass stands, t / ha (2013-2019)

Вариант / Variant	Год использования травостоя / Years of grass use								Прибавка урожая зеленой массы к урожаю базовой травосмеси, т/га / % / Increase in the yield of green mass to the yield of the basic grass mixture, t/ha. / %
	2013 г. (1-й) (1st)	2014 г. (2-й) (2nd)	2015 г. (3-й) (3rd)	2016 г. (4-й) (4th)	2017 г. (5-й) (5th)	2018 г. (6-й) (6th)	2019 г. (7-й) (7th)	среднее / average 2013-2019	
1. Клевер луговой + клевер ползучий + тимофеевка + овсяница луговая (базовая травосмесь) / Meadow clover + creeping clover + timothy grass + meadow fescue (basic grass mixture)	28,0	18,5	27,1	16,1	16,2	20,3	12,3	19,8	-
2. Райграс пастбищный + клевер ползучий + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + alfalfa changeable	30,5	23,9	41,9	22,4	19,0	22,3	16,5	25,2	4,2 / 34,0
3. Райграс пастбищный + клевер ползучий + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + alfalfa changeable	30,7	21,4	40,8	22,8	18,3	23,3	15,9	24,7	3,6 / 29,3
4. Райграс пастбищный + клевер ползучий + тимофеевка + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + timothy grass + alfalfa changeable	29,4	17,7	35,4	20,1	19,8	24,6	18,8	23,7	6,5 / 52,8
5. Райграс пастбищный + клевер ползучий + овсяница красная / Pasture ryegrass + creeping clover + red fescue	22,3	20,5	28,9	18,0	15,0	20,6	16,1	20,2	3,8 / 30,9
6. Фестулолюм + клевер ползучий + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + alfalfa changeable	33,1	22,9	38,0	24,3	22,2	28,5	15,6	26,4	3,3 / 26,8
7. Фестулолюм + клевер ползучий + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + alfalfa changeable	30,0	22,7	34,7	21,0	19,1	26,7	15,5	24,2	3,2 / 26,0
8. Фестулолюм + клевер ползучий + тимофеевка + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + timothy grass + alfalfa changeable	27,5	21,3	34,9	20,8	20,2	24,8	17,1	23,8	4,7 / 39,0
9. Фестулолюм + клевер ползучий + овсяница красная / Festulolium + creeping clover + red fescue	19,2	18,2	27,0	17,4	16,7	20,3	16,0	19,2	3,7 / 30,1
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	2,3	5,3	2,2	1,4	0,3	3,0	1,4	1,4	-

Таблица 5 – Качество пастбищного корма (в среднем за 2013-2019 гг.) /  
Table 5 – Quality of pasture fodder ( average for 2013-2019)

Состав травосмеси / The composition of the mixture	Содержание питательных веществ в корме, % СВ / Nutrient content in feed, % dry matter				
	сырой протеин / raw protein	сырой жир / raw fat	сырая клетчатка / raw cellulose	сырая зола / raw ash	сырые БЭВ / raw nitrogen- free extractives
1. Клевер луговой + клевер ползучий + + тимофеевка + овсяница луговая (базовая травосмесь) / Meadow clover + creeping clover + timothy grass + meadow fescue (basic grass mixture)	13,25	2,78	30,88	5,89	47,20
2. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + + alfalfa changeable	18,90	2,96	27,37	6,55	44,22
3. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + лядвенец рогатый / Pasture ryegrass+ creeping clover + + birds-foot trefoil	15,51	2,87	27,77	5,68	48,17
4. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + тимофеевка + люцерна изменчивая / Pasture ryegrass + creeping clover + + timothy grass + alfalfa changeable	17,23	2,95	27,45	5,52	46,85
5. Райграс пастбищный + клевер ползучий + + овсяница красная / Pasture ryegrass + creeping clover + red fescue	15,81	3,15	29,62	6,77	44,65
6. Фестулолиум + клевер ползучий + + люцерна изменчивая / Festulolium + creeping clover + alfalfa changeable	19,11	2,79	27,58	5,73	44,79
7. Фестулолиум + клевер ползучий + + лядвенец рогатый / Festulolium + creeping clover + birds-foot trefoil	15,74	2,74	28,41	6,58	46,53
8. Фестулолиум + клевер ползучий + + тимофеевка + люцерна изменчивая / Festulolium+creeping clover + timothy grass + + alfalfa changeable	17,44	2,56	28,11	5,78	46,12
9. Фестулолиум + клевер ползучий + + овсяница красная / Festulolium + creeping clover + red fescue	14,55	3,12	29,75	6,73	45,85

Содержание сырого протеина, в среднем по годам исследований, колебалось от 14 до 19 % от абсолютно сухой массы, что соответствует зоотехническим нормам кормления. Травостой, в состав которого включена люцерна изменчивая, отличался большим содержанием сырого протеина – 17,23-19,11 %, т. к. люцерна образовывала много прикорневых листьев. Райграсовые травостои содержали меньше протеина (15,5-18,9 %), чем зеленая масса травостоев с участием фестулолиума.

Трехкомпонентные травостои, в которые входила овсяница красная, были более обеспечены сырым жиром – 3,12-3,15 %, что на 0,2-0,4 % больше других изучаемых травостоев.

Доля участия в травостое злакового компонента определяет содержание сырой клетчатки. Нужно отметить, что неблагоприятные

метеоусловия в отдельные периоды вегетации растений способствовали получению корма с повышенным содержанием клетчатки. В корме всех изучаемых травостоев содержание клетчатки находилось в пределах 27,37-30,88 %. Наибольшим содержанием сырой клетчатки отличались травостой с высоким содержанием злаковых видов трав, а именно в базовом травостое (30,88 %) и в трехкомпонентном травостое с овсяницей красной (29,75 %).

Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в исследуемых травосмесях было характерным для бобово-злаковых травостоев. Зеленая масса травостоев с лядвенцем рогатым содержала наибольший процент БЭВ – 48,17 %.

Содержание сырой золы в корме колебалось от 5,52 до 6,77 %. При высоком содер-

жании в травостоях злаковых видов трав содержание золы увеличивалось на 0,3-0,7 %.

Включение в состав травосмеси второго бобового компонента – люцерны изменчивой или лядвенца рогатого – способствовало увеличению содержания основных элементов питания в травостоях на 7-15 % и повышало качество пастбищного корма.

**Выводы.** В результате исследований выявлено, что на осушаемых луговых угодьях наиболее качественными по сохранности ценных видов трав (46,3-63,7 %) и внедрению несеяных видов являются четырехкомпонентные травостои, созданные на основе райграса пастбищного и фестулолиума с включением тимофеевки луговой. Определено, что фестулолиум в травосмесях в данных условиях произрастания на осушаемых землях сохранялся 5 лет, райграс пастбищный – 6 лет.

Установлено, что в конкретных условиях осушаемых земель овсяница красная Сигма, люцерна изменчивая Находка, лядвенец рогатый Солнышко обеспечивают высокую возможность более полного использования ресурсов мест обитания и устойчивость к агроклиматическим стрессам Центрального района Нечерноземной зоны России.

Травосмеси с участием райграса пастбищного и фестулолиума в сочетании с клевером ползучим, люцерной изменчивой и лядвенцем рогатым являются перспективными для возделывания в условиях осушаемых земель Нечерноземья.

В среднем за семь лет пользования исследуемые травостои обеспечили получение с гектара 23,7-26,4 т зеленой массы, сбалансированной по основным питательным веществам.

#### *Список литературы*

1. Аллабердин И. Л., Сафин Х. М. Оптимизация соотношения бобово-злаковых культур для заготовки высококачественного корма. Достижения науки и техники АПК. 2002;(9):11-13.
2. Беляк В. Б., Тимошкин О. А., Болахнова В. И. Новые компоненты сенокосно-пастбищных смесей для лесостепной зоны. Кормопроизводство. 2016;(12):6-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28286581>
3. Зарьянова З. А., Зотиков В. И., Кириухин С. В. Видовое и сортовое разнообразие многолетних трав для условий Орловской области. Кормопроизводство. 2017;(11):32-38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30575599>
4. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Бычков Г. Н., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология. Кормопроизводство. 2016;(8):3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26422375>
5. Жезмер Н. В., Благодарумова М. В. Травосмеси для долголетнего интенсивного использования сенокосов. Кормопроизводство. 2011;(10):17-19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16993096>
6. Капсамун А. Д., Павлючик Е. Н., Иванов Н. Н. Многолетние бобовые травы на осушаемых землях Нечерноземья. Тверь: Твер. Гос. ун-т., 2018. 178 с.
7. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приёмов. Кормопроизводство. 2019;(1):7-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36826282>
8. Юдина Е. А., Коновалова Н. Ю. Использование фестулолиума и райграса пастбищного для создания пастбищных агрофитоценозов. Молочнохозяйственный вестник. 2019;2(34):72-81. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38544384>
9. Косолапов В. М., Шамсутдинов З. Ш., Ившин Г. И., Кулешов Г. Ф., Новоселов М. Ю., Новоселова А. С. и др. Основные виды и сорта кормовых культур. М.: Наука, 2015. 543 с.
10. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Привалова К. Н., Родионова А. В., Проворная Е. Е., Жезмер Н. В. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(2):17-20. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10204>
11. Тяпугин Е. А., Коновалова Н. Ю., Калабашкин П. Н., Коновалова С. С. Продуктивность фестулолиума в чистых и смешанных посевах в условиях европейского севера России. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(5):24-27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29822593>
12. Cougnon M., Baert J., Reheub D. Dry matter yield and digestibility of five cool-season forage grass species under contrasting N fertilization. Grassland Science in Europe. 2014;(19):175-177.
13. Dumont B., Anduera D., Niderkorn V., Luscher A., Porqueddu C., Picon-Cochard C. A Meta-analysis of climate change effects on forage quality in grassland: specificities of mountain and Mediterranean areas. Grass and Forage Science. 2015;70(2):239-254. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gfs.12169>
14. Косолапов В. М., Костенко С. И., Пилипко С. В., Ключкова В. С. Использование генетических ресурсов злаковых трав в селекции специализированных сортов. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(2):12-16. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10203>
15. Лазарев Н. Н., Прудников А. Д., Куренкова Е. М., Стародубцева А. М. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2017. 263 с.

16. Onuchina O. L., Korneva I. A. Perspective early varieties of red clover for conditions of north-east of European of Russia. *Sciences of Europe*. 2017;21- (21):3-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30778367>
17. Косолапов В. М., Пилипко С. В., Костенко С. И. Новые сорта кормовых культур – залог успешного развития кормопроизводства. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(4):35-37. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23374009>
18. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Родионова А. В., Жезмер Н. В., Проворная Е. Е., Привалова К. Н., Запивалов С. А. Экономическая эффективность систем и усовершенствованных технологий производства объемистых кормов на сенокосах. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(6):44-50. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
19. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems. *Eurasian Soil Science*. 2019;52:1137-1145. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229319070068>
20. Кравцов В. В., Кравцов В. А., Надмидов Н. В. Сорт фестулолиума для сенокосов и пастбищ. *Кормопроизводство*. 2013;(10):19-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20400130>
21. Золотарев В. Н., Переправо Н. И. Оптимизация высева и способов фестулолиума различных морфотипов при возделывании на семена. *Достижения науки и техники АПК*. 2018;32(2):36-39. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10209>
22. Жученко А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в 21 веке. Саратов: ООО Новая газета, 2000. 275 с.

### References

1. Allaberdin I. L., Safin Kh. M. *Optimizatsiya sootnosheniya bobovo-zlakovykh kul'tur dlya zagotovki vysokokachestvennogo korma*. [Optimization of the ratio of legumes and cereals for the preparation of high-quality forage]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2002;(9):11-13. (In Russ.).
2. Belyak V. B., Timoshkin O. A., Bolakhnova V. I. *Novye komponenty senokosno-pastbishchnykh smesey dlya lesostepnoy zony*. [Novel components of hayfieldpasture grass mixtures for forest steppe]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2016;(12):6-9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28286581>
3. Zar'yanova Z. A., Zotikov V. I., Kiryukhin S. V. *Vidovoe i sortovoe raznoobrazie mnogoletnikh trav dlya usloviy Orlovskoy oblasti*. [Species and variety diversity of perennial grasses for the Orel region]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2017;(11):32-38. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30575599>
4. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Bychkov G. N., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Kormoproizvodstvo, ratsional'noe privodopol'zovanie i agroekologiya*. [Forage production, environmental management and agroecology]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2016;(8):3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26422375>
5. Zhezmer N. V., Blagorazumova M. V. *Travosmesi dlya dolgoletnogo intensivnogo ispol'zovaniya senokosov*. [Grass mixtures for a long-term intensive use hayfi elds]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2011;(10):17-19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16993096>
6. Kapsamun A. D., Pavlyuchik E. N., Ivanova N. N. *Mноголетние бобовые травы на осушаемых землях Нечерноземья*. [Perennial leguminous grasses on the drained lands of the Non-Black Earth Region]. Tver': Tver. Gos. un-t., 2018. 178 p.
7. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. *Effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologiy sozdaniya pastbishchnykh travostoev s ispol'zovaniem novykh sortov bobovykh vidov i agrotekhnicheskikh priemov*. [Pasture ecosystems of new legume varieties as affected by improved cultivation methods]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2019;(1):7-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36826282>
8. Yudina E. A., Konovalova N. Yu. *Ispol'zovanie festuloliuma i raygrasa pastbishchnogo dlya sozdaniya pastbishchnykh agrofytotsenozov*. [Festulolium and domestic ryegrass use for pasture agrophytocenosis creation]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2019;2(34):72-81. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38544384>
9. Kosolapov V. M., Shamsutdinov Z. Sh., Ivshin G. I., Kuleshov G. F., Novoselov M. Yu., Novoselova A. S. et al. *Osnovnye vidy i sorta kormovykh kul'tur*. [The main types and varieties of forage crops]. Moscow: Nauka, 2015. 543 p.
10. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M., Privalova K. N., Rodionova A. V., Provornaya E. E., Zhezmer N. V. *Osnovnye napravleniya razvitiya agrovogo kormoproizvodstva v Rossii*. [Main directions of the development of meadow fodder production in Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(2):17-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10204>
11. Tyapugin E. A., Konovalova N. Yu., Kalabashkin P. N., Konovalova S. S. *Produktivnost' festuloliuma v chistyykh i smeshannykh posevakh v usloviyakh evropeyskogo severa Rossii*. [Productivity of festulolium in pure and mixed crops under conditions of the european north of Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(5):24-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29822593>
12. Cougnon M., Baert J., Reheub D. Dry matter yield and digestibility of five cool-season forage grass species under contrasting N fertilization. *Grassland Science in Europe*. 2014;(19):175-177.
13. Dumont B., Anduera D., Niderkorn V., Luscher A., Porqueddu C., Picon-Cochard C. A Meta-analysis of climate change effects on forage quality in grassland: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*. 2015;70(2):239-254. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gfs.12169>
14. Kosolapov V. M., Kostenko S. I., Pilipko S. V., Klochkova V. S. *Ispol'zovanie geneticheskikh resursov zlakovykh trav v selektsii spetsializirovannykh sortov*. [Application of genetic resources of cereal grasses in breeding of specialized varieties]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(2):12-16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10203>

15. Lazarev N. N., Prudnikov A. D., Kurenkova E. M., Starodubtseva A. M. *Mnogoletnie bobovye travy v Nechernozem'e*. [Perennial legumes in the Non-Black Earth Region]. Moscow: *Izd-vo RGAU-MSKhA im. K. A. Timiryazeva*, 2017. 263 p.
16. Onuchina O. L., Korneva I. A. Perspective early varieties of red clover for conditions of north-east of European of Russia. *Sciences of Europe*. 2017;21-3(21):3-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30778367>
17. Kosolapov V. M., Pilipko S. V., Kostenko S. I. *Novye sorta kormovykh kul'tur - zalog uspeshnogo razvitiya kormoproizvodstva*. [New varieties of fodder crops is the guarantee of successful development of fodder production]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(4):35-37. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23374009>
18. Kutuzova A. A., Teberdiev D. M., Rodionova A. V., Zhezmer N. V., Provornaya E. E., Privalova K. N., Zapivalov S. A. *Ekonomicheskaya effektivnost' sistem i usovershenstvovannykh tekhnologiy proizvodstva ob'emistykh kormov na senokosakh*. [Cost-effectiveness of systems and advanced technologies for the production of bulky feeds on hayfields]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(6):44-50. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
19. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems. *Eurasian Soil Science*. 2019;52:1137-1145. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229319070068>
20. Kravtsov V. V., Kravtsov V. A., Nadmidov N. V. *Sort festuloliuma dlya senokosov i pastbishch*. [A *festulolium* cultivar for hay and grazing]. *Kormoproizvodstvo = Forage Production*. 2013;(10):19-20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20400130>
21. Zolotarev V. N., Perepravo N. I. *Optimizatsiya vyseva i sposobov festuloliuma razlichnykh morfotipov pri vozde-lyvanii na semena*. [Optimization of seeding rates and sowing methods of *festulolium* varieties of different morphotypes in cultivation for seeds]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(2):36-39. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10209>
22. Zhuchenko A. A. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye priority adaptivnoy intensivifikatsii rasteniyevodstva v 21 veke*. [Fundamental and applied scientific priorities of adaptive intensification of crop production in the 21st century]. Saratov: *OOO Novaya gazeta*, 2000. 275 p.

#### **Сведения об авторах**

**Иванова Надежда Николаевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», д. 7, стр. 2, Пыжевский пер., г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

✉ **Анциферова Ольга Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», д. 7, стр. 2, Пыжевский пер., г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5494-710X>

**Капсамун Андрей Дмитриевич**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», д. 7, стр. 2, Пыжевский пер., г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

**Павлючик Екатерина Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», д. 7, стр. 2, Пыжевский пер., г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

**Амбросимова Нина Николаевна**, младший научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», д. 7, стр. 2, Пыжевский пер., г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru)

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

**Nadezhda N. Ivanova**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0994-6743>

✉ **Olga N. Antsiferova**, PhD in Agricultural science, leading researcher, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5494-710X>

**Andrey D. Kapsamun**, DSc in Agricultural science, leading researcher, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

**Ekaterina N. Pavlyuchik**, PhD in Agricultural science, leading researcher, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

**Nina N. Ambrosimova**, junior researcher, Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: [2016vniimz-noo@list.ru](mailto:2016vniimz-noo@list.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

# ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ / AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.561-570>



УДК 633.1:631.82

## Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи

© 2020. Ф. А. Попов✉, В. Д. Абашев, Е. Н. Носкова, Е. В. Светлакова, И. В. Лыскова

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

*Исследования проводили в 2018-2019 гг. в условиях Кировской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на элювии пермских глин. Диапазон доз удобрений в длительном стационарном опыте – от 30 до 150 кг д. в. С увеличением доз удобрений урожайность озимой ржи сорта Графиня возрастала от 3,44 т/га при дозе P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> до 5,94 т/га при дозе N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>. Существенные прибавки урожая получены во всех вариантах, кроме P<sub>60</sub>, K<sub>60</sub> и K<sub>120</sub>. Максимальные прибавки урожайности зерна к контролю без удобрений получены в вариантах с внесением 120 и 150 кг д.в./га NPK – 3,87-4,11 т/га (НСР<sub>05</sub> = 1,2 т/га). В 2019 году урожайность ржи колебалась от 2,65 т/га в контрольном варианте до 7,08 т/га при внесении максимальной дозы N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, а в 2018 году соответственно от 1,01 т/га до 4,81 т/га, что в 1,5-2,6 раза меньше, так как в период формирования зерна в этом году сумма осадков составила 135 % от нормы. Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений получена при внесении аммиачной селитры N<sub>60</sub> – 42,5 кг зерна. Натура зерна была значительно выше в благоприятных условиях вегетации 2019 года и находилась в пределах от 696 до 728 г/л. С увеличением доз минеральных удобрений отмечена тенденция снижения натуры зерна. Масса 1000 зерен озимой ржи от применения удобрений не зависела и находилась в пределах 28-33 граммов. Содержание сырого протеина в зерне с увеличением доз удобрений возрастало, но в основном получено зерно третьего класса качества с содержанием протеина от 88,1 до 110 г/кг. Хлебопекарные качества зависели от условий влагообеспеченности в период созревания зерна: в 2018 г. получено зерно второго и третьего товарных классов, в 2019 г. – четвертого класса. При внесении полного удобрения в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> себестоимость 1 т зерна составила 3663 руб. при общей рентабельности 91,1%. Внесение только аммиачной селитры в дозе N<sub>60</sub> обеспечило рентабельность 156,2 %.*

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая почва, окупаемость удобрений зерном, натура зерна, масса 1000 зерен, число падения, сырой протеин, сырая клетчатка

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0100).

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

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

**Для цитирования:** Попов Ф. А., Абашев В. Д., Носкова Е. Н., Светлакова Е. В., Лыскова И. В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):561-570. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.561-570>

Поступила: 11.03.2020

Принята к публикации: 02.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Influence of long-term use of mineral fertilizers on the yield and quality of winter rye grain

© 2020. Fyodor A. Popov✉, Vasiliy D. Abashev, Eugenia N. Noskova, Elena V. Svetlakova, Irina V. Lyskova

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

*The studies were carried out in 2018-2019 in the conditions of the Kirov region on sod-podzolic middle loam soil formed on the eluvia of Perm clays. The range of fertilizer doses in the long-term stationary experiment varied from 30 to 150 kg a.i. (active ingredient). With increase in fertilizer doses, the yield of winter rye of Grafinya variety grew from 3.44 t/ha at the dose of P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> to 5.94 t/ha at the dose of N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>. Significant addition of grain yield was obtained in all variants except P<sub>60</sub>, K<sub>60</sub> and K<sub>120</sub>. Maximum addition of grain yield to the control without fertilizers were obtained in variants with application of 120 and 150 kg a.i. /ha NPK – 3.87-4.11 t/ha (LSD<sub>05</sub> = 1.2 t/ha). In 2019 the yield of rye varied from 2.65 t/ha in the control variant to 7.08 t/ha by application of a maximum dose of N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>. In 2018 it varied from 1.01 t/ha to 4.81 t/ha, respectively, which was 1.5-2.6 times less, as during the period of grain formation that year the amount of precipitation was 135% from the norm. The highest payback of 1 kg a.i. of mineral fertilizers was obtained by application of ammonium nitrate N<sub>60</sub> – 42.5 kg of grain. Test weight of grain was significantly higher under favorable growing conditions of 2019 and varied*

from 696 to 728 g/l. With the increase in doses of mineral fertilizers, there was a tendency to decrease the test weight of grain. The 1000-grain mass of winter rye did not depend on the use of fertilizers and was in the range of 28-33 grams. The content of raw protein in the grain grew with increasing doses of fertilizers, but mainly the grain of the third class of quality with the protein content of 88.1 to 110 g/kg was obtained. Bakery qualities depended on the conditions of moisture supply during grain maturation: in 2018 grain of the second and third commodity classes was obtained, in 2019 – that of the fourth class. If full fertilizer was applied in the dose  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , prime cost of 1 ton of grain was 3.663 rubles with a total profitability of 91.1 %. Application of ammonium nitrate alone in the dose of  $N_{60}$  provided profitability of 156.2 %.

**Keywords:** sod-podzolic soil, payback of fertilizers by grain, test weight of grain, mass of 1000 grains, falling number, crude protein, crude fiber

**Acknowledgment:** 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. 0767-2019-0100).

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:** Popov F. A., Abashev V. D., Noskova E. N., Svetlakov E. V., Lyskova I. V. Influence of long-term use of mineral fertilizers on the yield and quality of winter rye grain. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):561-570. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.561-570>

Received: 11.03.2020

Accepted for publication: 02.09.2020 Published online: 22.10.2020

Внесение минеральных удобрений – это одно из основных средств, способствующих получению высокой урожайности зерновых культур при условии выполнения остальных агротехнических приемов [1, 2, 3]. Дерново-подзолистые почвы характеризуются высокой кислотностью, низким содержанием органического вещества и элементов питания, что обуславливает их низкое естественное плодородие [4, 5]. Озимая рожь, являясь одной из важных продовольственных культур, успешно произрастает на малоплодородных кислых почвах, доля которых только на европейской северо-восточной части страны составляет более 70 % пашни [6, 7]. Озимая рожь является преимущественно культурой европейского континента, поскольку на его долю приходится 85 % производимого зерна [8].

Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ<sup>1</sup>, одним из больших вызовов является потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе, поэтому разработка высокоэффективных, экологически безопасных систем интегрированного применения агрохимических средств в агротехнологиях различной интенсификации, несомненно, является актуальной.

**Научная новизна** проводимых исследований заключается в том, что впервые установлены закономерности влияния различных доз, соотношений и видов минеральных удобрений

на величину и качество урожая озимой ржи сорта Графиня в условиях Кировской области.

**Цель исследований** – изучить влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи сорта Графиня.

**Материал и методы.** Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи изучали в двух закладках длительного стационарного опыта, заложенного в 1972 г. на дерново-подзолистой почве, сформированной на элювии пермских глин. Исследования проводятся в зернопаротравяном севообороте с внесением только минеральных удобрений и только под зерновые культуры (озимая рожь, ячмень, яровая пшеница, овес). Предшественником озимой ржи является неунавоженный чистый пар.

Отбор почвенных проб в 1972 году показал, что в пахотном слое уровень рН составлял 4,80 единиц, содержание гумуса – 1,5 %, подвижного фосфора – 46 мг/кг почвы, обменного калия – 160 мг/кг почвы. В начале восьмой ротации севооборота, перед посевом озимой ржи, уровень рН находился в пределах 4,52-4,60 единиц по изучаемым вариантам. Содержание подвижного фосфора колебалось от 33,7 мг/кг почвы в контрольном варианте без удобрений до 176,2 мг/кг почвы в варианте с внесением  $N_{150}P_{150}K_{150}$ . Содержание обменного калия в контроле составило 153,3 мг/кг почвы, в варианте с максимальной дозой удобрений – 194,5 мг/кг, наибольшим было при внесении  $N_{90}P_{90}K_{90}$  – 211,6 мг/кг почвы.

<sup>1</sup>Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Администрация Президента России; 2020. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 09.04.2020).

Схема опыта содержит 54 варианта в двукратной повторности, в настоящей статье использованы результаты 22 вариантов опыта (табл. 1). Площадь делянки 140 м<sup>2</sup>, учетная 58,8 м<sup>2</sup>. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру (34 % д. в.), двойной гранулированный суперфосфат (39 % д. в.) и хлористый калий (56 % д. в.). Минеральные удобрения вносили вручную поделаяночно под культивацию непосредственно перед посевом озимой ржи. Весеннюю подкормку растений не проводили. Уборка урожая проходила в фазу полной спелости озимой ржи прямым комбайнированием Samro 500. Анализ различных показателей качества зерна озимой ржи выполнен по общепринятой в агрохимических исследованиях методике<sup>2</sup>. Показатель «число падения» определяли на приборе Falling Number 1400, максимальную вязкость суспензии и температуру клейстеризации на амилографе Brabender по соответствующей методике<sup>3</sup>. Экономическую эффективность минеральных удобрений рассчитывали по типовым технологическим картам согласно методическим указаниям<sup>4</sup>. Дисперсионный, регрессионный и корреляционный анализы полученных данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007.

Метеоусловия в период весенне-летней вегетации озимой ржи различались по годам исследований. В 2018 году в июне выпало 122 % от нормы осадков при сумме эффективных температур 482 °С. Тогда как в 2019 году в этот месяц выпало 134 % нормы осадков, но сумма активных температур была выше на 134 °С и составила 616 °С. В июле, в период активного налива зерна озимой ржи, сумма активных температур была практически одинаковой по годам (около 960 °С), но при этом в 2018 году сумма осадков составила 135 % от нормы против 68 % в 2019 году, что не могло не сказаться на формировании количества и качества зерна озимой ржи.

**Результаты и их обсуждение.** На величину урожая озимой ржи в 2018 году в большей степени влияли азотные удобрения ( $Y = 1,45 - 0,014x^2 + 0,56x$ ,  $R^2 = 0,99$ ) и фосфорные ( $Y = 1,76 - 0,04x^2 + 0,59x$ ,  $R^2 = 0,96$ ), в меньшей – калийные ( $Y = 2,70 - 0,004x^2 + 0,16x$ ,

$R^2 = 0,74$ ). Без применения удобрений урожайность зерна озимой ржи составила 1,01 т/га, при совместном внесении аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия в максимальной дозе – 4,81 т/га. При этом наибольшая урожайность зерна получена при совместном внесении трех видов удобрений в дозе 120 кг д. в./га – 4,99 т/га. Прибавки урожайности зерна от применения минеральных удобрений варьировали от 2,01 т/га при внесении аммиачной селитры в дозе 120 кг д. в./га до 3,98 т/га при внесении всех видов удобрений в дозе 120 кг д. в./га ( $HCP_{05} = 2,00$ ). Наибольшую окупаемость 1 кг д. в. вносимых удобрений зерном обеспечило применение аммиачной селитры в дозе  $N_{60} - 17,5$  кг и  $N_{120} - 16,9$  кг. Малоэффективно внесение калийных удобрений в дозах  $K_{60}$  и  $K_{120}$ , окупаемость зерном 1 кг д. в. удобрений составила 3,7 и 6,3 кг.

В 2019 году на величину урожая озимой ржи в большей степени влияли азотные удобрения ( $Y = 3,20 - 0,14x^2 + 1,40x$ ,  $R^2 = 0,95$ ), в меньшей – фосфорные ( $Y = 4,98 - 0,04x^2 + 0,49x$ ,  $R^2 = 0,70$ ). Влияния калийных удобрений не выявлено. В более благоприятных условиях вегетации 2019 года урожайность зерна озимой ржи даже без применения удобрений была в 2,6 раза выше, чем в предыдущий год – 2,65 т/га.

Внесение NPK в максимальной дозе 150 кг д. в./га обеспечило наибольшую урожайность озимой ржи – 7,08 т/га. Внесение только калийных удобрений в дозе  $K_{60}$  не обеспечило получение статистически значимой прибавки урожайности 0,67 т/га ( $HCP_{05} = 2,57$ ). Прирост урожайности свыше 4,0 т/га получен при внесении аммиачной селитры  $N_{60}$ , аммиачной селитры с двойным суперфосфатом  $N_{120}P_{60}$  и всех видов удобрений в дозах  $N_{150}P_{90}K_{30}$  и  $N_{150}P_{150}K_{150}$ .

Как и в предыдущий год исследований, низкая окупаемость зерном 1 кг д. в. удобрений получена при внесении одних калийных удобрений (9,9-11,2 кг) и полного удобрения в дозах 120 и 150 кг д. в./га (9,8-10,5 кг). Внесение аммиачной селитры  $N_{60}$  обеспечило наибольшую окупаемость 1 кг д. в. – 67,3 кг зерна озимой ржи.

<sup>2</sup>Практикум по агрохимии: уч. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, 2001. 689 с.

<sup>3</sup>Оценка качества зерна: справочник. М.: Агропромиздат, 1987. 208 с.

<sup>4</sup>Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов НИР для условий Северо-Востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2008. 65 с.

Таблица 1 – Прибавка урожайности озимой ржи сорта Графиня и окупаемость минеральных удобрений зерном /

Table 1 – Increase of yield of winter rye cv. Grafinya and payback of mineral fertilizers by grain

Доза удобрений / Doses of fertilizers	2018 г.			2019 г.			Среднее за 2 года		
	У*	П	О	У	П	О	У	П	О
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль) / N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (control)	1,01	-	-	2,65	-	-	1,83	-	-
N <sub>60</sub>	2,06	1,05	17,5	6,69	4,04	67,3	4,38	2,55	42,5
P <sub>60</sub>	1,90	0,89	14,8	3,76	1,11	18,5	2,83	1,00	16,7
K <sub>60</sub>	1,23	0,22	3,7	3,32	0,67	11,2	2,28	0,45	7,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,53	1,52	12,7	6,59	3,94	32,8	4,56	2,73	22,8
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,16	1,15	9,6	6,14	3,49	29,1	4,15	2,32	19,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,05	1,04	8,7	4,84	2,19	18,2	3,44	1,61	13,4
N <sub>120</sub>	3,02	2,01	16,8	5,59	2,94	24,5	4,30	2,47	20,6
P <sub>120</sub>	2,45	1,44	12,0	5,10	2,45	20,4	3,78	1,95	16,2
K <sub>120</sub>	1,77	0,76	6,3	3,84	1,19	9,9	2,80	0,97	8,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	3,55	2,54	14,1	6,98	4,33	24,0	5,26	3,43	19,0
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	4,59	3,58	14,9	6,44	3,79	15,8	5,52	3,69	15,4
N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	3,54	2,53	10,5	5,94	3,29	13,7	4,74	2,91	12,1
P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	2,79	1,78	7,4	5,63	2,98	12,4	4,21	2,38	9,9
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	1,98	0,97	10,8	5,28	2,63	29,2	3,63	1,80	20,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,25	2,24	12,4	5,69	3,04	16,9	4,47	2,64	14,7
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,37	1,36	9,1	6,25	3,60	24,0	4,31	2,48	16,5
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	3,44	2,43	11,6	5,96	3,31	15,8	4,70	2,87	13,7
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	3,65	2,64	9,8	6,14	3,49	12,9	4,90	3,07	11,4
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	4,99	3,98	11,0	6,42	3,77	10,5	5,70	3,87	10,8
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	4,20	3,19	11,8	6,77	4,12	15,3	5,48	3,65	13,5
N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	4,81	3,80	8,4	7,08	4,43	9,8	5,94	4,11	9,1
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	2,00	-	-	2,57	-	-	1,24	-

\* У – урожайность, т/га, П – прибавка урожайности, т/га, О – окупаемость 1 кг д. в. зерном, кг /

\* U - yield, t/ha, P - yield increase, t/ha, O - payback of 1 kg of active ingredient by grain, kg

В среднем за 2 года исследований с возрастанием доз минеральных удобрений урожайность зерна озимой ржи увеличивалась с 1,83 до 5,94 т/га. Наименьшую прибавку зерна от применения удобрений обеспечило внесение хлористого калия в дозах K<sub>60</sub> и K<sub>120</sub> (0,45 и 0,97 т/га), наибольшую – внесение аммиачной селитры с двойным суперфосфатом и хлористым калием в дозе N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub> (4,11 т/га при HCP<sub>05</sub> = 1,24). С точки зрения окупаемости действующего вещества минеральных удобрений наиболее эффективно внесение аммиачной селитры в дозе N<sub>60</sub>, на 1 кг д. в. приходится 42,5 кг зерна озимой ржи.

Натура зерна озимой ржи и масса 1000 зерен являются одними из важных показателей технологических качеств зерна, предназначенного для продовольственных целей. Данные

показатели формируются под влиянием множества факторов, но в первую очередь они зависят от почвенно-климатических условий, затем от агротехнических приемов, доз и сроков внесения минеральных удобрений [9, 10, 11, 12]. Согласно ГОСТ Р 53049-2008 зерно озимой ржи с натурой не менее 700 г/л относится к первому классу, не менее 680 г/л – ко второму классу, не менее 640 г/л – к третьему классу. В 2018 году практически во всех вариантах применения удобрений натура зерна озимой ржи превышала 680 г/л. Исключение составили варианты с внесением фосфорно-калийных удобрений в дозе P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (679 г/л) и хлористого калия K<sub>120</sub> (677 г/л). Существенного влияния различных уровней минерального удобрения на изменение величины натурной массы зерна не выявлено (F<sub>φ</sub> < F<sub>τ</sub>).

В 2019 году данный показатель был значительно выше, чем в менее благоприятный по метеоусловиям предыдущий год. Натура зерна превысила 700 г/л во всех вариантах применения удобрений, за исключением максимальной дозы  $N_{150}P_{150}K_{150}$  (698 г/л). При этом существенных различий в данном показателе также выявлено не было. Таким образом, несмотря на имеющиеся литературные данные [9, 10] о влиянии доз и видов минеральных удобрений на натуру зерна озимой ржи, результаты наших исследований это не подтвердили.

От массы 1000 зерен зависит выполненность и крупность, чем этот показатель выше при условии хорошего натурального веса, тем больше выход муки<sup>5</sup>. Применение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на массу 1000 зерен во все годы исследований. В 2018 г. масса 1000 зерен не превышала 31 грамма во всех изучаемых вариантах, за исключением внесения двойного суперфосфата в дозе 60 кг д. в./га (31,3 г). Менее 29 граммов масса 1000 зерен получена в контрольном варианте и при внесении азотно-калийных или фосфорно-калийных удобрений в дозах по 120 кг д. в./га. В 2019 г. этот показатель во всех изучаемых вариантах был выше 31 грамма, кроме варианта с максимальной дозой внесения удобрений (30,9 г). Более 33 граммов масса 1000 зерен была при внесении 120 кг/га двойного суперфосфата, азотно-калийных удобрений в дозе 60 кг д. в./га, фосфорно-калийных – в дозах 60 и 120 кг д. в./га и совместном внесении  $N_{90}P_{90}K_{30}$ .

Корреляционный анализ натуры зерна озимой ржи и массы 1000 зерен показал, что средняя положительная связь между этими показателями: в менее благоприятном 2018 году  $r = 0,51$ , в 2019 году –  $r = 0,66$ .

По физико-химическим показателям зерно кормовой ржи подразделяют на 3 класса качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54079-2010. Зерно 1 класса должно содержать более 120 г/кг сырого протеина и менее 30 г/кг клетчатки, 2 класса – соответственно 110-120 и 30-50 г/кг, 3 класса – менее 110 г/кг сырого протеина и более 50 г/кг клетчатки.

По содержанию клетчатки в оба года исследований получено зерно первого класса.

В 2018 г. с увеличением доз минеральных удобрений содержание сырого протеина возрастало с 94,1 г/кг в контрольном варианте до 95,2-127,1 г/кг ( $НСР_{05} = 12,2$ , табл. 2). Только дозы удобрений  $N_{60}P_{60}$  и  $P_{60}K_{60}$  обеспечили 1 класс качества по содержанию сырого протеина в зерне озимой ржи – 122,2 и 127,1 г/кг соответственно, что возможно связано с более щуплым зерном в данных вариантах. В остальных вариантах получено зерно третьего класса.

В 2019 г. с увеличением доз удобрений содержание сырого протеина возрастало с 82,1 г/кг в контрольном варианте до 85-115 г/кг ( $НСР_{05} = 17,4$ ). Применение удобрений в дозах  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и  $N_{150}P_{150}K_{150}$  обеспечили второй класс качества по содержанию сырого протеина в зерне озимой ржи. В остальных вариантах получено зерно третьего класса.

На органолептические свойства мякиша ржаного хлеба оказывают влияние (чаще всего негативное) ферменты, главным из которых является альфа-амилаза. Под действием высокой активности фермента альфа-амилазы крахмал в зерне расщепляется до сахаров. Основными методами определения свойств крахмала и активности фермента альфа-амилазы являются амилографический метод и определение показателя «число падения» по методу Хагберга-Пертена [13].

«Число падения» является основным показателем качества зерна ржи для хлебопечения, в Российской этот показатель введен в Межгосударственный стандарт<sup>6</sup> для определения товарного класса качества зерна ржи. Согласно данному стандарту, зерно ржи в зависимости от величины «числа падения» подразделяется на 4 класса: более 200 с – 1 класс, 141...200 с – 2 класс, 81...140 с – 3 класс, менее 80 с – 4 класс.

Зерно озимой ржи с «числом падения» ниже 80 считается не пригодным для хлебопечения. Показатель «число падения» и вязкость суспензии характеризуют устойчивость ржи к прорастанию зерна на корню, в связи с этим они зависят в основном от внешних условий, которые складываются в процессе формирования и созревания зерна [14, 15, 16].

<sup>5</sup>Казаков Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства: Изд. 3-е. М.: Колос, 1983. С. 114.

<sup>6</sup>ГОСТ 16990-2017. Рожь. Технические условия. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200157476>

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на содержание сырого протеина и клетчатки в зерне озимой ржи сорта Графиня, г/кг зерна /  
Table 2 – Effect of mineral fertilizers on content of raw protein and fiber in the grain of winter rye cv. Grafinya, g/kg grain

Доза удобрений / Doses of fertilizers	Сырой протеин / Raw protein		Клетчатка / Fiber	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль) / N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (control)	94,1	82,1	16,0	19,9
N <sub>60</sub>	101,3	87,4	16,2	16,0
P <sub>60</sub>	97,6	96,8	18,6	19,7
K <sub>60</sub>	107,6	79,8	14,3	18,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	122,2	98,2	15,0	14,5
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	96,6	85,0	19,5	15,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	127,1	79,5	14,5	17,8
N <sub>120</sub>	104,7	90,9	12,6	20,7
P <sub>120</sub>	99,0	87,3	15,6	18,0
K <sub>120</sub>	96,2	88,1	15,5	17,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	95,2	88,6	11,4	19,0
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	105,9	92,8	20,8	17,9
N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	106,2	98,8	17,0	15,0
P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	99,5	89,5	14,5	16,4
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	100,5	112,2	17,5	20,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	108,2	90,1	15,1	25,7
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	104,0	89,9	14,2	21,4
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	102,8	86,5	15,7	20,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	98,2	106,7	16,2	26,7
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	104,6	112,5	16,2	26,2
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	109,0	90,2	18,2	23,0
N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	104,5	115,1	17,5	29,8
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	12,2	17,4	Fф<Fт	6,2

Хорошая по качеству зерна рожь должна иметь: «число падения» не ниже 2 товарного класса (141...200 с), высоту амилограммы – 350...650 единиц. Согласно критериям ЕС, ржаное зерно обладает хлебо-пекарными качествами, если число падения более 120 с, максимальная вязкость, оцениваемая по высоте амилограммы больше 200 е. а. и максимальная температура пика клейстеризации больше 63 °С [17].

Полученные результаты ещё раз доказывают, что на качество озимой ржи сильное влияние оказала повышенная влагообеспеченность в период созревания зерна (134 % от нормы осадков в июне 2019 г.). В среднем по опыту в 2018 г. показатель «число падения» составил 124 с, в 2019 г. – во всех вариантах «число падения» было наименьшим и составило 62 с, высота амилограммы при этом равнялась 95 единиц амилографа (ед. а.), поэтому далее приведен анализ данных только за 2018 год.

В 2018 г. в вариантах без азотных удобрений и при одностороннем внесении N<sub>60</sub> «число падения» было выше 141 с., т. е. такое зерно можно отнести ко второму товарному классу (табл. 3). Высокое «число падения» имел образец в варианте без удобрений – 167 с. В остальных вариантах качество зерна соответствовало только 3 товарному классу.

Вязкость водно-мучной суспензии (высота амилограммы) у образцов колебалась от 120 до 280 ед. а. Высота амилограммы 100-250 ед. а. характеризует муку, из которой получится хлеб с влажным и липким мякишем, от 250 до 350 ед. а. – мука пригодна только при кислом ведении теста. «Число падения» и вязкость суспензии по амилографу имеют высокую сопряженность, т. к. являются характеристиками процесса клейстеризации ржаной муки, коэффициент корреляции между показателями составил 0,98.

*Таблица 3 – Хлебопекарные свойства зерна озимой ржи сорта Графиня (2018 г.) / Table 3 – Bakery properties of grain of winter rye cv. Grafinya (2018)*

<i>Доза удобрений / Doses of fertilizers</i>	<i>Число падения, с / Falling number, sec</i>	<i>Высота амилограммы, е.а. / Amylogramma height, units</i>	<i>Температура клейстеризации, °С / Gelation temperature, °C</i>
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль) / N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (control)	167	280	71
N <sub>60</sub>	165	275	72
P <sub>60</sub>	168	275	71
K <sub>60</sub>	114	210	69
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	139	230	70
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	119	220	69
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	81	150	65
N <sub>120</sub>	133	240	70
P <sub>120</sub>	161	260	71
K <sub>120</sub>	88	160	68
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	169	265	71
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	104	190	69
N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	124	210	69
P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	177	275	71
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	109	205	69
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	98	170	68
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	131	230	69
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	65	120	65
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	144	260	70
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	85	170	67
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	91	170	68
N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	95	170	67

Экономическую эффективность возделывания озимой ржи рассчитывали по технологическим картам в ценах 2019 года: аммиачная селитра 12800 руб/т, двойной суперфосфат 22000 руб/т, хлористый калий 20000 руб/т при цене реализации 1 т фуражного зерна 7000 руб.

Стоимость продукции непосредственно зависит от урожайности культуры. Так, при минимальной урожайности в контрольном варианте (1,83 т/га) или при внесении K<sub>60</sub> (2,28 т/га) стоимость продукции составила всего 12810 и 15960 руб/га. Наибольшей она получена при максимальной дозе внесения удобрений N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub> – 41580 руб/га (табл. 4).

С возрастанием вносимых доз минеральных удобрений увеличиваются производственные затраты на 1 гектар. В контроле, без удобрений, этот показатель равен 9325 руб., в варианте с максимальной дозой – 28837 руб. При этом отмечена тенденция увеличения производственных затрат в вариантах с приме-

нением фосфорных удобрений относительно вариантов, где они не вносятся, что связано в первую очередь с высокой стоимостью двойного суперфосфата.

Наименьшая прибыль получена в контрольном варианте, 3485 руб./га, наибольшая – при внесении N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, 19252 руб./га. Из-за низкой урожайности в контроле получена самая высокая себестоимость 1 т зерна – 5096 руб. В целом этот показатель варьировал от 3300 до 4900 руб. и оказался самым низким при внесении N<sub>60</sub> – 2732 руб./т.

Доза удобрений N<sub>60</sub> обеспечила самую высокую общую рентабельность производства – 156,2 %. Рентабельность выше 100 % обеспечили дозы N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>, поэтому можно судить о низкой эффективности фосфорно-калийных удобрений без применения азотных. В контрольном варианте рентабельность составила 37,4 %.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания озимой ржи сорта Графиня / Table 4 – Economic efficiency of cultivation of winter rye cv. Grafinya

Доза удобрений / Doses of fertilizers	Стоимость продукции, руб/га / Cost of production, rub/ha	Затраты, руб/га / Expenses, rub/ha	Прибыль, руб/га / Profit, rub/ha	Себестои- мость, руб/т / Prime cost, rub/t	Рентабель- ность, % / Profitability, %
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль) / N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (control)	12810	9325	3485	5096	37,4
N <sub>60</sub>	30660	11967	18693	2732	156,2
P <sub>60</sub>	19810	12474	7336	4408	58,8
K <sub>60</sub>	15960	11507	4453	5046	38,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	31920	15058	16862	3302	112,0
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	29050	14101	14949	3398	106,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24080	14668	9412	4264	64,2
N <sub>120</sub>	30100	14421	15679	3354	108,7
P <sub>120</sub>	26460	15621	10839	4132	69,4
K <sub>120</sub>	19600	13694	5906	4891	43,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	36820	17568	19252	3340	109,6
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	38640	20664	17976	3744	87,0
N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	33180	18752	14428	3956	76,9
P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	29470	19951	9519	4739	47,7
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	25410	13297	12113	3663	91,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31290	17201	14089	3848	81,9
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	30170	15806	14364	3667	90,9
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	32900	18912	13988	4024	74,0
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	34300	21075	13225	4301	62,8
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	39900	24976	14924	4382	59,8
N <sub>150</sub> P <sub>90</sub> K <sub>30</sub>	38360	21423	16937	3910	79,1
N <sub>150</sub> P <sub>150</sub> K <sub>150</sub>	41580	28837	12743	4855	44,2

Исходя из того, что большинство сельхозтоваропроизводителей применяют сложные комплексные удобрения, содержащие все основные элементы питания, наиболее эффективной дозой под озимую рожь является N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. При себестоимости 1 т зерна 3663 руб. общая рентабельность производства составит 91,1 %. В условиях экономии ресурсов оптимальным при производстве зерна озимой ржи будет внесение аммиачной селитры в дозе N<sub>60</sub>.

**Выводы.** В 2018 году на величину урожая озимой ржи сорта Графиня в большей степени влияли азотные удобрения и фосфорные. В 2019 году на величину урожая озимой ржи большое влияние оказали азотные удобрения, влияние фосфорных удобрений снизилось. В условиях 2019 года урожайность составила от 2,65 т/га в контроле до 7,08 т/га при внесении максимальной дозы N<sub>150</sub>P<sub>150</sub>K<sub>150</sub>, в 2018 году соответственно от 1,01 до 4,81 т/га, что в 1,5-2,6 раза меньше.

Технологические показатели зерна озимой ржи сорта Графиня не зависели от доз и соотношений минеральных удобрений. По содержанию сырой клетчатки во всех вариантах получено зерно первого класса, по содержанию сырого протеина – в основном второго. Повышенная влагообеспеченность в период созревания зерна привела к тому, что в 2018 году показатель «число падения» составил 124 с в среднем по вариантам, в 2019 г. – во всех вариантах «число падения» было наименьшим (62 с).

Доза удобрений N<sub>60</sub> обеспечила самую высокую общую рентабельность производства зерна озимой ржи сорта Графиня – 156,2 %. Применение фосфорно-калийных удобрений без азотных малоэффективно. Комплексное внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> обеспечивает себестоимость 3663 руб/т, рентабельность 91,1 %.

*Список литературы*

1. Пасынков А. В., Светлакова Е. В., Котельникова Н. В., Абашев В. Д., Пасынкова Е. Н., Садакова Г. Г., Баландина С. А., Дунашева Г. И., Рублева Н. В., Татарина М. С. Влияние длительности применения минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность севооборота и качество зерна. *Агрохимия*. 2016;(10):38-47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
2. Кирышин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(3):19-25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25910512>
3. Абашев В. Д., Светлакова Е. В., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Денисова А. В. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014;4(41):26-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21699656>
4. Калинин А. И. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров, 2004. 220 с.
5. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. *Земледелие*. 2016;(8):16-18.
6. Сысоев В. А. Комплексные научные исследования по озимой ржи – важнейшей национальной и стратегической зерновой культуре РФ. *Достижения науки и техники АПК*. 2012;(6):8-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17771270>
7. Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(1(62)):11-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32597829>
8. Schlegel Rolf H. J. Rye: Genetics, Breeding and Cultivation. London: CRC Press Taylor and Francis Group, 2013. 382 p. URL: <https://b-ok.cc/book/2366126/9f0b38>
9. Пасынков А. В., Андреев В. Л., Завалин А. А., Пасынкова Е. Н. Изменение показателей качества зерна озимой ржи при его фракционировании. *Достижения науки и техники АПК*. 2013;(9):36-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20310396>
10. Завалин А. А., Пасынков А. В. Азотное питание и прогноз качества зерновых культур. М.: ВНИИА, 2007. 208 с.
11. Коданев И. М. Агротехнические приемы повышения качества зерна. Горький, 1981. 47 с.
12. Pasyunkova E. N., Zavalin A. A., Pasyunkov A. V., Kotelnikova N. V. change in quality parameters of hulled oats grain at fractionation. *Russian agricultural sciences*. 2018;44(5):409-413. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41516254>
13. Бушук В., Кэмпбелл У. П., Древе Э. Рожь. Производство, химия и технология. М., 1980. 247 с.
14. Исмагилов Р. Р., Ахиярова Л. М., Аюпов Д. С., Исмагилов К. Р. Хлебопекарные качества зерна озимой ржи и приемы их повышения. *Аграрный вестник Урала*. 2010;3(69):54-55. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15123304>
15. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л., Иванова М. С. Новые сорта и особенности технологии выращивания озимых зерновых культур на семена в ФГБНУ «Уральский НИИСХ». *Пермский аграрный вестник*. 2017;(2(18)):48-56. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29372547>
16. Ismagilov R. R., Gaysina L. F., Ahiyarova L. M., Ayupov D. S., Nurlygayanov R. B., Ahiyarov B. G., Abdulvaleev R. R., Maljutina K. V., Ismagilov K. R., Abdulloev V. K. Crop yields and baking qualities of fl winter rye hybrids grain in the forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Journal of engineering and applied sciences*. 2018;13(S8):6487-6493. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35652067>
17. Muenzing K., Huesken A., Unbehend G., Begemann J., Arent L., Wolf K., Lindhauer M. G. Die Qualität der deutschen Roggenernte 2014. *Mühle Mischfutter*. 2014;151:745-754. (In Deutschland).

*References*

1. Pasyunkov A. V., Svetlakova E. V., Kotelnikova N. V., Abashev V. D., Pasyunkova E. N., Sadakova G. G., Balandina S. A., Dunyasheva G. I., Rubleva N. V., Tatarina M. S. *Vliyaniye dlitel'nosti primeneniya mineral'nykh udobreniy na plodorodie dervno-podzolistoy pochvy, produktivnost' sevooborota i kachestvo zerna*. [The influence of long-term application of fertilizers on fertility of soddy-podzolic soil, productivity of crop rotation and grain quality]. *Agrokhimiya*. 2016;(10):38-47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
2. Kiryushin V. I. *Mineral'nye udobreniya kak klyuchevoy faktor razvitiya sel'skogo khozyaystva i optimizatsii prirodopol'zovaniya*. [Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(3):19-25. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25910512>
3. Abashev V. D., Svetlakova E. V., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A. V. *Vliyaniye vozrastayushchikh doz i sootnosheniy mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy rzhi*. [Influence of increasing rates and ratio of mineral fertilizers on winter rye yield and seed quality]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2014;4(41):26-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21699656>
4. Kalinin A. I. *Agrokhimicheskie svoystva dervno-podzolistykh pochv i produktivnost' rasteniy*. [Agrochemical properties of sod-podzolic soils and plant productivity]. Киров, 2004. 220 p.
5. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pakhotnykh pochv Kirovskoy oblasti*. [Fertility of arable soils of Kirov region]. *Zemledelie*. 2016;(8):16-18. (In Russ.).
6. Sysuev V. A. *Kompleksnye nauchnye issledovaniya po ozimoy rzhi – vazhneyshey natsional'noy i strategicheskoy zernovoy kul'ture RF*. [Complex scientific researches on winter rye - major national and strategic grain crop of Russian Federation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2012;(6):8-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17771270>
7. Utkina E. I., Kedrova L. I. *Zimostoykost' ozimoy rzhi: problemy i resheniya*. [Winter hardiness in winter rye: problems and solutions]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (1(62)):11-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32597829>
8. Schlegel Rolf H. J. Rye: Genetics, Breeding and Cultivation. London: CRC Press Taylor and Francis Group, 2013. 382 p. URL: <https://b-ok.cc/book/2366126/9f0b38>

9. Pasyнков А. В., Andreev В. Л., Zavalin А. А., Pasynkova Е. N. *Izmenenie pokazateley kachestva zerna ozimoy rzhi pri ego fraktsionirovaniy.* [Changes in the parameters of winter rye quality after grain fractionation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Agricultural Science Euro-North-East.* 2013;(9):36-40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20310396>

10. Zavalin А. А., Pasyнков А. В. *Azotnoe pitaniye i prognoz kachestva zernovykh kul'tur.* [Nitrogen nutrition and grain crop quality forecast]. Moscow: *VNIIA*, 2007. 208 p.

11. Kodanov I. M. *Agrotekhnicheskie priemy povysheniya kachestva zerna.* [Agricultural techniques of grain quality improvement]. Gor'kiy, 1981. 47 p.

12. Pasynkova Е. N., Zavalin А. А., Pasyнков А. В., Kotelnikova N. V. Change in quality parameters of hulled oats grain at fractionation. *Russian agricultural sciences.* 2018;44(5):409-413. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41516254>

13. Bushuk V., Kempbell U. P., Dreves E. *Rozh'. Proizvodstvo, khimiya i tekhnologiya.* [Rye: production, chemistry, and technology]. Moscow, 1980. 247 p.

14. Ismagilov R. R., Akhiyarova L. M., Ayupov D. S., Ismagilov K. R. *Khlebopekarnyye kachestva zerna ozimoy rzhi i priemy ikh povysheniya.* [Baking qualities of grain winter rye and methods for increasing them]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals.* 2010;(3(69)):54-55. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15123304>

15. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L., Ivanova M. S. *Novyye sorta i osobennosti tekhnologii vyrashchivaniya ozimyykh zernovykh kul'tur na semena v FGBNU «Ural'skiy NIISKh».* [New varieties and peculiarities of growing techniques of the winter cereals for seeds at the federal budget state scientific institution "The Ural Scientific Research Institute"]. *Perm'skiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal.* 2017;(2(18)):48-56. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29372547>

16. Ismagilov R. R., Gaysina L. F., Akhiyarova L. M., Ayupov D. S., Nurlygayanov R. B., Akhiyarov B. G., Abdulvaleev R. R., Maluyutina K. V., Ismagilov K. R., Abdulloev V. K. Crop yields and baking qualities of fl winter rye hybrids grain in the forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Journal of engineering and applied sciences.* 2018;13(S8):6487-6493. (In United Arab Emirates). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35652067>

17. Muenzing K., Huesken A., Unbehend G., Begemann J., Arent L., Wolf K., Lindhauer M. G. Die Qualität der deutschen Roggenerte 2014. *Mühle Mischfutter.* 2014;151:745-754. (In Deutschland).

#### **Сведения об авторах**

✉ **Попов Фёдор Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией агрохимии и кормопроизводства, 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/0000-0002-9801-3453>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Абашев Василий Дмитриевич**, доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и кормопроизводства, 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/0000-0002-4345-7022>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Носкова Евгения Николаевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории земледелия, 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/0000-0002-4685-7865>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Светлакова Елена Вячеславовна**, младший научный сотрудник лаборатории агрохимии и кормопроизводства, 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/0000-0002-4904-697X>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Лыскова Ирина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник лаборатории агрохимии и качества зерна, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д.3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>

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

✉ **Fyodor A. Popov**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Head of the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, 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/0000-0002-9801-3453>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Vasily D. Abashev**, DSc in Agricultural science, senior researcher, the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, 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/0000-0002-4345-7022>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Eugenia N. Noskova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Soil Management, 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/0000-0002-4685-7865>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Elena V. Svetlakova**, junior researcher, the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, 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/0000-0002-4904-697X>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Irina V. Lyiskova**, PhD in Agriculture, senior researcher, the Laboratory of Agrochemistry and Grain Quality, Falenki Breeding Station – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Timiryazev str., 3, v. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Отзывчивость сортов ярового тритикале на внесение минеральных удобрений

© 2020. Ю. А. Лапшин<sup>1✉</sup>, С. И. Новоселов<sup>2</sup>, А. В. Данилов<sup>2</sup>, Р. И. Золоторева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Российская Федерация

Исследования проводили в 2018-2019 гг. в условиях Республики Марий Эл на дерново-подзолистой почве. Изучали отзывчивость 5 сортов ярового тритикале на основное внесение минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и азотную подкормку  $N_{30}$  в фазу кущения. В 2018 году на неудобренном фоне зерновая продуктивность сортов Ровня (стандарт), Саур и Доброе (3,80-4,07 т/га) была достоверно ниже, чем у сортов Хайкар и Заозерье (4,31-4,81 т/га). Внесение  $N_{30}$  в фазу кущения на фоне без внесения минеральных удобрений под предпосевную культивацию обеспечило получение достоверной прибавки урожайности у сортов Хайкар (0,67 т/га, или +15 % к контролю), Доброе (0,68 т/га, или +17 %) и Саур (0,77 т/га, или +20 %). Окупаемость минеральных удобрений, внесенных под предпосевную культивацию, прибавкой урожая зерна была невысокой (3,7-7,7 кг). Внесение азотной подкормки на фоне без применения минеральных удобрений под предпосевную культивацию было эффективным: сорта Хайкар, Саур и Доброе обеспечивали окупаемость внесенного 1 кг удобрений 22-25 кг зерна. В неблагоприятных засушливых агроклиматических условиях 2019 года урожайность изучаемых сортов снизилась до 2,17-3,84 т/га, но была достоверно выше на 0,4-1,0 т/га контрольного сорта Ровня. Прибавки урожая от азотной подкормки были менее существенными и достигали достоверных величин ( $НСР_{05} = 0,25$  т/га) у стандартного сорта Ровня (на фонах  $N_0P_0K_0$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 0,35 и 0,51 т/га соответственно, сорта Доброе (на фоне  $N_0P_0K_0$ ) – 0,39 т/га и сорта Хайкар ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 0,44 т/га. Основное внесение  $N_{60}P_{60}K_{60}$  под предпосевную культивацию позволило существенно увеличить производство кормового зерна в сравнении с неудобренным фоном: у стандартного сорта Ровня – на 0,42 т/га, Саур – 0,42 т/га, Доброе – 0,94 т/га, Хайкар – 0,32 т/га, Заозерье – на 0,34 т/га. Содержание белка в зерне сортов ярового тритикале было наибольшим (13,9-15,8 %) в вариантах с основным внесением удобрений и азотной подкормкой. Максимальную отзывчивость на внесение минеральных удобрений проявил сорт тритикале Доброе в оба года исследований.

**Ключевые слова:** основное внесение минеральных удобрений, азотная подкормка в кущение, урожайность, фуражное зерно, белок

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0091).

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

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

**Для цитирования:** Лапшин Ю. А., Новоселов С. И., Данилов А. В., Золоторева Р. И. Отзывчивость сортов ярового тритикале на внесение минеральных удобрений. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):571-579. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.571-579>

Поступила: 22.04.2020

Принята к публикации: 13.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Response of spring triticale varieties to application of mineral fertilizers

© 2020. Yuri A. Lapshin<sup>1✉</sup>, Sergei I. Novoselov<sup>2</sup>, Aleksander V. Danilov<sup>2</sup>, Rimma I. Zolotareva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,

<sup>2</sup>Mari State University, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation

The research was conducted in 2018-2019 in the conditions of the Republic of Mari El on sod-podzolic soil. Studied was the response of five varieties of spring triticale to the basal application of mineral fertilizers  $N_{60}P_{60}K_{60}$  and nitrogen fertilization  $N_{30}$  in the tillering phase. In 2018, grain productivity of the Rovnya (standard), Saur and Dobroe varieties (3.80-4.07 t/ha) was significantly lower than that of the Hajkar and Zaozerie varieties (4.31-4.81 t/ha). The application of  $N_{30}$  in the tillering phase against the background without mineral fertilizers for pre-sowing cultivation provided a significant increase in yield of the varieties Hajkar (0.67 t/ha, or +15%), Dobroe (0.68 t/ha, or +17%) and Saur (0.77 t/ha, or +20%). The payback of mineral fertilizers used for pre-sowing cultivation with the increase in grain yield was not high (3.7-7.7 kg). The application of nitrogen top dressing on the background without the use of mineral fertilizers for pre-sowing cultivation was effective: Hajkar, Saur and Dobroe varieties provided a payback of 22-25 kg of grain per 1 kg of fertilizers. In unfavorable arid agro-climatic conditions of 2019, the yield of the studied varieties decreased to 2.17-3.84 t/ha, but was significantly higher by 0.4-1.0 t/ha of the control variety Rovnya. The yield increase from nitrogen fertilization was less substantial and

achieved reliable values ( $LSD_{05} = 0.25$  t/ha) in standard Rovnya variety (on the  $N_0P_0K_0$  and  $N_{60}P_{60}K_{60}$  backgrounds) – 0.35 and 0.51 t/ha, respectively, Dobroe variety (on the  $N_0P_0K_0$  background) – 0.39 t/ha and Hajkar variety (on the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  background) – 0.44 t/ha. The basal application of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  for pre-sowing cultivation allowed to increase significantly the production of feed grain in comparison with the non-fertilized background: by 0.42 t/ha in Rovnya standard, by 0.42 t/ha in Saur variety, by 0.94 t/ha in Dobroe variety, by 0.32 t/ha in Hajkar variety, by 0.34 t/ha in Zaozerie variety. The protein content in triticale grain was the highest in the variants with the basal application of fertilizers and nitrogen fertilization (13.9-15.8 %). Dobroe variety showed the greatest response to the application of mineral fertilizers during both years of research.

**Key words:** main application of mineral fertilizers, nitrogen fertilization in tillering phase, yield, feed grain, protein

**Acknowledgement:** 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. 0528-2019-0091).

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:** Lapshin Yu. A., Novoselov S. I., Danilov A. V., Zolotareva R. I. Response of spring triticale varieties to application of mineral fertilizers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):571-579. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.571-579>

Received: 22.04.2020

Accepted for publication: 13.10.2020

Published online: 22.10.2020

Ареал распространения посевов ярового тритикале в России постепенно расширяется, включая территории, где оно ранее не возделывалось. Этому способствует изменение климатических условий в сторону потепления и появление новых сортов, адаптированных к более суровым условиям произрастания [1, 2]. Занимая определенную нишу в структуре посевов, тритикале расширяет перечень биоразнообразия возделываемых в регионе яровых зернофуражных культур и способствует укреплению кормовой базы животноводства. Используется в пищевой промышленности и для приготовления сочных и комбинированных кормов [3]. Включение зерна тритикале в состав комбикормов повышает продуктивность животных и птицы, а лучшая обеспеченность зерна незаменимыми аминокислотами и питательными веществами позволяет более рационально использовать корма [4]. Обладая, в отличие от других зерновых культур, большей выносливостью к биотическим и абиотическим стрессам, малой требовательностью к плодородию почвы, высокой отзывчивостью на минеральные удобрения [5, 6, 7], тритикале обеспечивает получение стабильной урожайности [8, 9]. Вместе с тем одной из основных причин неполной реализации продуктивного потенциала культуры является несвоевременное проведение агротехнических приемов ее возделывания [10]. Более широкое распространение культуры тритикале сдерживается значительными колебаниями урожая зерна от погодных условий, величины применения интенсификационных факторов, в частности минеральных удобрений [11, 12, 13, 14]. По мнению А. А. Жученко (2009), внедрение современных, адаптированных к условиям возделывания

сортов культурных растений способствует повышению урожайности на 30-70 % [15]. Генофонд возделываемых сортов ярового тритикале постоянно расширяется, а потребность в создании качественно нового исходного материала с высокой зерновой продуктивностью, приспособленного к местным агроклиматическим и почвенным условиям только возрастает. Дальнейшее увеличение объемов кормового зерна будет определяться созданием новых сортов и их адаптацией к местным агроклиматическим условиям [9, 16, 17].

Изучение и выявление сортов тритикале, обладающих высокой стабильной продуктивностью и отзывчивостью на внесение удобрений, пригодных для использования в малозатратных ресурсосберегающих технологиях, что особенно значимо для нынешнего состояния сельскохозяйственной деятельности в Республике Марий Эл, по-прежнему остается актуальным.

**Цель исследований** – установить влияние различных норм минеральных удобрений и сроков их внесения на урожайность сортов ярового тритикале в почвенно-климатических условиях Республики Марий Эл.

**Материал и методы.** Объект исследований – сорта ярового тритикале различного эколого-географического происхождения. Исследования проведены в 2018-2019 гг. Полевые опыты закладывали на опытном поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Севера-Востока. Лабораторные исследования растительных и почвенных образцов осуществляли в лабораториях института и кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

с использованием современного оборудования по общепринятым в научных учреждениях методикам<sup>1</sup>. Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая окультуренная с высоким содержанием (в вытяжке Кирсанова) подвижных форм фосфора и обменного калия. Содержание гумуса (по Тюрину) 2,5-3,2 %, реакция почвенной среды – рН<sub>KCl</sub> 6,3-6,6, V – 86,1 %, S – 25,7-34,0 мг-экв/100 г почвы. Агротехника в опытах была рекомендуемой для возделывания яровых зерновых в республике. Исследования проводили в трехфакторном полевом опыте, заложенном методом расщепленных делянок.

Схема опыта: *Фактор А – сорта ярового тритикале* (организация-оригинатор): А1 – Ровня, стандарт (ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, ФГБНУ Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко); А2 – Саур (ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр); А3 – Хайкар (ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр); А4 – Заозерье (ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию); А5 – Доброе (ФГБНУ Верхневолжский ФАНЦ, РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию).

Сорт Ровня принят за стандарт на сортоиспытательных участках Республики Марий Эл и допущен к использованию по Волго-Вятскому региону.

*Фактор В – основное внесение удобрений*, кг/га д. в. (под предпосевную культивацию): В1 – N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (без удобрений); В2 – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

*Фактор С – корневая азотная подкормка в фазу кущения*, кг/га д.в.: С1 – N<sub>0</sub>; С2 – N<sub>30</sub>.

Учет урожая проводили методом пробной площадки с обмолотом на стационарной селекционной молотилке. Полученные результаты урожайности зерна приводили к 100 % чистоте и стандартной влажности. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову<sup>2</sup> с применением пакета программ прикладной статистики «Stat» (версия 2.6, ИВЦ МарГУ, 1993), «Microsoft Office Excel 2016».

**Результаты и их обсуждение.** Рост и развитие растений тритикале на начальном периоде в мае и конце вегетации в августе 2018 года протекали при существенном недоборе осадков и повышенных среднесуточных температурах воздуха (ГТК = 0,5) (табл. 1).

Только благодаря хорошим запасам доступной почвенной влаги в метровом слое почвы перед посевом удалось избежать негативного влияния повышенных среднесуточных температур воздуха и недобора осадков на развитие растений тритикале в межфазный период от всходов до кущения. В дальнейшем условия для роста и развития тритикале были вполне удовлетворительными. Агрометеорологические условия периода вегетации тритикале в 2019 году были еще более контрастными, чем в 2018 году, что в конечном итоге негативно отразилось на величине формируемого урожая зерна. К началу третьей декады мая запасы продуктивной влаги сократились до удовлетворительных значений. Особенно быстро пересох слой почвы 0-10 см, что отрицательно сказалось на кущении сортов. В июне ситуация с доступностью почвенной влаги только усугубилась. Верхний слой почвы 0-10 см полностью пересох. Развитие растений проходило в основном за счет элементов питания из более глубоких и менее обеспеченных ими слоев почвы.

Июль по температурному режиму оказался значительно холоднее нормы, но с обильным выпадением осадков, которые спровоцировали образование «подгона». Хорошие запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см сформировались лишь к третьей декаде июля. Август был холоднее обычного с обильным выпадением осадков (146 % от нормы).

Несмотря на неоднозначные агроклиматические условия в годы проведения исследований установлена высокая отзывчивость сортов ярового тритикале на внесение минеральных удобрений, особенно азотных подкормок (табл. 2).

Уровень урожайности зерна у испытываемых сортов ярового тритикале в 2018 году был почти вдвое выше, чем в 2019 году. На неудобренном фоне в 2018 году зерновая продуктивность контрольного сорта Ровня находилась на уровне испытываемых сортов Саур и Доброе и достоверно была ниже, чем у сортов Хайкар и Заозерье. Неблагоприятные засушливые агроклиматические условия первой половины вегетации 2019 года негативно отразились на урожайности сорта Ровня, который достоверно уступал (на 0,4-1,0 т/га) всем изучаемым сортам.

<sup>1</sup>Косолапов В. М., Чуйков В. А., Худякова Х. К., Косолапова В. Г. Физико-химические методы анализа кормов. М.: Издательство дом «Типография Россельхозакадемии». 2014. 344 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT**

*Таблица 1 – Метеорологические условия в вегетационные периоды развития тритикале (2018-2019 гг.) (данные Марийского ЦГМС-филиала ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС») /*

*Table 1 – Meteorological conditions during the growing seasons of spring triticale development (2018-2019) (Mari El Center of Hydrometeorology and Environmental Monitoring-Branch of the Federal State Budgetary Institution Upper Volga Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring)*

Год / Year	Май / May		ГТК / НТР	Июнь / June		ГТК / НТР	Июль / July		ГТК / НТР	Август / August		ГТК / НТР
	1*	2*		1	2		1	2		1	2	
2018	28,0	13,5	0,49	51,0	15,8	0,97	65,0	20,8	1,00	26,0	18,5	0,46
2019	31,0	15,1	0,52	46,0	17,8	0,64	150,0	16,8	2,3	146,0	14,8	2,1
Среднее много-летнее / Long-time average annual	41,0	11,9	-	66,0	16,9	-	73,0	18,5	-	63,0	15,8	-

1\* – Количество осадков, мм; 2\* – Среднесуточная температура воздуха, °С /  
1\* – Rainfall amount, mm; 2\* – Average daily temperature, °C.

*Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на урожайность ярового тритикале, т/га / Table 2 – The effect of mineral fertilizers on the yield of spring triticale, t/ha*

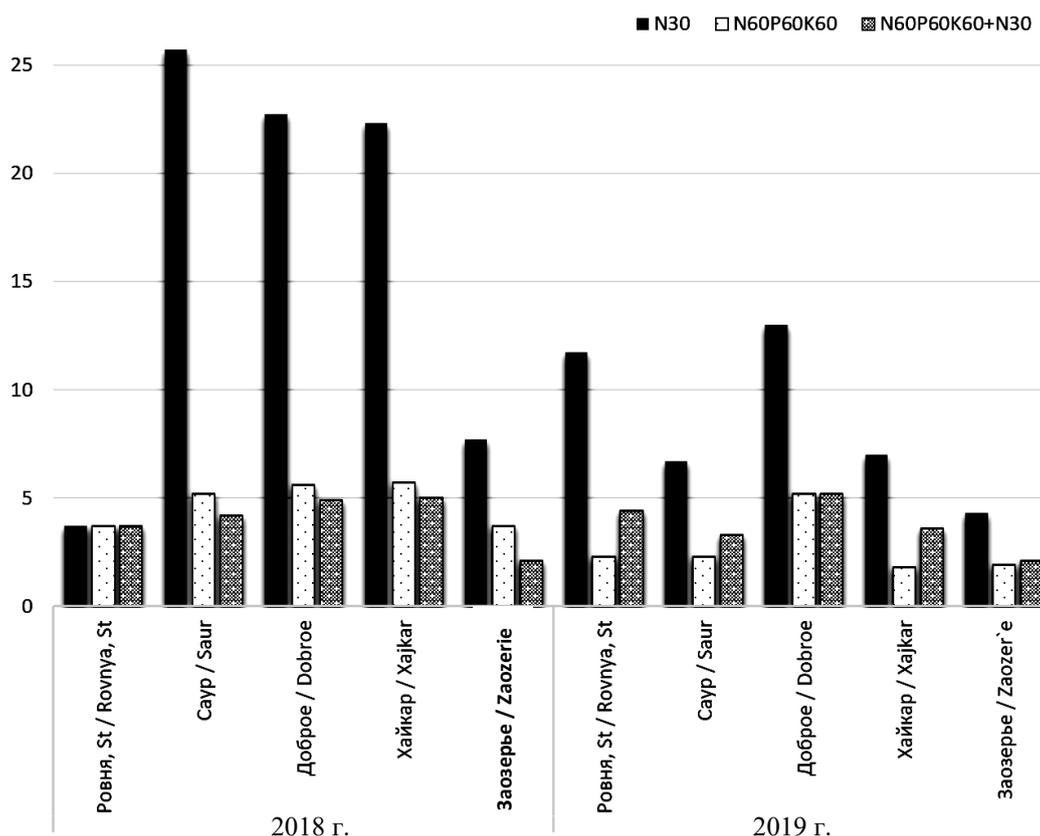
Уровень минерального питания, кг/га д.в. / The mineral nutrient level, kg/ha a. s.		Сорт (A) / Variety (A)													
основное внесение (B) / basal fertilizing (B)	подкормка (C) / supplemental application (C)	2018 г.							2019 г.						
		Ровня, St / Rovnya, St	Саур / Saur	Доброе / Dobroe	Хайкар / Hajkar	Заозерье / Zaozerie	Среднее B / Average B	Среднее C / Average C	Ровня, St / Rovnya, St	Саур / Saur	Доброе / Dobroe	Хайкар / Hajkar	Заозерье / Zaozerie	Среднее B / Average B	Среднее C / Average C
Без удобрений / Without fertilizing	N <sub>0</sub>	4,07	3,80	4,01	4,31	4,81	4,20	4,63	1,76	2,17	2,74	2,65	2,32	2,33	2,58
	N <sub>30</sub>	4,18	4,57	4,69	4,98	5,04		4,81	2,11	2,37	3,13	2,86	2,45		3,11
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	4,73	4,74	5,02	5,34	5,47	5,06	-	2,18	2,59	3,68	2,97	2,66	2,82	-
	N <sub>30</sub>	4,37	4,69	5,03	5,36	5,25		2,69	2,86	3,84	3,41	2,76			
Среднее A / Average A		4,34	4,45	4,69	5,00	5,14	-	-	2,18	2,50	3,35	2,97	2,55	-	-
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		частных различий / differences					главных эффектов / main effects								
		год / year													
		2018	2019	2018	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0,31	0,52	0,16	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	0,24	0,26	0,08	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	0,17	0,25	0,06	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Внесение полной нормы минеральных удобрений под предпосевную культивацию  $N_{60}P_{60}K_{60}$  позволило значительно увеличить производство кормового зерна, в сравнении с неудобренным фоном в условиях 2018 года, в зависимости от сорта на 0,7-1,0 т/га, или 14-25 %, в условиях 2019 года на 0,3-0,9 т/га, или 12-34 % (при  $HC_{05}$  главных эффектов фактора В = 0,08 т/га). Наименее отзывчивым на внесение минеральных удобрений оказался более позднеспелый сорт Заозерье.

В 2018 году в опытах установлен высокий эффект от внесения азотной подкормки в фазе кущения растений тритикале на фоне, где минеральные удобрения под предпосевную культивацию не вносились. Наибольшую прибавку обеспечивали сорта Хайкар (0,67 т/га, или +15 % к контролю), Доброе (0,68 т/га, или +17 %) и Саур (0,77 т/га, или +20 %) (при  $HC_{05}$  частных различий  $C = 0,17$  т/га). В условиях

2019 года прибавки урожая от азотной подкормки на фонах основного внесения удобрений ( $N_0P_0K_0$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) были меньшей величины и достоверными ( $HC_{05}$  частных различий  $C = 0,25$  т/га) у контрольного сорта Ровня на обоих уровнях основного внесения удобрений – 0,35 и 0,51 т/га соответственно. У сорта Доброе на фоне без предпосевого внесения удобрений (0,39 т/га) и у сорта Хайкар (0,44 т/га) на фоне основного внесения  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Данные, отраженные на рисунке 1, свидетельствуют о целесообразности применения минеральных удобрений и азотной подкормки, в частности. Такие сорта, как Хайкар, Саур и Доброе на фоне без применения минеральных удобрений под предпосевную культивацию в благоприятные по агроклиматическим условиям годы обеспечивали высокую оплату 1 кг азота при подкормке из расчета  $N_{30}$ , составляющую 22-25 кг зерна.



**Рис. 1. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая ярового тритикале, кг (2018-2019 гг.) /**

**Fig. 1. Mineral fertilizers payback by increase in the yield of spring triticale, kg (2018-2019)**

В годы исследований сорта ярового тритикале обеспечивали наибольшую продуктивность преимущественно на фоне основного внесения минеральных удобрений под предпосевную культивацию. Аналогич-

ная закономерность прослеживается и в вариантах с основным внесением под предпосевную культивацию  $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$  в подкормку в фазу кущения. Результаты, полученные в наших опытах, полностью согласуются

с данными исследователей Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко. Они установили, что «для яровых сортов тритикале своевременное внесение основного удобрения имеет более важное значение. Стремительное весеннее нарастание положительных температур может привести к ускорению развития растений и невозможности сформировать достаточной биомассы для получения высокого урожая зерна» [14, с. 36].

Содержание сырого протеина в зерне у сортов тритикале возрастало с увеличением уровня минерального удобрения. В среднем за 2018-2019 годы внесение азотной подкормки в дозе N<sub>30</sub>, в сравнении с неудобренным фоном, способствовало увеличению содержания в зерне сырого белка: Саур на 0,4 %, Доб-

рое на 0,9 %, Хайкар на 0,6 %, Заозерье на 1,3 % и у стандарта Ровня на 0,4 абс.% (рис. 2).

В вариантах с основным внесением удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и азотной подкормки N<sub>30</sub> в кушение у сортов Хайкар и Ровня содержание сырого белка в зерне достигало наивысших значений в опыте – 15,3 и 15,8 % соответственно.

Данные структурного анализа снопового материала позволяют констатировать, что применение минеральных удобрений не обеспечивало достоверного увеличения крупности зерна, хотя у некоторых сортов тенденция в данном направлении прослеживалась. С увеличением уровня минерального удобрения закономерно возрастала натурная масса зерна.

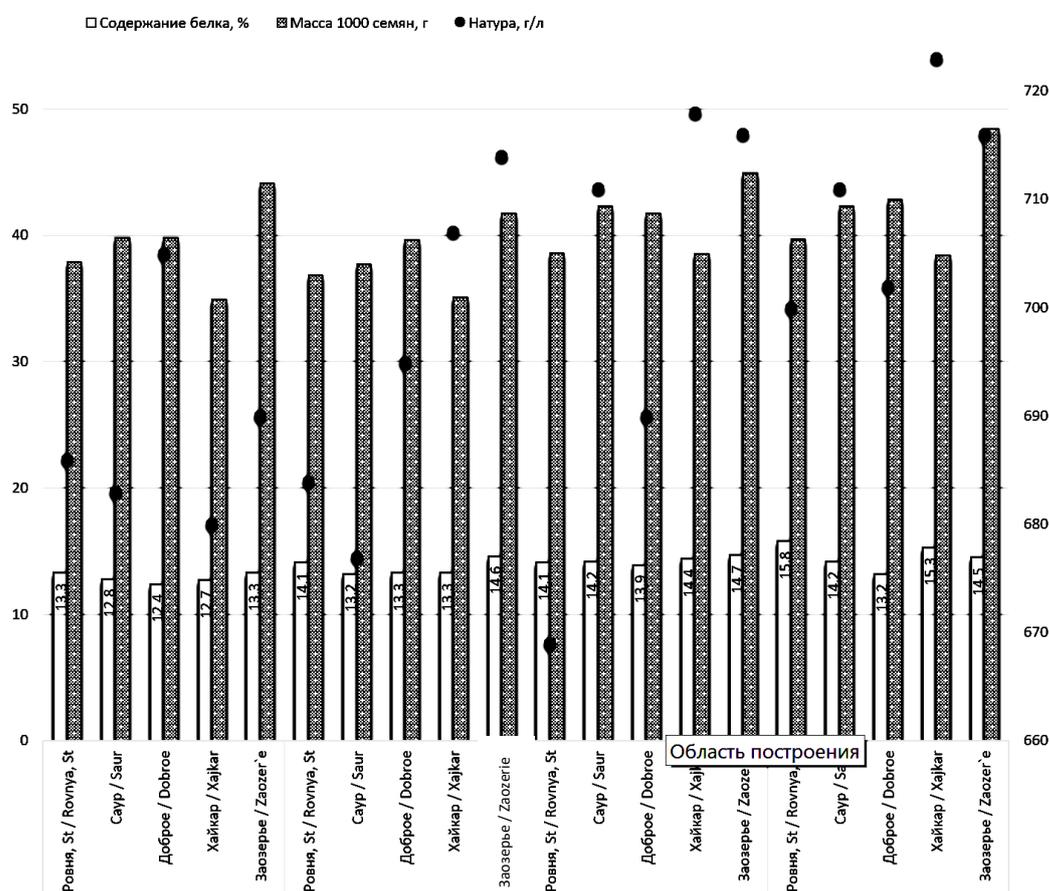


Рис. 2. Качество зерна ярового тритикале (среднее за 2018-2019 гг.) /  
Fig. 2. Grain quality of spring triticale, average for (2018-2019)

В исследованиях установлены тесные корреляционные связи урожайности культуры тритикале с рядом элементов структуры урожая: количеством продуктивных стеблей ( $r = 0,76$ ), количеством колосков в колосе ( $r = 0,65$ ), количеством зерен в колосе ( $r = 0,76$ ), массой зерна с одного колоса ( $r = 0,83$ ).

**Выводы.** Применение минеральных удобрений на посевах ярового тритикале эффективно. Внесение полной нормы минеральных удобрений под предпосевную культивацию N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> в подкормку в фазу кушения способствовало достижению максимальной зерновой продуктивности у испытуемых

сорт. Высокую отзывчивость на повышение уровня минерального питания показал сорт Доброе. Наибольшая окупаемость килограмма внесенных удобрений прибавкой

урожая зерна в опыте получена в варианте с применением только азотной подкормки в дозе 30 кг/га, внесенной в фазу кущения культуры.

#### *Список литературы*

1. Алтынова Н. В., Мефодьев Г. А. Сортовое разнообразие тритикале яровой в Волго-Вятском регионе. Рациональное природопользование и социально экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного использования АПК региона: мат-лы Всеросс. научн.-практ. конф. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2017. С. 34-39.
2. Измestьев В. М., Виноградов Г. М., Лапшин Ю. А., Замятин С. А., Виноградова И. А. Изменение климатических условий в Республике Марий Эл (тенденции, анализ климатических параметров, публикации): научн. мат-лы. Йошкар-Ола: ГНУ Марийский НИИСХ Россельхозакадемии, 2017. 36 с.
3. Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Беляева М. В. Технологические и хлебопекарные качества тритикале. *Зерновое хозяйство России*. 2019;(2):21-26. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-21-26>
4. Зуев Д. В., Тысленко А. М. Исходный материал и практические результаты экологической селекции яровой тритикале. *Таврический вестник аграрной науки*. 2016;(2(6)):58-68. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27698325>
5. Булавина Т. М. Эффективность применения азотных удобрений и микроэлементов при возделывании ярового тритикале. *Почвоведение и агрохимия*. 2014;(2(53)):118-124. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36315994>
6. Пискунова Х. А., Фёдорова А. В. Отзывчивость яровой тритикале сорта «Ровня» на азотные подкормки. *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. 2017;(1(49)):117-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29767773>
7. Пискунова Х. А., Фёдорова А. В. Влияние сроков посева и доз азотных удобрений на урожайность яровой тритикале. *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. 2017;(4(52)):143-147. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32362395>
8. Новоселов С. И., Куклина Т. Е., Гусева О. С. Влияние удобрений на урожайность сортов яровой тритикале в условиях дерново-подзолистых почвах Республики Марий Эл. *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2017;3(4(12)):27-31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32321197>
9. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л. Генетический потенциал и селекционная значимость тритикале в Республике Татарстан. Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и технологии их использования: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2016. С. 163-172. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27324801>
10. Романенко А. А., Беспалова Л. А., Ковтуненко В. Я., Кудряшов И. Н. Рекомендации по технологии возделывания и использования тритикале в Краснодарском крае. Краснодар: РАСХН, КНИИСХ, 2013. 50 с.
11. Лапшин Ю. А., Новоселов С. И., Данилов А. В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019;(3(56)):74-81. DOI: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>
12. Ненайденко Г. Н., Сибирякова Г. В. Отзывчивость яровых зерновых – тритикале и пшеницы на удобрение на подзолистых почвах. *Владимирский земледелец*. 2013;1(63):11-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309079>
13. Wojtkowiak K., Stepień A., Warechowska M., Markowska A. Effect of nitrogen fertilization method on the yield and quality of Milewo variety spring triticale grain. *Polish journal of natural sciences*. 2015;30(2):173-184. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284900627\\_Effect\\_of\\_nitrogen\\_fertilization\\_method\\_on\\_the\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_Milewo\\_variety\\_spring\\_triticale\\_grain](https://www.researchgate.net/publication/284900627_Effect_of_nitrogen_fertilization_method_on_the_yield_and_quality_of_Milewo_variety_spring_triticale_grain)
14. Janušauskaitė D. Analysis of grain yield and its components in spring triticale under different N fertilization regimes Institute of Agriculture. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2014;101(4):381-388. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2014.101.048>
15. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (экологические основы). Теория и практика. В 3-х томах. М.: Изд-во Агрорус, 2009. Т.1. 817 с.
16. Дьячук Т. И., Кибалко И. А., Поминов А. В., Аникина В. Н. Перспективные линии в селекции тритикале для условий Поволжья. *Зерновое хозяйство России*. 2018;(5):39-43. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-39-43>
17. Леконцева Т. А., Юферева Н. И., Стаценко Е. С. Оценка исходного материала для создания сортов яровой тритикале в условиях Волго-Вятского региона. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2019;(2(50)):45-52. DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12019>

*References*

1. Altynova N. V., Mefod'ev G. A. *Sortovoe raznoobrazie tritikale yarovoy v Volgo-Vyatском regione*. [Varietal diversity of triticale spring wheat in the Volga-Vyatka region]. *Ratsional'noe prirodopol'zovanie i sotsial'no ekonomicheskoe razvitie sel'skikh territoriy kak osnova effektivnogo ispol'zovaniya APK regiona: mat-ly Vseross. nauchn.-prakt. konf.* [Rational use of natural resources and socio-economic development of rural areas as the basis for effective use of the region's agro-industrial complex: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference]. Cheboksary: *Chuvashskaya GSKhA*, 2017. pp. 34-39.
2. Izmet'sev V. M., Vinogradov G. M., Lapshin Yu. A., Zamyatin S. A., Vinogradova I. A. *Izmenenie klimaticheskikh usloviy v Respublike Mariy El (tendentsii, analiz klimaticheskikh parametrov, publikatsii): nauchn. mat-ly*. [Climate change in the Republic of Mari El (trends, analysis of climate parameters, publications): scientific materials]. Yoshkar-Ola: *GNU Mariyskiy NIISKh Rossel'khozakademii*, 2017. 36 p.
3. Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Belyaeva M. V. *Tekhnologicheskie i khlebopekarnye kachestva tritikale*. [Technological and bread baking traits of triticale]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2019;(2):21-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-21-26>
4. Zuev D. V., Tyslenko A. M. *Iskhodnyy material i prakticheskie rezul'taty ekologicheskoy selektsii yarovoy tritikale*. [The initial material and the practical results of ecological breeding of spring triticale]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2016;(2(6)):58-68. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27698325>
5. Bulavina T. M. *Effektivnost' primeneniya azotnykh udobreniy i mikroelementov pri vozdeleyvanii yarovogo tritikale*. [Efficiency of nitrogen fertilizer and microelement use in spring triticale cultivation]. *Pochvovedenie i agrokimiya*. 2014;2(53):118-124. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36315994>
6. Piskunova Kh. A., Fedorova A. V. *Otzyvchivost' yarovoy tritikale sorta «Rovnyia» na azotnye podkormki*. [Responsiveness of summer triticale grades "Rovnyia" on nitric top dressings]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie = Modern High Technologies. Regional Application*. 2017;(1(49)):117-121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29767773>
7. Piskunova Kh. A., Fedorova A. V. *Vliyanie srokov poseva i doz azotnykh udobreniy na urozhaynost' yarovoy tritikale*. [Influence of terms of crops and doses of nitric fertilizers on productivity spring triticale]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie = Modern High Technologies. Regional Application*. 2017;(4(52)):143-147. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32362395>
8. Novoselov S. I., Kuklina T. E., Guseva O. S. *Vliyanie udobreniy na urozhaynost' sortov yarovoy tritikale v usloviyakh dervno-podzolistykh pochvakh Respubliki Mariy El*. [Effect of fertilizers on the yield of summer triticale varieties in the conditions of sod-podzolic soils of the Republic of Mari El]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics»*. 2017;3(4(12)):27-31. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32321197>
9. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L. *Geneticheskiy potentsial i selektsionnaya znachimost' tritikale v Respublike Tatarstan*. [Genetic potential and breeding significance triticale in Tatarstan]. *Tritikale i stabilizatsiya proizvodstva zerna, kormov i tekhnologii ikh ispol'zovaniya: mat-ly Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Triticale and stabilization of grain and feed production and technologies for their use: Intern. scientific-practical Conf.]. Rostov-on-Don, 2016. pp. 163-172. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27324801>
10. Romanenko A. A., Bespalova L. A., Kovtunenkov V. Ya., Kudryashov I. N. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdeleyvaniya i ispol'zovaniya tritikale v Krasnodarskom krae*. [Recommendations on the technology of cultivation and use of triticale in the Krasnodar territory]. Krasnodar: *RASKhN, KNIISKh*, 2013. 50 p.
11. Lapshin Yu. A., Novoselov S. I., Danilov A. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na produktivnost' yarovogo tritikale v usloviyakh Respubliki Mariy El*. [Influence of mineral fertilizers on the productivity of spring triticale in the conditions of the Mari El Republic]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2019;(3(56)):74-81. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>
12. Nenaydenko G. N., Sibiryakova G. V. *Otzyvchivost' yarovykh zernovykh – tritikale i pshenitsy na udobrenie na podzolistykh pochvakh*. [Responsiveness of spring grains – triticale and wheat to fertilizers on podzolic soils]. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2013;1(63):11-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309079>
13. Wojtkowiak K., Stępień A., Warechowska M., Markowska A. Effect of nitrogen fertilization method on the yield and quality of Milewo variety spring triticale grain. *Polish journal of natural sciences*. 2015;30(2):173-184. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284900627\\_Effect\\_of\\_nitrogen\\_fertilization\\_method\\_on\\_the\\_yield\\_and\\_quality\\_of\\_Milewo\\_variety\\_spring\\_triticale\\_grain](https://www.researchgate.net/publication/284900627_Effect_of_nitrogen_fertilization_method_on_the_yield_and_quality_of_Milewo_variety_spring_triticale_grain)
14. Janušauskaitė D. Analysis of grain yield and its components in spring triticale under different N fertilization regimes Institute of Agriculture. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2014;101(4):381-388. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2014.101.048>

15. Zhuchenko A. A. *Adaptivnoe rasteniyevodstvo (ekologicheskie osnovy). Teoriya i praktika. V 3-kh tomakh.* [Adaptive crop production (ecological bases). Theory and practice. In 3 volumes]. Moscow: Izd-vo Agrorus, 2009. Vol.1. 817 p.

16. D'yachuk T. I., Kibalko I. A., Pominov A. V., Anikina V. N. *Perspektivnye linii v seleksii tritikale dlya usloviy Povolzh'ya.* [The promising lines in the breeding work with triticale for the Povolzhie conditions]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia.* 2018;(5):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-39-43>

17. Lekontseva T. A., Yufereva N. I., Statsenko E. S. *Otsenka iskhodnogo materiala dlya sozdaniya sortov yarovoy tritikale v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona.* [Assessment of initial material (base line) for creation of the varieties of spring triticale in the climate of Volgo-Vyatskiy region]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Herald.* 2019;(2(50)):45-52. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12019>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Лапшин Юрий Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5701-4118>

**Новоселов Сергей Иванович**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Общее земледелие, растениеводство, агрохимия и защита растений» ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», площадь имени Ленина, д. 1, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 424000, e-mail: [rector@marsu.ru](mailto:rector@marsu.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2514-3521>, e-mail: [serg.novoselov2011@yandex.ru](mailto:serg.novoselov2011@yandex.ru)

**Данилов Александр Владимирович** аспирант кафедры «Общее земледелие, растениеводство, агрохимия и защита растений» ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», площадь имени Ленина, д. 1, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 424000, e-mail: [rector@marsu.ru](mailto:rector@marsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4389-780X>, e-mail: [daniilanse@yandex.ru](mailto:daniilanse@yandex.ru)

**Золотарева Римма Ивановна**, старший научный сотрудник, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)

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

✉ **Yuri A. Lapshin**. PhD in Agricultural science, leading researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5701-4118>

**Sergei I. Novoselov**, DSc in Agricultural science, professor at the Department of General Agriculture, Crop Production, Agrochemistry and Plant Protection, Mari State University, Lenin Square, 1, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation, 424000, e-mail: [rector@marsu.ru](mailto:rector@marsu.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2514-3521>, e-mail: [serg.novoselov2011@yandex.ru](mailto:serg.novoselov2011@yandex.ru)

**Aleksander V. Danilov**, postgraduate, the Department of General Agriculture, Crop Production, Agrochemistry and Plant Protection, Mari State University, Lenin Square, 1, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation, 424000, e-mail: [rector@marsu.ru](mailto:rector@marsu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4389-780X>, e-mail: [daniilanse@yandex.ru](mailto:daniilanse@yandex.ru)

**Rimma I. Zolotareva**, senior researcher, Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и качество зерна овса в Нижегородской области

© 2020. А. В. Ивенин✉, А. П. Саков

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

Исследования проводили в Нижегородской области в 2019 г. на светло-серой лесной почве в звене севооборота «горох-овес». Изучали влияние систем обработки почвы (традиционная отвальная обработка плугом с отвалами; безотвальная «глубокая» обработка плугом без отвалов; безотвальная «мелкая» обработка чизельным культиватором Pottinger Synkro 5030 K; минимальная обработка дисковой бороной Discover XM 44660 nothad; нулевая обработка (No-till) сеялкой Sunflower 9421-20), минеральных удобрений ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  кг д. в.) и деструкторов соломы (аммиачной селитры в дозе  $N_{10}$  кг д. в. на 1 т соломы и биопрепарата Стимикс®Нива, 2 л/га) на изменение урожайности и качество зерна овса сорта Яков. Традиционная система обработки почвы способствовала получению урожайности овса 4,82 т/га при применении минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  совместно с аммиачной селитрой в качестве деструктора соломы, что на 1,04 т/га ( $HCP_{05} = 0,72$ ) выше лучшего результата по показателю урожайности при возделывании овса по технологии No-till с использованием биопрепарата Стимикс®Нива по фону  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (3,78 т/га). Применение изучаемых деструкторов соломы эффективней по фону  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , чем по неудобренному фону по всем изучаемым системам обработки почвы. При выращивании овса по технологии No-till получена самая большая масса 1000 зерен при внесении аммиачной селитры – 46,5 г по сравнению с другими изучаемыми вариантами применения удобрений и биопрепарата (40,8–43,9 г, при  $HCP_{05} = 1,1$ ). Вследствие неблагоприятных погодных условий вегетационного периода 2019 г. показатели натурности зерна овса невысоки. Самая низкая средняя натура зерна выявлена у овса, возделываемого по нулевой технологии – 228,4 г/л, что на 16,2–18,4 г/л ( $HCP_{05} = 3,0$ ) ниже данного показателя качества зерна при возделывании его по остальным изучаемым системам обработки (244,6–246,8 г/л).

**Ключевые слова:** нулевая обработка почвы (No-till), биопрепарат, деструктор соломы, натура зерна, элементы структуры урожая

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0091).

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

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

**Для цитирования:** Ивенин А. В., Саков А. П. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и качество зерна овса в Нижегородской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):580-588. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.580-588>

Поступила: 11.02.2020

Принята к публикации: 14.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## The effect of light-gray forest soil tilling systems on the yield and quality of oat grain in the Nizhny Novgorod region

© 2020. Alexey V. Ivenin✉, Alexander P. Sakov

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

The research was conducted in the Nizhny Novgorod region in 2019 on light gray forest soil in the pea-oat crop rotation link. Studied was the effect of soil tillage systems (traditional mouldboard tillage with mouldboard plow; non-mouldboard "deep" tillage with boardless plow; non-mouldboard surface tillage with a Pottinger Synkro 5030 K chisel cultivator; minimal tillage with a disc harrow Discover XM 44660 nothad; zero tillage (No-till) with a Sunflower 9421-20 seeder) and the influence of mineral fertilizers ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  kg a. i.) and straw destructors (ammonia saltpeter in a dose of  $N_{10}$  kg. a.i. per 1 ton of straw and Stimix® Niva biologics, 2 l/ha) on changes in the yield and quality of Yakov variety oat grain. The traditional system of soil tillage provided the yield of oat of 4.82 t/ha when using mineral fertilizers in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  together with ammonium nitrate as a straw destructor, which was 1.04 t/ha ( $LSD_{05} = 0.72$ ) higher than the best result in terms of the yield of this crop obtained when it was cultivated using the No-till technology with the Stimix® Niva biological product on the background of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (3.78 t/ha). Use of the studied straw destructors is more effective for the  $N_{60}P_{60}K_{60}$  background than for the non-fertilized background for all the studied soil tillage systems. When growing oat using No-till technology, the largest mass of 1000 grains was obtained when using ammonium nitrate - 46.5 g compared to other studied variants of using fertilizers and biologics (40.8–43.9 g,  $LSD_{05} = 1.1$ ). Due to the unfavorable weather conditions of the growing season in 2019, the indicators of oat grain-unit were low. The lowest average grain-unit was found in oat cultivated using zero technology - 228.4 g/l, which is 16.2–18.4 g/l ( $LSD_{05} = 3.0$ ) lower than this indicator of grain quality when cultivated according to the rest of the studied tillage systems (244.6–246.8 g/l).

**Keywords:** zero tillage (No-till), biologic, straw destructor, grain-unit, yield structure elements

*Acknowledgement:* 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 № 0528-2019-0091).

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:* Ivenin A. V., Sakov A. P. The effect of light-gray forest soil tillage systems on the yield and quality of oat grain in the Nizhny Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):580-588. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.580-588>

Received: 11.02.2020

Accepted for publication: 14.10.2020

Published online: 22.10.2020

Овес – важная зернофуражная культура, которая обеспечивает кормами отрасль животноводства и, в частности, является ценной энергетической культурой для разведения лошадей [1]. Для удовлетворения возрастающей потребности в кормах необходимо обеспечить стабильный рост продукции растениеводства, в том числе способствовать увеличению валового сбора зерновых культур, включая овес, при одновременном снижении затрат на их производство не только за счет увеличения посевных площадей, но и путем внедрения научно обоснованных ресурсосберегающих технологий его производства [2, 3, 4]. Данные технологии должны применяться в научно обоснованных севооборотах с использованием современной почвообрабатывающей техники, высокоэффективных средств защиты растений (как химических, так и биологических), расчетных доз органических и минеральных удобрений, современных сортов [5, 6, 7]. Генетический потенциал продуктивности овса не реализован в полном объеме. Современные сорта как отечественной, так и зарубежной селекции имеют заявленную потенциальную продуктивность более 9,0 т/га, которую в настоящее время большинство товаропроизводителей России не достигают. Для получения высоких показателей урожайности зерновых культур, в том числе и овса, необходимо комплексное воздействие на все составные части ее формирования [8].

Увеличивая урожайность овса, необходимо не забывать и о его качестве, которое формируется под влиянием трех основных факторов: погодных условий в течение вегетации, генетических особенностей сортов и технологий его возделывания [9].

Изучение вопросов совместного применения в севообороте систем обработки почвы, в том числе ресурсосберегающих, удобрений и биологических препаратов, содержащих в своем составе штаммы живых микроорганизмов, имеет актуальное значение [10, 11].

**Цель исследований** – изучить влияние систем обработки светло-серой лесной почвы, минеральных удобрений и деструкторов соломы на урожайность и качество зерна овса сорта Яков в звене зернового севооборота.

**Материал и методы.** Полевой опыт был заложен в 2014 году. Почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистая по гранулометрическому составу, слабокислая (рН<sub>KCl</sub> 5,6), содержание обменного калия 140 мг/кг, подвижного фосфора – 253 мг/кг, гумуса – 1,5 %. Общая площадь делянки – 192 м<sup>2</sup>, учетная – 132 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов – систематическое. Повторность четырехкратная.

Исследования проводили в зерновом севообороте: горчица, 2014 г. – озимая пшеница, 2015 г. – соя, 2016 г. – яровая пшеница, 2017 г. – горох, 2018 г. – овёс, 2019 г.

В настоящей статье приведены результаты исследований в звене зернового севооборота «горох-овес». Сорт гороха – Красивый, овса – Яков. Урожай овса учитывали сплошным методом, поделочно с пересчетом на 100 % чистоту и 14 % влажность.

Все растительные остатки после уборки гороха измельчали комбайном Сампо-1500 и оставляли в поле. Внесение деструкторов соломы (аммиачная селитра в дозе N<sub>10</sub> кг д. в. на 1 т соломы и биопрепарат Стимикс®Нива в дозе 2 л/га) проводили поверхностно сразу после уборки предшествующей культуры. Препарат Стимикс®Нива содержит в своем составе высокоактивные штаммы молочнокислых, азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих, фотосинтезирующих, целлюлозолитических и лигнолитических микроорганизмов, антагонистов патогенных грибов и бактерий в оптимальных соотношениях. Обработка этим препаратом путем опрыскивания пожнивных остатков сельскохозяйственных культур является элементом интегрированной защиты культурных растений, позволяет, по заверению производителя НПО «Биоцентр»,

ускорять микробное разложение растительных остатков, очищать почву от возбудителей бактериальных и грибных корневых гнилей, обогащать почву агрономически ценными микроорганизмами<sup>1</sup>.

Схема полевого опыта включала 5 систем обработки почвы (*фактор А*): I. *Традиционная отвальная (контроль)* – зяблевая вспашка плугом ПН-3-35 на 20-22 см. II. *Безотвальная «глубокая»* – зяблевая вспашка ПН-3-35 (без отвалов) на 20-22 см. III. *Безотвальная «мелкая»* – зяблевая обработка чизельным культиватором Pottinger Synkro 5030 K; на глубину 14-16 см. IV. *Минимальная* – зяблевая обработка почвы дисковой бороной Discover ХМ 44660 nothad на глубину 10-12 см. V. *Нулевая обработка (No-till)* – сев сеялкой Sunflower 9421-20.

Система предпосевной обработки почвы под овес была одинакова во всех изучаемых вариантах полевого опыта (кроме варианта *No-till*) и включала: ранневесеннее боронование БЗСС-1,0 на глубину 4-6 см; культивацию КБМ-4,2 на глубину 10-12 см; предпосевную обработку КБМ-4,2 на глубину 4-6 см.

По каждой системе обработки почвы изучали применение минеральных удобрений и деструкторов соломы (*фактор В*) по следующей схеме: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N<sub>10</sub>. 3. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. 4. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>10</sub>. 5. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Стимикс®Нива. 6. Солома + Стимикс®Нива. Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований в вариантах 3, 4, 5 (по фактору В) под весеннюю культивацию в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг д. в. /га.

Уборку гороха проводили без его десикации. Масса измельченной соломы, оставленной в поле после уборки гороха осенью 2018 г., составила 1,36-3,01 т/га, соответственно фактическая доза вносимой аммиачной селитры в качестве деструктора соломы – 13,6-30,1 кг д. в./га в зависимости от изучаемых вариантов полевого опыта.

Сев овса проводили 3 мая. Погодные условия выращивания овса в 2019 г. были различны в течение его вегетации. Так, ГТК

за май составил 1,0 (среднее многолетнее за май – 1,33), за июнь – 0,8 (1,32), в этот период погодные условия были неблагоприятными для начального роста и развития растений овса. Погодные условия июля были в целом благоприятны для дальнейшего развития исследуемой культуры, ГТК составил 1,3 (среднее многолетнее за июль – 1,26). В августе прошли продолжительные и обильные осадки, ГТК составил величину 3,0 (1,27), что отрицательно сказалось на растениях овса и его уборке.

Натуру зерна овса определяли на литровой пурке по ТУ 25-7713.0027, элементы урожайности овса – согласно общепринятой методике<sup>2</sup>. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову<sup>3</sup> с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist.

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность овса определяется ее элементами структуры и, в первую очередь, зависит от количества растений на единице площади и их продуктивности. Между продуктивностью отдельных растений и урожаем существует прямая связь. Увеличение урожайности сопровождается ростом продуктивности растений и наоборот. Продуктивность отдельных растений овса определяется, прежде всего, количеством семян на растении и их массой.

Средняя высота растений овса оказалась несколько выше в варианте, где он выращивался по обработке почвы чизельным культиватором (III) – 79,0 см. Нулевая обработка почвы привела к ослаблению роста и развития растений овса по сравнению с остальными вариантами опыта – существенно ниже составила средняя высота растений (73,5 см), длина метелки (13,0 см), количество семян (278,0 шт.) и масса семян с 1 растения (11,1 г) (табл. 1). Это объясняется тем, что при нулевой технологии производства в условиях Нижегородской области на светло-серой лесной почве создаются неблагоприятные условия, в первую очередь по уплотнению почвы [4], что отрицательно влияет на рост и развитие растений овса.

<sup>1</sup>Применение микробных препаратов для ускоренного разложения и санации пожнивных остатков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stimix.ru/agronomam/132-stimiksniva.html> (дата обращения 20.01.2020).

<sup>2</sup>Опытное дело в полеводстве. Под ред. Г. Ф. Никитина. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Таблица 1 – Влияние систем обработки почвы и удобрений на элементы структуры урожайности овса сорта Яков  
Table 1 – The effect of soil tillage systems and fertilizers on the elements of yield structure of Yakov variety oat

Система обработки (фактор А) / Tillage system (A)	Удобрения (фактор В) / Fertilizers (factor B)	Число растений, шт/м <sup>2</sup> / Number of oat plants, pcs/m <sup>2</sup>	Высота растений, см / Plant height, cm	Длина метелки, см / The length of panicle, cm	Количество семян с 1 растения, шт. / The number of seeds' per 1 plant, pcs.	Масса семян с 1 растения, г / Mass of seeds per 1 plant, g
I. Традиционная (контроль) / Traditional (control)	1. Солома (контроль) / Straw (control)	484,0	76,5	13,5	290,0	11,1
	2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	518,0	78,5	13,5	303,0	12,0
	3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	510,0	81,0	14,5	345,0	14,2
	4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	570,0	76,5	14,0	303,0	12,8
	5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс®Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix®Niva	504,0	78,0	14,0	304,0	12,5
	6. Солома + Стимикс®Нива / Straw + Stimix®Niva	512,0	76,5	13,5	272,0	10,7
	<b>Среднее по I / Average for I</b>	<b>516,3</b>	<b>78,0</b>	<b>14,0</b>	<b>303,0</b>	<b>12,2</b>
II. Безотвальная «глубокая» / Non-mouldboard «deep»	1. Солома (контроль) / Straw (control)	556,0	75,5	14,0	278,0	11,3
	2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	468,0	73,5	13,5	297,0	11,7
	3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	514,0	84,0	15,0	344,0	13,7
	4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	564,0	78,0	14,0	342,0	14,4
	5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс®Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix®Niva	540,0	77,5	14,0	318,0	13,1
	6. Солома + Стимикс®Нива / Straw + Stimix®Niva	488,0	78,0	14,0	316,0	12,7
	<b>Среднее по II / Average for II</b>	<b>521,7</b>	<b>78,0</b>	<b>14,0</b>	<b>316,0</b>	<b>12,8</b>
III. Безотвальная «мелкая» / Non-mouldboard surface	1. Солома (контроль) / Straw (control)	502,0	78,5	14,0	299,0	12,7
	2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	468,0	76,5	14,0	266,0	11,9
	3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	502,0	81,0	14,5	349,0	14,9
	4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	468,0	80,0	14,5	318,0	12,9
	5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс®Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix®Niva	516,0	79,5	14,5	310,0	12,7
	6. Солома + Стимикс®Нива / Straw + Stimix®Niva	468,0	77,0	14,5	303,0	12,1
	<b>Среднее по III / Average for III</b>	<b>487,3</b>	<b>79,0</b>	<b>14,0</b>	<b>307,0</b>	<b>12,9</b>
IV. Минимальная / Minimum	1. Солома (контроль) / Straw (control)	530,0	75,5	14,0	294,0	11,7
	2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	548,0	75,0	14,0	287,0	12,0
	3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	574,0	77,5	14,5	323,0	13,9
	4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	560,0	79,0	15,0	356,0	14,3
	5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс®Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix®Niva	550,0	78,0	14,5	328,0	13,8
	6. Солома + Стимикс®Нива / Straw + Stimix®Niva	538,0	70,0	14,0	291,0	11,5
	<b>Среднее по IV / Average for IV</b>	<b>550,0</b>	<b>76,0</b>	<b>14,0</b>	<b>313,0</b>	<b>12,9</b>
V. Нулевая / No-till	1. Солома (контроль) / Straw (control)	388,0	67,5	13,0	261,0	9,7
	2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	360,0	72,0	13,5	272,0	10,4
	3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	414,0	80,5	14,0	256,0	11,6
	4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	380,0	80,0	14,0	309,0	13,0
	5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс®Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix®Niva	408,0	80,0	13,5	320,0	13,3
	6. Солома + Стимикс®Нива / Straw + Stimix®Niva	338,0	61,0	11,5	252,0	8,8
	<b>Среднее по V / Average for V</b>	<b>381,3</b>	<b>73,5</b>	<b>13,0</b>	<b>278,0</b>	<b>11,1</b>
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	Фактор А / Factor A	47,4	1,9	0,3	10,4	0,5
	Фактор В / Factor B	51,9	2,1	0,3	11,5	0,5
	Факторов АВ / Factor AB	116,1	4,7	0,7	25,6	1,2

Выявлено, что в условиях вегетационного периода 2019 года зяблевая обработка почвы плугом без отвалов обеспечила формирование 316 шт. семян на одно растение – выше, чем в вариантах с традиционной (на 13 шт.) и безотвально «мелкой» обработкой почвы (на 9 шт.) при НСР<sub>05</sub> по фактору А = 10,4. Безотвально «глубокая» и минимальная системы обработки почвы способствовали формированию одинакового количества семян с одного растения (316 и 313 шт. соответственно, при НСР<sub>05</sub> по фактору А = 10,4). Масса семян с одного растения по безотвальной «глубокой», безотвальной «мелкой» и минимальной системам обработки почвы была одинаковой и выше данного показателя по традиционной системе на 0,6-0,7 г (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 0,5).

Технология прямого сева No-till создала менее благоприятные условия для роста и развития растений овса, по сравнению с остальными изучаемыми технологиями его выращивания, способствуя снижению числа растений с 1 м<sup>2</sup> на 106-168,7 шт. (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 47,4), высоты растений на 2,5-5,5 см (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 1,9), длины метелки на 1 см (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 0,3), количества семян с одного растения на 25-38 шт. (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 10,4) и их массы на 1,1-1,8 г (НСР<sub>05</sub> по фактору А = 0,5) (табл. 1).

Применение деструкторов соломы в технологии No-till по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> привело к увеличению высоты растений овса, количества зерен и массы семян с 1 растения по сравнению с их применением по неудобренному фону. Применение биопрепарата Стимикс® Нива и аммиачной селитры в качестве деструкторов соломы по минимальной обработке почвы дисковой бороной по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> привело к увеличению таких показателей элементов структуры урожайности, как количество семян и их массы по сравнению с применением их по неудобренному фону. При традиционной системе обработки почвы дополнительное применение N<sub>10</sub> как по минеральному фону, так и без него не повлияло на величину показателей элементов структуры урожайности. Использование биопрепарата по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> по зяблевой вспашке плугом с отвалами способствовало увеличению количества семян с одного растения и их массы по сравнению с использованием его по неудобренному фону.

Элементы урожайности позволяют определить биологическую урожайность овса, которая может отличаться от фактической

вследствие потерь, которые неизбежны в процессе комбайновой уборки культуры и погодных условий ее проведения. Необходимо минимизировать неблагоприятные факторы уборки и стремиться, чтобы фактическая урожайность приближалась к биологической.

В условиях вегетационного периода 2019 г. нулевая обработка почвы обеспечила формирование урожайности овса 2,35 т/га, что на 1,77-1,76 т/га меньше, чем при выращивании его по традиционной отвальной системе обработки почвы и безотвальной «глубокой» обработке плугом без отвалов. Основные обработки почвы чизельным культиватором (безотвальная «мелкая») и дисковой бороной (минимальная) снижали урожайность овса на 0,42 и 0,30 т/га соответственно (НСР<sub>05</sub> = 0,29) по сравнению с традиционной отвальной обработкой почвы. Однако, по сравнению с технологией прямого сева, они способствовали увеличению урожайности овса на 1,35 и 1,47 т/га соответственно (НСР<sub>05</sub> = 0,29) (табл. 2).

При выращивании овса по технологии No-till самая высокая его урожайность выявлена при выращивании по минеральному фону с применением биопрепарата и аммиачной селитры (3,78 и 3,12 т/га соответственно, при НСР<sub>05</sub> факторов АВ = 0,72) в качестве деструкторов соломы, способствующих более полному разложению соломы и тем самым увеличению интенсивности развития полезных микроорганизмов и их антагонизму патогенной микрофлоры (развитие которой интенсивно при данной технологии), а так же переводу элементов питания растений в доступную форму. Остальные варианты применения удобрений и биопрепарата обеспечили урожайность овса в интервале 1,15-2,87 т/га.

На фоне внесения N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (в т. ч. совместно с деструкторами соломы) значимых различий в действии изучаемых систем обработки почвы (традиционной, безотвальных, минимальной) на урожайность овса не наблюдалось.

По технологии прямого сева применение биопрепарата по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> обеспечило прибавку урожайности овса 0,91 т/га в сравнении с вариантом, где внесли только N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (НСР<sub>05</sub> факторов АВ = 0,72).

Таким образом, с увеличением минимизации обработки почвы урожайность овса сорта Яков снижалась, но при этом возрастало значение минеральных удобрений. Применение минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> позволило повысить урожайность овса (на 1,27-1,32 т/га)

Таблица 2 – Влияние систем обработки почвы и удобрений на урожайность овса сорта Яков, т/га  
Table 2 – The effect of soil tillage systems and fertilizers on Yakov oat yield, t/ha

Удобрения (фактор В) / Fertilizers (factor B)	Система обработки почвы (фактор А) / Tillage system (factor A)					среднее по фактору В / average B
	традиционная «отвальная» (контроль) / traditional «mouldboard» (control)	безотвальная «глубокая» / non- mouldboard «deep»	безотвальная «мелкая» / non- mouldboard surface	минимальная / minimum	нулевая / no-till	
1. Солома (контроль) / Straw (control)	3,34	3,18	2,81	2,93	1,67	2,79
2. Солома + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>10</sub>	3,85	3,88	3,54	3,33	1,53	3,23
3. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,65	4,58	4,14	4,07	2,87	4,06
4. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub> / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>10</sub>	4,82	4,89	4,56	4,74	3,12	4,43
5. Солома + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Стимикс@Нива / Straw + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Stimix@Niva	4,42	4,36	3,93	4,11	3,78	4,12
6. Солома + Стимикс@Нива / Straw + Stimix@Niva	3,64	3,75	3,23	3,76	1,15	3,11
<b>Среднее по фактору А / Average A</b>	<b>4,12</b>	<b>4,11</b>	<b>3,70</b>	<b>3,82</b>	<b>2,35</b>	<b>-</b>

HCP<sub>05</sub> фактор А / LSD<sub>05</sub> factor A – 0,29; HCP<sub>05</sub> фактор В / LSD<sub>05</sub> factor B – 0,32; HCP<sub>05</sub> факторов АВ / LSD<sub>05</sub> factor AB – 0,72

по сравнению с вариантами, где они не вносились (HCP<sub>05</sub> по фактору В = 0,32). Дополнительное внесение аммиачной селитры (N<sub>10</sub>) по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> привело к росту урожайности овса на 0,37 т/га (HCP<sub>05</sub> по фактору В = 0,32). Применение деструкторов соломы Стимикс@Нива и N<sub>10</sub> обеспечило увеличение урожайности на 0,32 и 0,44 т/га соответственно (HCP<sub>05</sub> по фактору В = 0,32) по сравнению с контрольным вариантом (2,79 т/га) (табл. 2). Но при этом частная прибавка от применения биопрепарата и N<sub>10</sub> не во всех случаях была доказуемой. При технологии No-till их внесение не дало эффекта по неудобренному фону: урожайность овса составила в интервале 1,15-1,53 т/га при урожайности в контроле 1,67 т/га (HCP<sub>05</sub> по факторам АВ = 0,72).

Не только повышение урожайности овса является важным фактором интенсификации зернового производства, но и улучшение качества его зерна. Оно зависит от генотипа сорта, климатических, агротехнических и организационно-экономических условий возделывания культуры. Одними из таких показателей является масса 1000 зерен и натура зерна, которые характеризуют выполненность и крупность зерна. Чем данные показатели выше, тем плотнее зерно, тем больше в нем питательных веществ.

При традиционной и минимальных системах обработки почвы под овес влияние деструкторов соломы на показатель «масса 1000 зерен» было более выраженным по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (табл. 3).

По безотвальным системам обработки почвы как «глубокой», так и «мелкой», применение аммиачной селитры в качестве деструктора соломы как по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, так и без него не повлияло на изменение показателя «масса 1000 зерен». При этом биопрепарат показал себя по данным системам обработки почвы по-разному: при безотвальной «глубокой» его применение по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> повысило показатель «масса 1000 зерен» по сравнению с использованием его по неудобренному фону на 4,0 г (HCP<sub>05</sub> факторов АВ = 2,6); при безотвальной «мелкой» изменение показателя «масса 1000 зерен» от применения Стимикс@Нива выявлено не было. При выращивании овса по технологии No-till самая высокая масса 1000 зерен выявлена при внесении аммиачной селитры по минеральному фону (46,5 г) по сравнению с другими вариантами применения удобрений и биопрепарата (40,8-43,9 г) (HCP<sub>05</sub> факторов АВ = 2,6).

Таблица 3 – Влияние систем обработки почвы и удобрений на качество зерна овса Яков / Table 3 – The effect of soil tillage systems and fertilizers on Yakov oat grain quality

Система обработки (фактор А) / Tillage system (factor A)	Удобрения (фактор В) / Fertilizers (factor B)						Среднее по фактору А / Average (A)
	1*	2	3	4	5	6	
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g							
I. Традиционная (контроль) / Traditional mouldboard (control)	45,0	45,6	48,5	48,4	46,4	43,3	<b>46,2</b>
II. Безотвальная «глубокая» / Non-mouldboard «deep»	43,7	47,0	48,6	47,3	47,0	43,0	<b>46,1</b>
III. Безотвальная «мелкая» / Non-mouldboard surface	43,4	44,6	46,1	45,6	45,2	44,2	<b>44,9</b>
IV. Минимальная / Minimum	43,0	45,2	47,3	48,3	45,1	43,1	<b>45,3</b>
V. Нулевая / No-till	40,8	41,0	43,9	46,5	42,1	41,7	<b>42,7</b>
<b>Среднее по фактору В / Average (B)</b>	<b>43,2</b>	<b>44,7</b>	<b>46,9</b>	<b>47,2</b>	<b>45,2</b>	<b>43,1</b>	-
НСР <sub>05</sub> (фактор А) 1,1 / LSD <sub>05</sub> (factor A) 1,1							
НСР <sub>05</sub> (фактор В) 1,2 / LSD <sub>05</sub> (factor B) 1,2; НСР <sub>05</sub> (фактор АВ) 2,6 / LSD <sub>05</sub> (factor АВ) 2,6							
Натура зерна, г/л / Grain-unit, g / l							
I. Традиционная (контроль) / Traditional mouldboard (control)	249,4	246,2	241,6	242,8	245,2	243,2	<b>244,8</b>
II. Безотвальная «глубокая» / Non-mouldboard «deep»	248,6	<u>243,0</u>	246,2	247,6	248,4	247,2	<b>246,8</b>
III. Безотвальная «мелкая» / Non-mouldboard surface	246,6	243,8	244,0	248,4	247,6	245,0	<b>246,0</b>
IV. Минимальная / Minimum	244,2	240,4	246,2	248,0	244,0	244,6	<b>244,6</b>
V. Нулевая / No-till	238,2	223,2	216,0	224,8	238,8	229,2	<b>228,4</b>
<b>Среднее по фактору В / Average (B)</b>	<b>245,4</b>	<b>239,4</b>	<b>238,8</b>	<b>242,4</b>	<b>244,8</b>	<b>241,8</b>	-
НСР <sub>05</sub> (фактор А) 3,0 / LSD <sub>05</sub> (factor A) 3,0							
НСР <sub>05</sub> (фактор В) 3,2 / LSD <sub>05</sub> (factor B) 3,2; НСР <sub>05</sub> (фактор АВ) 7,2 / LSD <sub>05</sub> (factor АВ) 7,2							

\*Варианты применения минеральных удобрений и деструкторов соломы: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N<sub>10</sub>. 3. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. 4. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>10</sub>. 5. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Стимикс@Нива. 6. Солома + Стимикс@Нива / \*Application options for mineral fertilizers and straw destructors: 1. Straw without fertilizers (control). 2. Straw + N<sub>10</sub>. 3. Straw + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. 4. Straw + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>10</sub>. 5. Straw + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Stimix@Niva. 6. Straw + Stimix@Niva

Натура зерна – это один из наиболее важных показателей качества. Под натурой понимают массу 1 литра зерна, выраженную в граммах. Натура косвенно характеризует выполненность зерна, в котором содержится больше крахмала, сахара, белков. Чем больше выполненность зерна, тем выше его натура.

Надо отметить, что в целом показатели натуры зерна, вследствие неблагоприятных погодных условий вегетационного периода (отмеченных выше) не высоки, что говорит о плохой выполненности зерна. Самая низкая средняя натура зерна выявлена у овса, возделываемого по нулевой технологии – 228,4 г/л. Остальные системы обработки почвы обеспечили натуру зерна в интервале 244,6-246,8 г/л (НСР<sub>05</sub> для фактора А = 3,0) (табл. 3).

Применение изучаемых деструкторов соломы – биопрепарата и N<sub>10</sub> по неудобренному фону привело к снижению показателя «натура зерна» по сравнению с контрольным вариантом на 3,6-6,0 г/л соответственно

(НСР<sub>05</sub> по фактору В = 3,2). По фону применения минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> использование Стимикс@Нива и аммиачной селитры (в качестве деструкторов соломы) также было неэффективно по сравнению с контролем – различий от их применения не выявлено.

При нулевой обработке почвы под овес применение биопрепарата по фону N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> повысило показатель «натура зерна» (238,8 г/л) по сравнению с другими вариантами применения минеральных удобрений и био-препарата (216,0-229,2 г/л), кроме контроля (238,2 г/л) (НСР<sub>05</sub> факторов АВ = 7,2).

При технологии No-till показатель «натура зерна» при использовании аммиачной селитры и Стимикс@Нива понизился по неудобренному фону до 223,2 и 229,2 г/л соответственно по сравнению с контролем (238,2 г/л) (НСР<sub>05</sub> факторов АВ = 7,2).

**Выводы.** Применение прямого сева на светло-серой лесной почве в условиях Нижегородской области в среднем по опыту приве-

ло к существенному снижению урожайности овса сорта Яков на 1,77 и 1,76 т/га по сравнению с глубокими системами обработки почвы (традиционной и безотвально «глубокой») и на 1,35-1,47 т/га по сравнению с неглубокими (безотвальной «мелкой» и минимальной) системами (НСР<sub>05</sub> = 0,29). Технология No-till при выращивании овса в сложившихся погодных условиях 2019 года способствовала снижению показателя «натура зерна» на 18,4-16,2 г/л по сравнению со всеми изучаемыми системами обработки почвы (НСР<sub>05</sub> = 3,0).

Предпосевное внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на фоне осенней обработки почвы биопрепаратом Стимикс@ Нива

при прямом севе обеспечило формирование одинаковой с другими способами обработки почвы урожайности зерна овса (4,42-3,78 т/га).

Установлено, что внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, независимо от системы обработки почвы и применения деструкторов соломы (аммиачной селитры в дозе 10 кг д. в. на 1 т соломы и биопрепарата Стимикс@Нива в дозе 2 л/га), способствовало повышению урожайности и качества зерна.

Внесение N<sub>10</sub> и биопрепарата в качестве деструкторов соломы гороха не оказало существенного влияния на урожайность овса, массу 1000 зерен и натуру зерна независимо от системы обработки почвы.

#### Список литературы

1. Баталова Г. А. Овес в Волго-Вятском регионе: монография. Киров, 2013. 288 с.
2. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Иванов В. Л. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;(3(58)):43-48. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29184741>
3. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Денисова А. В. Применение основных элементов ресурсосберегающих экологически безопасных технологий при выращивании яровых зернофуражных культур в центральной зоне Северо-Востока европейской части России. Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: сб. статей. *Варшава: Институт технологических и естественных наук в Фалентах*, 2018. С. 67-74.
4. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Кривенков В. А. Эффективность возделывания пшеницы яровой на фоне полного минерального удобрения при внедрении ресурсосберегающей технологии No-till в зерноотрадном севообороте на светло-серых лесных почвах Нижегородской области. *Аграрная наука*. 2017;(11-12):22-24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32329619>
5. Ивенин В. В., Ивенин А. В., Шубина К. В., Минева Н. А. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;(3(6)):27-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759589>
6. Антонов В. Г., Ермолаев А. П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(4 (65)):87-92. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
7. Карабутов А. П., Соловиченко В. Д., Никитин В. В., Навольнева Е. В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов. *Земледелие*. 2019;(2):3-7. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
8. Пегова Н. А., Холзаков В. М. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;(1(44)):35-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22856649>
9. Снигирева О. М., Ведерников Ю. Е. Влияние сроков сева и уборки на урожайность и посевные качества семян ярового овса Сапсан. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(3):230-237. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.230-237>
10. Гостев А. В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях ПЧР. *Земледелие*. 2019;(6):16–20. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10604>
11. Дригидер В. К., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г., Вайцеховская С. С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы. *Земледелие*. 2019;(6):28-32. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

#### References

1. Batalova G. A. *Oves v Volgo-Vyatskom regione: monografiya*. [Oat in the Volga-Vyatka region: monograph]. *Kirov*, 2013. 288 p.
2. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Ivanov V. L. *Uluch-shennaya resursosberegayushchaya tekhnologiya obrabotki pochvy i primeneniya biopreparatov pod yarovye zernovye kul'tury v usloviyakh tsentral'noy zony Severo-Vostoka evropeyskoy chasti Rossii*. [Improved resource-saving technology of soil cultivation and use of bio-preparations for spring cereals crops under conditions of central zone of North-East of european part of Russia]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(3(58)):43-48. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29184741>

3. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A. V. *Primenenie osnovnykh elementov resursosberegayushchikh ekologicheski bezopasnykh tekhnologiy pri vyrashchivanii yarovykh zernofurazhnykh kul'tur v tsentral'noy zone Severo-Vostoka evropeyskoy chasti Rossii*. [Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies for growing spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia]. *Problemy intensifikatsii zhivotnovodstva s uchetom okhrany okruzhayushchey sredy i proizvodstva al'ternativnykh istochnikov energii, v tom chisle biogaza: sb. statey*. [Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas: collection of articles]. Varshava: Institut tekhnologicheskikh i estestvennykh nauk v Falentakh, 2018. pp. 67-74.

4. Ivenin V. V., Mikhalev E. V., Krivenkov V. A. *Effektivnost' vozdeleyvaniya pshenitsy yarovoy na fone polnogo mineral'nogo udobreniya pri vnedrenii resursosberegayushchey tekhnologii No-till v zernotrayanom sevooborote na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoy oblasti*. [Efficiency of spring wheat cultivation on the background of full mineral fertilizer with the introduction of resource-savin No-till technology in grain-grass crop rotation on light gray forest soils of nizhny Novgorod region]. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2017;(11-12):22-24. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32329619>

5. Ivenin V. V., Ivenin A. V., Shubina K. V., Mineeva N. A. *Sravnitel'naya effektivnost' tekhnologiy vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v zvene sevooborota na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Volgo-Vyatskogo regiona*. [Comparative efficiency of technologies of cultivation of grain crops in the crop rotation link on light grey forest soils of the Volga-Vyatka region]. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2018;(3(6)):27-31. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759589>

6. Antonov V. G., Ermolaev A. P. *Effektivnost' dlitel'nogo primeneniya minimal'nykh sposobov obrabotki pochvy v sevooborotakh*. [The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(4 (65)):87-92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>

7. Karabutov A. P., Solovichenko V. D., Nikitin V. V., Navol'neva E. V. *Vosproizvodstvo plodorodiya pochv, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov*. [Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations]. *Zemledelie*. 2019;(2):3-7. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>

8. Pegova N. A., Kholzakov V. M. *Resursosberegayushchaya sistema obrabotki durnovo-podzolistoy pochvy*. [Resource-saving tillage system of sod-podzolic soils]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(1(44)):35-40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22856649>

9. Snigireva O. M., Vedemikov Yu. E. *Vliyaniye srokov seva i uborki na urozhaynost' i posevnye kachestva semyan yarovogo ovsy Sapsan*. [Influence of sowing and harvesting time on productivity and sowing qualities of spring oat sapsan seeds]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(3):230-237. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.230-237>

10. Gostev A. V. *Usloviya formirovaniya zerna vysokogo kachestva v vysokoproduktivnykh resursosberegayushchikh agrotekhnologiyakh TsChR*. [Conditions for the formation of high-quality grain in highly productive resource-saving agricultural technologies in Central Chernozem region]. *Zemledelie*. 2019;(6):16-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10604>

11. Dridiger V. K., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G., Vaytsekhovskaya S. S. *Vliyaniye sevooborota na effektivnost' ispol'zovaniya pashni pri vozdeleyvanii polevykh kul'tur bez obrabotki pochvy*. [Influence of crop rotation on the efficiency of arable land use at the cultivation of field crops without soil tillage]. *Zemledelie*. 2019;(6):28-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Ивенин Алексей Валентинович**, доктор с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: [novniish@rambler.ru](mailto:novniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: [a.v.ivenin@mail.ru](mailto:a.v.ivenin@mail.ru)

**Саков Александр Петрович**, кандидат с.-х. наук, директор, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: [novniish@rambler.ru](mailto:novniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

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

✉ **Alexey V. Ivenin**, DSc in Agricultural science, associate professor, senior researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, the settlement of Breeding station, 38, Kstovo district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: [novniish@rambler.ru](mailto:novniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: [a.v.ivenin@mail.ru](mailto:a.v.ivenin@mail.ru)

**Alexander P. Sakov**, PhD in Agricultural science, Director, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, the settlement of Breeding station, 38, Kstovo district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: [novniish@rambler.ru](mailto:novniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## К вопросу о долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области

© 2020. О. В. Балун ✉

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр  
Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*В статье рассматривается вопрос стабильной работы различных конструкций осушительных систем на тяжелых почвах в природно-климатических условиях Новгородской области в первые годы после строительства и через 30 лет эксплуатации. В опыте исследуется эффективность осушения с помощью конструкций мелкого дренажа глубиной заложения 70 см и двух вариантов среднезаглубленного дренажа (110 см) с засыпкой дренажной траншеи песчано-гравийной смесью (ПГС) и щепой до пахотного горизонта. Анализ динамики грунтовых вод показал, что скорость снижения грунтовых вод в ранневесенний период в первые годы эксплуатации во всех опытных вариантах была примерно одинаковой: 2,0-2,4 см/сут, а в последние годы в варианте мелкого дренажа снижение уровней грунтовых вод происходило более медленно (2,3 см/сут) по сравнению с вариантами стандартного дренажа (3,8-3,9 см/сут). Влажность корнеобитаемого слоя почвы в среднем за вегетационный период на опытных системах закрытого дренажа через 30 лет не возросла. Средние запасы влаги за вегетационный период на опытных системах составили: в варианте мелкого дренажа в 1991 году 177 мм, в 2018 году – 168 мм; на стандартном дренаже с засыпкой дренажной щепой – 165 и 154 мм соответственно; в варианте с засыпкой ПГС – 164 и 123 мм соответственно. Наибольшей надежностью и долговечностью обладали собиратели с засыпкой дренажной траншеи ПГС, сохранившие в течение тридцатилетнего периода стабильно высокую эффективность работы; в период засухи системы мелкого дренажа обеспечили более благоприятные условия по степени увлажнения в корнеобитаемом слое: в 2018 году самый короткий период недостатка влаги в корнеобитаемом слое почвы (10 суток) наблюдался на системах мелкого дренажа, наиболее длительный (1 месяц) – на системах с засыпкой дренажной траншеи ПГС.*

**Ключевые слова:** уровень грунтовых вод, влажность почвы, долговечность, мелкий дренаж, среднезаглубленный дренаж

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (тема № 0681-2019-0001, рег. № НИОКТР АААА-А19-119082290041-7).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Балун О. В. К вопросу о долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):589-596.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.589-596>

Поступила: 17.06.2020

Принята к публикации: 22.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## On the problem of durability of underground drainage in the natural and climatic conditions of the Novgorod region

© 2020. Olga V. Balun ✉

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,  
Saint Petersburg, Russian Federation

*The article deals with the problem of stable operation of various structures of drainage systems on heavy soils in the natural and climatic conditions of the Novgorod region during the first years after construction and after 30 years of operation. The experiment examines the effectiveness of drainage using shallow drainage structures with the depth of 70 cm and two variants of medium-deep drainage (110 cm) with filling the drainage trench with sand-gravel mixture (PGS) and wood chips to the arable horizon. Analysis of groundwater dynamics showed that the rate of groundwater decline in the early spring period in the first years of operation on all experimental variants was approximately the same: 2.0-2.4 cm/day. In recent years in the shallow drainage variant, the decrease in ground water levels occurred more slowly (2.3 cm/day) compared to the standard drainage variants (3.8-3.9 cm/day). The average humidity of the root layer of the soil during the growing season in experimental closed drainage systems has not increased for 30 years. The average moisture reserves for the growing season in the experimental systems were: 177 mm in the shallow drainage variant in 1991, 168 mm in 2018; 165 and 154 mm for the standard drainage with drainage chips backfill, respectively; 164 and 123 mm in the PGS backfill variant, respectively. The highest reliability and durability were shown by collectors with PGS backfill of the drainage trench, which have maintained a consistently high efficiency over a thirty-year period. During the drought period, shallow drainage systems provided more favorable conditions according to the degree of moisture in the root layer: in 2018, the shortest period of moisture lack in the root layer of the soil (10 days) was observed in shallow drainage systems, and the longest (1 month) - in systems with backfill of the drainage trench with PGS.*

**Keywords:** groundwater level, soil moisture, durability, shallow drainage, medium-depth drainage

**Acknowledgment:** 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 State Budgetary Institution St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Science, Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture (theme No. 0681-2019-0001, reg. No. NIOKTR AAAA-A19-119082290041-7).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the author stated no conflict of interest.

**For citations:** Balun O. V. On the problem of durability of underground drainage in the natural and climatic conditions of the Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5): 589-596. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.589-596>

Received: 17.06.2020

Accepted for publication: 22.09.2020

Published online: 22.10.2020

Повышение почвенного плодородия на территории Новгородской области невозможно без мелиорации. Мелиорация – одна из древнейших областей человеческой деятельности зародилась в Египте, Индии, Месопотамии в V-III тысячелетия до нашей эры. В Восточном Средиземноморье древними цивилизациями были разработаны технологии осушения сельскохозяйственных земель, которые относят ко II тысячелетию до нашей эры. После распада Эгейской цивилизации вновь построенные общества для сельскохозяйственного производства успешно эксплуатировали осушительные дренажные системы и ирригационные сооружения, которые датируются 800-300 гг. до н. э. Кроме того, Китай и государства, расположенные на американском континенте, имеют многолетнюю историю дренажа [1].

На территории Новгородской области имеются древние дренажные осушительные системы. Сам Великий Новгород еще в средние века был осушен деревянным дренажем, изготовленным из цельных стволов деревьев. Первый гончарный дренаж в России был применен на территории Новгородской области Н. И. Железновым в 1854 году, который работает и по настоящее время [2, 3].

Строительство осушительных систем высокими темпами в нашей стране началось в 70-х годах прошлого столетия. Мелиоративные работы охватили огромные территории и даже проводились в зоне вечной мерзлоты, что позволило увеличить площадь обрабатываемых земель, но вызвало массу негативных явлений [4].

Закрытый дренаж в прошлом столетии был основным способом осушения не только в России, но и в других европейских странах. В настоящее время ведутся мониторинговые исследования их состояния.

Исследование современного состояния дренажа в Чехии показало, что в настоящее

время осушительные системы, построенные в середине прошлого столетия, не всегда отвечают современным требованиям сельхозтоваропроизводителей, экологов и государства в целом. Строительство дренажных систем привело к нарушению естественной среды обитания животных, в том числе и водных. Поэтому принятие решения о дальнейшей эксплуатации мелиоративных систем предлагается принимать после обследования их состояния в каждом конкретном случае индивидуально [5].

Исследования дренажа, построенного в 70-х годах прошлого века в Литве и Латвии, показали его положительное влияние на водно-воздушный режим осушаемой территории и окружающую среду [6, 7].

Построенные в Финляндии в 50-х годах прошлого века дренажные системы недостаточно эффективно справлялись с осушением глинистых грунтов. Основной причиной этого было большое междреннее расстояние. Строительство дополнительных дрен привело к уменьшению расстояния между осушителями в 3 раза, что положительно повлияло на эффективность осушения и позволило на 8 дней сократить сроки просыхания почвы [8].

Происходящие в настоящее время изменения климата в сторону повышения температуры и влажности увеличивают нагрузку на существующие дренажные системы и стимулируют внедрение мелиоративных систем на все новые территории [9, 10].

В Ленинградской области осушительным системам, построенным в прошлом столетии, в настоящее время приходится работать в иных условиях в связи с изменениями климата, которые негативно отражаются на работе дренажных систем. В современных условиях для поддержания эффективной работы системы возникла необходимость внедрения дополнительных технологических и организационных мероприятий [11, 12].

Новгородская область расположена в зоне избыточного увлажнения, что ведет на отдельных территориях к заболачиванию или затоплению в критические по количеству выпадающих осадков годы<sup>1</sup>. Основная масса мелиоративных систем была построена в 70-80 годах прошлого столетия и находится в эксплуатации без проведения ремонтных работ 30-45 лет [13]. Поэтому вопросы долговечности мелиоративных систем являются актуальным в настоящее время.

**Цель исследований** – определение долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области.

**Новизна исследований.** Впервые определены характеристики обеспеченности оптимального водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы после длительной эксплуатации осушительных систем с различными конструкциями дренажа: с засыпкой дренажной траншеи песчано-гравийной смесью, древесной щепой и мелкого дренажа с глубиной закладки 0,7 м.

**Материал и методы.** Опытно-производственный участок закрытого дренажа «Кшентицы», расположенный вблизи Великого Новгорода, был сдан в эксплуатацию в 1989 году. Участок сложен моренными суглинками с коэффициентом фильтрации 0,01-0,002 м/сут. Почвы кислые ( $pH_{KCl} = 5,2$ ), среднегумусные (гумус 4,7 %), среднеобеспеченные фосфором ( $P_2O_5 = 56$  мг/кг почвы) и слабо обеспеченные калием ( $K_2O = 85$  мг/кг почвы).

Переувлажнение участка происходит за счет сезонных почвенных вод. С момента сдачи участка в эксплуатацию по настоящее время на опытных системах ведутся регулярные наблюдения за водным режимом осушаемых земель. На опытном участке в 3-кратной повторности заложены следующие варианты конструкций закрытого дренажа:

1. Мелкий дренаж.
2. Стандартный дренаж с засыпкой дренажа песчано-гравийной смесью.
3. Стандартный дренаж с засыпкой дренажа древесной щепой.

Глубина заложения стандартного дренажа 1,1 м, мелкого – 0,7 м.

Режим грунтовых вод и влажности почвы определяли по методике СевНИИГиМ<sup>2</sup>. Статистическую обработку данных проводили с использованием корреляционного и регрессионного анализов<sup>3</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** За более чем 30-летний период мелиоративные системы работали в различных метеорологических условиях: от острозасушливого 1999 года, когда за вегетационный период выпало менее половины нормы осадков, а ГТК составил 0,6, до аномально влажного 2017 года, когда за вегетационный период выпала двойная норма осадков и ГТК составил 2,6.

Сравним метеорологические условия периода наблюдений в среднем по десятилетиям (табл. 1) Начальный период эксплуатации осушительных систем по метеорологическим условиям характеризовался как засушливый (ГТК = 1,12) с суммой осадков ниже нормы.

Все параметры тепло- и влагообеспеченности имели устойчивый тренд к росту. Годовая сумма осадков к третьему десятилетию возросла на 134 мм, при этом, что основной рост осадков (100 мм) приходился на вегетационный период, а среднегодовая температура выросла за этот же период на 0,9 °С. Сумма активных температур (выше 10 °С) увеличилась на 138 °С и в настоящее время превышает климатическую норму на 208 °С.

Таким образом, можно сделать вывод, что осушительные системы с течением времени работают все в более напряженных по степени увлажнения условиях.

Сравним эффективность работы различных конструкций закрытых осушительных систем в первые годы и через 30 лет эксплуатации. Для этого были выбраны годы, близкие по условиям увлажнения вегетационных периодов (примерно среднемноголетний): 1991 г. (с годовой суммой осадков 569 мм и суммой осадков за вегетационный период 268 мм) и 2018 г. (543 и 236 мм соответственно).

<sup>1</sup>Государственная программа Новгородской области «Развитие агропромышленного комплекса в Новгородской области на 2014-2021 годы». URL: <https://apk.novreg.ru/documents/499.html> (дата обращения: 04.07.2019г.).

<sup>2</sup>Методические указания по постановке и проведению опытов на осушительных системах. Л., 1983. С. 54-69, 84-103.

<sup>3</sup>Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении, Л., 1977. С. 166-222.

Таблица 1 – Метеорологические условия периода наблюдений / Table 1 – Meteorological conditions of the observation period

Период / Period	Метеопараметр / Weather parameter					
	годовая сумма осадков, мм / annual precipitation, mm	среднегодовая температура, °C / average annual temperature, °C	сумма осадков за вегетационный период (t>5°C), мм / amount of precipitation during the growing season (t>5°C), mm	сумма температур выше 5 °C / the sum of temperatures greater than 5 degrees	сумма осадков за вегетационный период (t>10 °C), мм / the amount of precipitation for a period with temperatures above 10 degrees, mm	сумма температур выше 10 °C / the sum of temperatures greater than 10 degrees
1990-1999 гг.	550	5,3	358	2610	274	2445
2000-2009 гг.	611	5,5	405	2735	317	2553
2010-2019 гг.	684	6,2	458	2757	346	2583
Норма* / Norm	550	4,4	385	2501	301	2375
Уравнение связи метеопараметра с периодом, коэффициент детерминации / Equation of the relationship between the weather parameter and the period, coefficient of determination	$y = 67x + 481, R^2 = 0,9973$	$y = 0,45x + 4,7667, R^2 = 0,9067$	$y = 50x + 307, R^2 = 0,9988$	$y = 73,104x + 2554,3, R^2 = 0,8594$	$y = 36x + 240,33, R^2 = 0,9876$	$y = 69,157x + 2388,8, R^2 = 0,9024$
						$y = 0,11x + 1,0133, R^2 = 0,9973$

\*Данные предоставлены Новгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Уровень грунтовых вод является показателем эколого-мелиоративного состояния осушаемой почвы. Отклонение его параметров от оптимального значения может привести к созданию в почвенной толще неблагоприятных процессов, которые могут привести к нарушению экологической ситуации [14, 15].

Одной из основных задач осушительной системы является снижение уровня грунтовых вод (УГВ) до значений, обеспечивающих оптимальный водно-воздушный режим в корнеобитаемом слое почвы. Зависимость запаса влажности в верхнем слое почвы 0-30 см, где сосредоточена основная масса корней, от УГВ получена на основании многолетних наблюдений за указанными параметрами на исследуемых конструкциях осушительных систем. Наиболее тесная связь описывается уравнением логарифмической зависимости, графическая интерпретация которой представлена на рисунке 1.

Результаты исследований показали, что оптимальная влажность на тяжелых почвах опытных систем обеспечивается при нахождении грунтовых вод на глубине 40-85 см.

Анализ динамики УГВ показал, что в 1991 году грунтовые воды находились на глубине выше 40 см в варианте 3 в течение первой декады мая и второй декады июня. В вариантах 1 и 2 грунтовые воды находились в течение всего вегетационного периода ниже верхнего предела нормы. В 2018 году грунтовые воды находились выше нормы в варианте 1 в течение первой половины мая. Снижение грунтовых вод в ранневесенний период в варианте мелкого дренажа происходило более медленно: 2,3 см/сут по сравнению с вариантами стандартного дренажа: 3,8-3,9 см/сут (рис. 2).

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что по истечении 30-летнего срока эксплуатации закрытых осушительных систем их эффективность работы, выражающаяся в скорости снижения уровня грунтовых вод вследствие отвода избыточной влаги, осталась на первоначальном уровне.

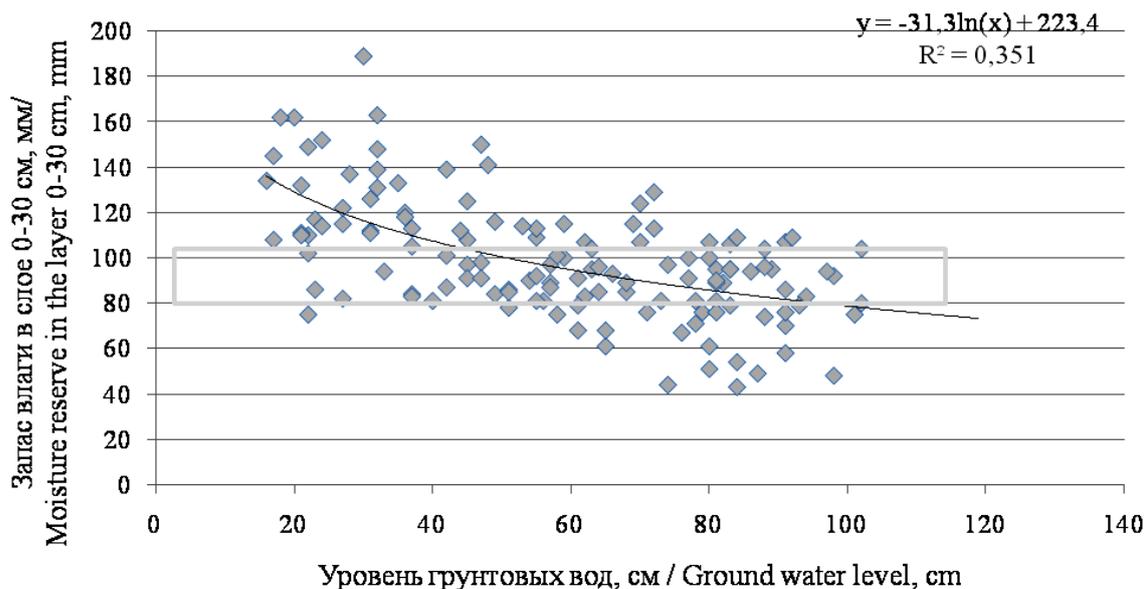


Рис. 1. Зависимость запаса влажности в слое почвы 0-30 см от УГВ /

Fig. 1. Dependence of the moisture reserve in the soil layer 0-30 cm layer on the Ground Water Level

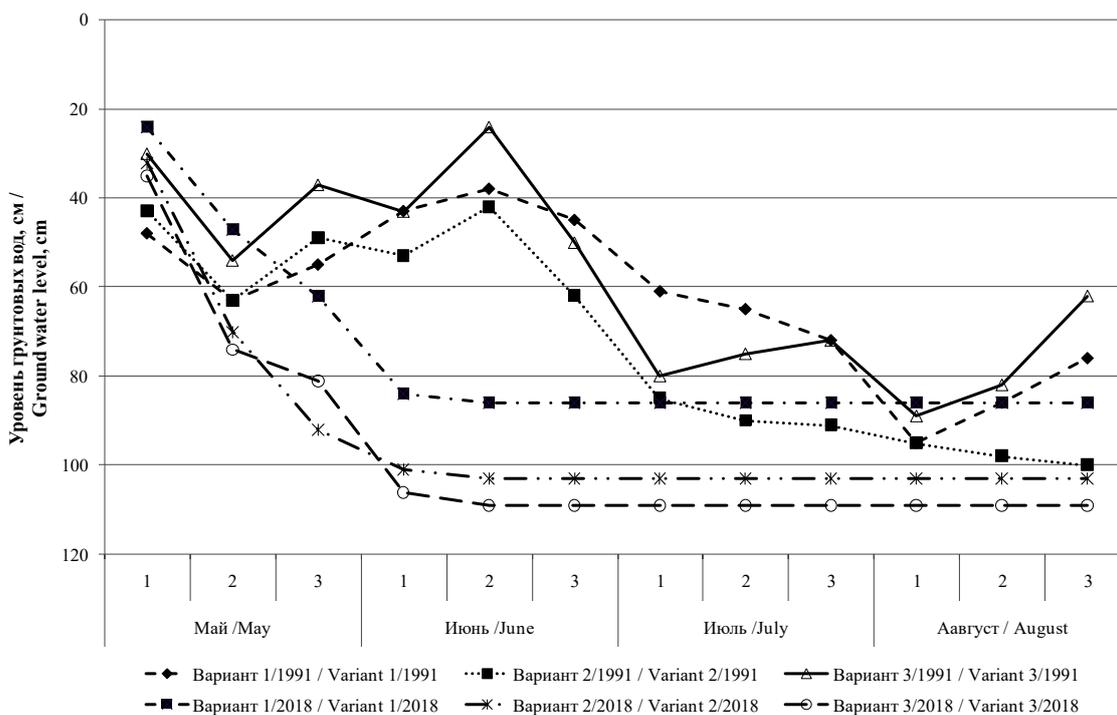


Рис. 2. Динамика УГВ на опытных системах /

Fig. 2. Dynamics of Ground Water Levels in experimental systems

Снижение уровня грунтовых вод способствует оптимизации влажности почвы, которая является одним из важных показателей эффективности работы осушительной системы. Анализ динамики запасов влаги корнеобитаемого слоя на опытных системах показал, что в 1991 году избыточная влажность (более 200 мм) наблюдалась в начале вегетационного периода на системах мелко-

го дренажа в третьей декаде мая и второй декаде июня и в варианте стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи щепой в третьей декаде августа. На системе с засыпкой дренажной траншеи ПГС запасы влаги в течение вегетационного периода не превысили верхней границы оптимума. В среднем, в течение вегетационного периода 1991 года на опытных мелиоративных си-

стемах влажность корнеобитаемого слоя была благоприятной для сельскохозяйственных культур. Незначительное ее снижение до

пределов, характеризующихся как засуха (менее 150 мм), наблюдалось достаточно короткий период (рис. 3).

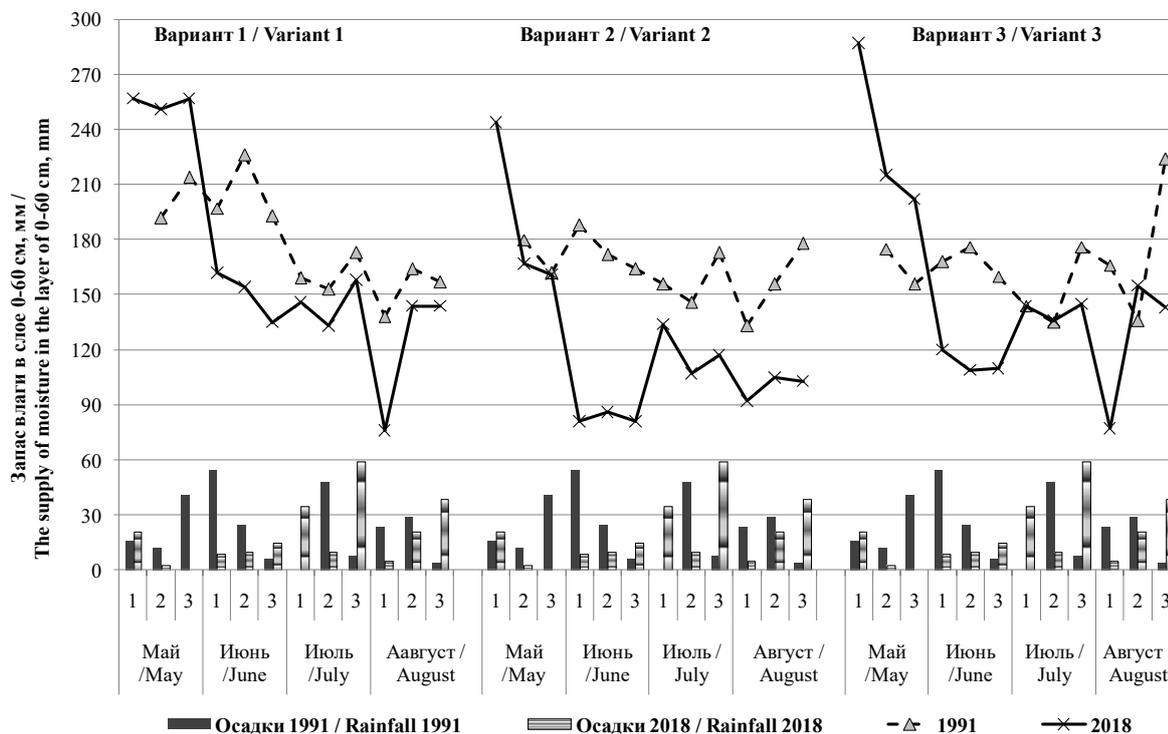


Рис. 3. Запас влаги в слое почвы 0-60 см на опытных системах / Fig. 3. Moisture supply in the soil layer 0-60 cm layer in experimental systems

Через 30 лет эксплуатации опытных мелиоративных систем в 2018 году наблюдался длительный период переувлажнения в начале вегетационного периода в течение месяца в вариантах мелкого дренажа и стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи древесной щепой. Это было связано с выпадением двойной нормы осадков в апреле. Системы стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи ПГС сработали более эффективно: период переувлажнения составил 1 декаду. Сравнение запасов влаги в засушливые периоды вегетации показали, что наиболее длительный период недостатка влаги в корнеобитаемом слое почвы наблюдался в 2018 году на системах с засыпкой дренажной траншеи ПГС, который длился месяц, самый короткий период (1 декада) наблюдался на системах мелкого дренажа.

Средние запасы влаги корнеобитаемого слоя за вегетационный период на опытных системах составили: в варианте мелкого дренажа в 1991 году 177 мм, в 2018 году – 168 мм; на стандартном дренаже с засыпкой дренажной щепой 165 и 154 мм соответственно; в ва-

рианте с засыпкой ПГС – 164 и 123 мм соответственно. Таким образом, во всех опытных вариантах запасы влаги не увеличились. В вариантах мелкого дренажа и стандартного с засыпкой древесной щепой они уменьшились на 9 мм. Древесная засыпка с течением времени подверглась разложению и сработке, при этом сохранила высокую эффективность отвода избыточной влаги из почвы. В варианте стандартного дренажа с засыпкой ПГС уменьшение запасов влаги в среднемноголетний год с течением времени эксплуатации было более значительное по сравнению с другими вариантами. Это может быть связано с увеличением водопроницаемости дренажной засыпки из ПГС.

На системах мелкого дренажа при наступлении сухого периода 2018 года наблюдался самый короткий период, длительностью 1 декада, когда в корнеобитаемом слое ощущался недостаток влаги.

**Выводы:**

- наибольшей надежностью и долговечностью обладают собиратели с засыпкой

дренажной траншеи ПГС, сохранившие в течение тридцатилетнего периода стабильно высокую эффективность работы;

- дренажная засыпка из щепы после многолетнего разложения органического вещества

сохранила высокую эффективность отвода избыточной влаги из пахотного горизонта;

- в период засухи системы мелкого дренажа обеспечили более благоприятные по степени увлажнения условия корнеобитаемого слоя.

#### *Список литературы*

1. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The Evolution of Agricultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*. 2020;12(1):416. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010416>
2. Авдеев Э. А., Балун О. В. Из истории первого российского гончарного дренажа, заложенного на территории Новгородской области. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2011;(25):266-269.
3. Толстой М. П. К истории дренажных работ в России. *Гидротехника и мелиорация*. 1987;(7):73-77.
4. Ухов Н. В., Самохвалов В. Л. Мелиорации земель Магаданской области: основные этапы развития и научного обеспечения. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2018;1(29):170-187. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433013>
5. Tlapakova L. Agricultural drainage systems in the czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European countryside*. 2017;9(1):77-98. DOI: <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0005>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevicienė S., Miseckaitė O. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta agriculturae scandinavica section b-soil and plant science*. 2015;65 (sup 1):14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Kovalenko P., Rokochinskiy A., Mazhayskiy Y., Volk P., Volk L., Chernikova O. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *Engineering for Rural Development*. 2020;19:1009-1017. DOI: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf237>
8. Häggblom O., Salo H., Turunen M., Alakukku N., Mylly M., Koiv H. Impacts of supplementary drainage on the water balance of a poorly drained agricultural field. *Agricultural water management*. 2019;223(20):105568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.039>
9. Castellano M. J., Archontoulis S. V., Helmers M. J., Poffenbarger H. J., Six J. Sustainable intensification of agricultural drainage. *Nature sustainability*. 2019;2:914-921. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0393-0>
10. Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф. О некоторых причинах переувлажнения и повторного заболачивания сельскохозяйственных земель в Ленинградской области. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018;(4):36-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35572521>
11. Чесноков Ю. В., Янко Ю. Г. Проблемы мелиорации земель Ленинградской области. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019;(3):18-21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39172657>
12. Иванов А. И., Янко Ю. Г. Мелиорация как необходимое средство развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России. *Агрофизика*. 2019;(1):67-78. Режим доступа: <https://www.agrophys.ru/Agrophysika-1-2019>
13. Балун О. В., Бойцов А. С. Состояние мелиорации в Новгородской области. *Агрофизика*. 2013;(2):28-33. Режим доступа: <http://agrophys.ru/N10-coment>
14. Устинов М. Т., Глистин М. В. Критический уровень грунтовых вод как критерий эколого-мелиоративного состояния почв. *Вестник мелиоративной науки*. 2018;(1):4-9. Режим доступа: <https://yadi.sk/i/gGBG6i3p3WcmjL>
15. Giulia Sofia, Francesca Ragazzi, Paolo Giandon, Giancarlo Dalla Fontana, Paolo Tarolli. On the linkage between runoff generation, land drainage, soil properties, and temporal patterns of precipitation in agricultural floodplains. *Advances in Water Resources*. 2019;124:120-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.12.003>

#### *References*

1. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The Evolution of Agricultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*. 2020;12(1):416. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010416>
2. Avdeev E. A., Balun O. V. *Iz istorii pervogo rossiyskogo goncharnogo drenazha, zalozhennogo na territorii Novgorodskoy oblasti*. [From the history of the first Russian tile drainage laid on the territory of the Novgorod region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2011;(25):266-269. (In Russ.).
3. Tolstoy M. P. *K istorii drenazhnykh robot v Rossii*. [On the history of drainage work in Russia]. *Gidrotekhnika i melioratsiya*. 1987;(7):73-77. (In Russ.).

4. Ukhov N. V., Samokhvalov V. L. *Melioratsii zemel' Magadanskoj oblasti: osnovnye etapy razvitiya i nauchnogo obespecheniya*. [Land reclamation in Magadan region: main stages of development and scientific support]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2018;1(29):170-187. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433013>
5. Tlapakova L. Agricultural drainage systems in the czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European countryside*. 2017;9(1):77-98. DOI: <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0005>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevicienė S., Miseckaitė O. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta agriculturae scandinavica section b-soil and plant science*. 2015;65 (sup 1):14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Kovalenko P., Rokochinskiy A., Mazhayskiy Y., Volk P., Volk L., Chernikova O. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *Engineering for Rural Development*. 2020;19:1009-1017. DOI: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf237>
8. Häggblom O., Salo H., Turunen M., Alakukku N., Mylly M., Koiv H. Impacts of supplementary drainage on the water balance of a poorly drained agricultural field. *Agricultural water management*. 2019;223(20):105568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.039>
9. Castellano M. J., Archontoulis S. V., Helmers M. J., Poffenbarger H. J., Six J. Sustainable intensification of agricultural drainage. *Nature sustainability*. 2019;2:914-921. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0393-0>
10. Yanko Yu. G., Petrushin A. F. *O nekotorykh prichinakh perevlazhneniya i povtornogo zabolachivaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel' v Leningradskoy oblasti*. [Some causes of waterlogged reclaimed land in the Leningrad region and measures to reduce them]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo = Melioration and Water Management*. 2018;(4):36-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35572521>
11. Chesnokov Yu. V., Yanko Yu. G. *Problemy melioratsii zemel' Leningradskoy oblasti*. [Problems of land reclamation of the Leningrad region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo = Melioration and Water Management*. 2019;(3):18-21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39172657>
12. Ivanov A. I., Yanko Yu. G. *Melioratsiya kak neobkhodimoe sredstvo razvitiya sel'skogo khozyaystva Nechernozemnoy zony Rossii*. [Melioration as an essential means for agriculture development in Non-chernozem zone of Russia]. *Agrofizika = Agrophysica*. 2019;(1):67-78. (In Russ.). URL: <https://www.agrophys.ru/Agrophysika-1-2019>
13. Balun O. V., Boytsov A. S. *Sostoyanie melioratsii v Novgorodskoy oblasti*. [The state of land reclamation in the Novgorod region]. *Agrofizika = Agrophysica*. 2013;(2):28-33. (In Russ.). URL: <http://agrophys.ru/N10-coment>
14. Ustinov M. T., Glistin M. V. *Kriticheskiy uroven' gruntovykh vod kak kriteriy ekologo-meliorativnogo sostoyaniya pochv*. [Critical ground water level as a criterion of ecological and meliorative state of soils]. *Vestnik meliorativnoy nauki*. 2018;(1):4-9. (In Russ.). URL: <https://yadi.sk/i/gGBG6i3p3WcmjL>
15. Giulia Sofia, Francesca Ragazzi, Paolo Giandon, Giancarlo Dalla Fontana, Paolo Tarolli. On the linkage between runoff generation, land drainage, soil properties, and temporal patterns of precipitation in agricultural floodplains. *Advances in Water Resources*. 2019;124:120-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.12.003>

#### **Сведения об авторе**

✉ **Балун Ольга Васильевна**, кандидат техн. наук, доцент, заведующая отделом мелиорации, Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (Новгородский НИИСХ – филиал СПб ФИЦ РАН), д. 2, ул. Парковая, п/о Борки, Новгородский район, Новгородской обл., Российская Федерация, 173516, e-mail: [info@spcras.ru](mailto:info@spcras.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: [bov0001@mail.ru](mailto:bov0001@mail.ru)

#### **Information about the author**

✉ **Olga V. Balun**, PhD in Engineering, associate professor, Head of the Department of Land Reclamation, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture, 2, Parkovaya Str., the village of Borki, Novgorod Region, Russian Federation, 173516, e-mail: [info@spcras.ru](mailto:info@spcras.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: [bov0001@mail.ru](mailto:bov0001@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.597-604>

УДК 619:616-07+633.8+615.015.21

**Влияние фитοэкстракта, содержащего эcdистероиды и флавоноиды, на показатели метаболизма свиной и белых мышей**

© 2020. А. А. Ивановский ✉, Н. А. Латушкина, Е. Ю. Тимкина

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

Изучали влияние экстрактивных веществ из комплекса трав – левзея сафлоровидная (*R. Carthamoides*), серпуха венечная (*S. Coronate*), лабазник вязолистный (*F. ulmaria*) – на отдельные показатели метаболизма лабораторных мышей, супоросных свиноматок и полученных от них поросят. Фитοэкстракт, содержащий эcdистероиды и флавоноиды, перорально вводили белым мышам (3 опытные и 1 контрольная группы по 15 особей) в дозах 0,1; 0,2 и 0,3 мл в течение 14 дней, что способствовало увеличению среднесуточного прироста массы тела в сравнении с контролем на 20,8-48,5 % ( $P < 0,05$ ). Введение в рацион супоросных свиноматок (3 опытные и контрольная группы по 10 свиной) добавки, содержащей фитοэкстракт, один раз в день в дозах 3, 5 и 10 г на голову в течение 30 дней до опороса, не вызывало отклонений от нормы со стороны исследуемых биохимических показателей крови (общий белок, альбумины, холестерин, кальций, фосфор, магний, мочевины, креатинин, АЛТ, АСТ). Показатели крови свиной в опытных группах, характеризующие метаболический статус организма, находились в референсных границах: общий белок –  $60,7 \pm 0,4 - 62,0 \pm 0,3$  г/л; альбумины –  $44,2 \pm 0,4 - 52,7 \pm 1,8$  г/л; холестерин –  $2,14 \pm 0,04 - 2,90 \pm 0,01$  ммоль/л; Са –  $2,50 \pm 0,05 - 2,62 \pm 0,01$  ммоль/л; Р –  $2,91 \pm 0,0 - 3,16 \pm 0,04$  ммоль/л; Mg –  $0,92 \pm 0,02 - 1,28 \pm 0,01$  ммоль/л; АСТ –  $27,6 \pm 2,4 - 29,3 \pm 0,5$  ед.; АЛТ –  $23,7 \pm 1,1 - 26,9 \pm 1,3$  ед.; мочевины –  $4,8 \pm 0,2 - 7,9 \pm 0,5$  ммоль/л; креатинин –  $101,2 \pm 3,5 - 110,0 \pm 2,1$  мкмоль/л. Число новорожденных поросят, полученных от свиноматок в опытных группах, превышало показатель в контроле (127 голов) на 6,2 %, из них живых на 10,6 % (113 голов), количество переданных к отъему – на 11,2 % (107 голов), валовой прирост – на 9,8 % (887 кг). Остальные исследуемые показатели поросят (средняя масса поросенка при передаче, среднесуточный прирост, сохранность) отличались от контроля недостоверно ( $P > 0,05$ ). Установлено, что фитοэкстракт оказывал анаболическое действие на белых мышей, не вызывал отрицательного эффекта на исследуемые биохимические показатели метаболизма у супоросных свиноматок, способствовал увеличению количества живых новорожденных в сравнении с контролем.

**Ключевые слова:** экстракт растений, лабораторные мыши, поросята, биохимия крови, анаболический эффект**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0088).

Авторы благодарят НПФ КХ «БИО» (г. Корьяма, Архангельская область) и ЗАО «Заречье» (г. Киров) за содействие в проведении исследований.

Авторы признательны рецензентам за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Ивановский А. А., Латушкина Н. А., Тимкина Е. Ю. Влияние фитοэкстракта, содержащего эcdистероиды и флавоноиды, на показатели метаболизма свиной и белых мышей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):597-604. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.597-604>

Поступила: 25.04.2020

Принята к публикации: 08.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

**The effect of phytoextract containing ecdysteroids and flavonoids on the metabolic parameters of pigs and white mice**

© 2020. Alexander A. Ivanovsky ✉, Natalya A. Latushkina, Elena Yu. Timkina

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

The purpose of the research is to study the effect of extractive substances from a complex of herbs (*R. Carthamoides*, *S. Coronate*, *F. ulmaria*) on individual indicators of the metabolism of laboratory mice, pregnant sows and piglets obtained from them. A phytoextract containing ecdysteroids and flavonoids was orally administered to white mice (three experimental and one control group of 15 mice) in doses of 0.1; 0.2 and 0.3 ml during 14 days that provided an increase in the average daily weight gain by 20.8-48.5 % ( $P < 0.05$ ) in comparison with the control. The introduction into the diet of pregnant sows (three experimental groups and one control group of 10 sows) of an additive containing a phytoextract once a day at doses 3, 5 and 10 grams per head within 30 days before farrowing did not cause deviations from the norm of the studied biochemical blood parameters (total protein, albumin, cholesterol, calcium, phosphorus, magnesium, urea, creatinine, ALT, AST). The blood parameters of sows in the experimental groups characterizing the metabolic status of the organism were within the

reference limits: total protein  $60.7 \pm 0.4$ - $62.0 \pm 0.3$  g/l; albumin  $44.2 \pm 0.4$ - $52.7 \pm 1.8$  g/l; cholesterol  $2.14 \pm 0.04$ - $2.90 \pm 0.01$  mmol/l; Ca  $2.50 \pm 0.05$ - $2.62 \pm 0.01$  mmol/l; P  $2.91 \pm 0.0$ - $3.16 \pm 0.04$  mmol/l; Mg  $0.92 \pm 0.02$ - $1.28 \pm 0.01$  mmol/l; AST  $27.6 \pm 2.4$ - $29.3 \pm 0.5$  units; ALT  $23.7 \pm 1.1$ - $26.9 \pm 1.3$  units; urea  $4.8 \pm 0.2$ - $7.9 \pm 0.5$  mmol/l; creatinine  $101.2 \pm 3.5$ - $110.0 \pm 2.1$  mkmol/l. The number of newborn piglets obtained from sows in the experimental groups exceeded the indicator in the control (127 heads) by 6.2%, of which live by 10.6% (in the control, 113 heads), the number transferred for weaning by 11.2% (in control 107 heads), gross growth by 9.8% (control 887 kg). The rest of the studied parameters of piglets (average weight of a piglet during transfer, average daily growth, survivability) did not differ significantly from the control ( $P > 0.05$ ). It has been established that the phytoextract had an anabolic effect on white mice, did not cause a negative effect on the studied biochemical parameters of metabolism in pregnant sows, and contributed to an increase in the number of live newborns in comparison with the control.

**Keywords:** plant extract, laboratory mice, sows, blood biochemistry, anabolic effect

**Acknowledgement:** 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. 0767-2019-0088).

The authors thank NPF KH "BIO" (Koryazhma, Arkhangelsk region) and CJSC "Zarechye" (Kirov) for their assistance in conducting research.

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 citations:** Ivanovsky A. A., Latushkina N. A., Timkina E. Yu. The effect of phytoextract containing ecdysteroids and flavonoids on the metabolic parameters of pigs and white mice. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):597-604. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.597-604>

Received: 25.04.2020

Accepted for publication: 08.10.2020

Published online: 22.10.2020

Согласно учению Ганса Селье, реакция организма на стрессовые факторы различной этиологии (биологические, физические, химические, промышленные и другие), является следствием приспособления (адаптации), направленного на восстановление собственного гомеостаза. Возможность оказывать влияние на метаболические процессы в организме, в том числе компенсаторно-приспособительные реакции, появилась благодаря применению ряда фармакологических средств, получивших название адаптогены. Разработка и применение препаратов адаптогенного действия для борьбы с патологиями различного генеза – одно из перспективных направлений современной биологической науки [1, 2, 3, 4].

В современном представлении адаптогены – это фармакологические средства широкого спектра действия, способные оптимизировать физиологические процессы в организме человека и животных в различных условиях внешней среды. Изучению фармакологических средств на основе биологически активных веществ природного происхождения, обладающих адаптогенным влиянием на организм, посвящены работы ряда отечественных и иностранных ученых<sup>1</sup>. Данное направление исследований тесно связано с именем отечественного ученого Н. В. Лазарева, который теоретически и экспериментально обосновал позитивное влияние адаптогенов на резистентность и иммунный статус организма [5]. Известно, что

содержащиеся в растениях биологически активные вещества (БАВ) отличает широкий диапазон лечебно-профилактического действия на организм при минимальных либо полностью отсутствующих побочных эффектах. При этом экстрактивные биологически активные вещества из растительного сырья служат альтернативой искусственно создаваемым медикаментам, поскольку практически не обладают побочным влиянием на организм, а технология их получения значительно дешевле [6].

К растениям, обладающим адаптогенными свойствами, относятся: женьшень, родиола розовая, лабазник, левзея, серпуха и многие другие [7, 8, 9, 10]. Многие БАВ растений обладают выраженным антиоксидантным, иммуностропным и метаболическим влиянием на организм человека и животных. С научной точки зрения особый интерес представляют соединения, выделяемые из природных источников – фитостероиды, биофлавоноиды, органические комплексы. Дополнительное введение таких соединений в организм способствует повышению естественной резистентности, проявлению анаболического эффекта [11, 12, 13]. Механизм их действия на млекопитающих нуждается в более глубоком изучении. До сих пор нет точных данных о механизме взаимодействия эдистероидов с клеточными лигандами, способствующими активации метаболических процессов и иммунных реакций организма млекопитающих [14].

<sup>1</sup>Арушанян Э. Б., Бейер Э. В. Адаптогены растительного происхождения: учеб. пособие для студентов. Ставрополь: Изд-во СтГМУ. 2017. 149 с.

В связи с этим изучение БАВ растений, содержащих экидистероиды, усиленные другими биологически активными соединениями, представляет интерес в части изучения и применения в ветеринарной медицине. Такими растениями с адаптогенной активностью являются левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*), серпуха венценосная (*Serratula coronata*) и лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria*). *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* являются продуцентами экидистероидов [14], а *Filipendula ulmaria* содержит флавоноиды, танины, аскорбиновую кислоту и соли салициловой кислоты [15]. Фитоконкомплекс из вышеназванных трав является экологически чистым, содержит БАВ широкого спектра действия и является новой и неизученной композицией растений.

В перспективе научная новизна и практическая значимость исследований заключается в изучении влияния БАВ комплекса растений (*R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria*) на различные системы организма животных с целью получения для животноводческой отрасли экологически чистого продукта (препарата), обладающего адаптогенными свойствами.

**Цель исследований** – изучить влияние экстрактивных веществ из комплекса трав *R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria* на отдельные показатели метаболического статуса лабораторных мышей, супоросных свиноматок и полученных от них поросят.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить содержание биологически активных маркеров в фитокон комплексе.

2. Исследовать анаболический эффект у белых мышей после применения экстракта из комплекса трав.

3. Оценить клинико-физиологическое состояние супоросных свиноматок и родившихся от них поросят после применения экспериментальной добавки, содержащей экстракт из комплекса трав.

**Материал и методы.** Исследования проводили в лаборатории ветбиотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и НПФ КХ «БИО» (г. Коряжма Архангельской области), эксперимент – в свиноводческом хозяйстве ЗАО «Заречье» (г. Киров). Хозяйство относится к промышленным комплексам по выращиванию и откорму свиней, комплектуется и пополняется молодняком за счет собственных ресурсов, благополучно по инфекционным болезням. В качестве основных маркеров БАВ

изучаемого фитоэкстракта были выбраны экидистероиды и флавоноиды как наиболее биологически активные субстанции. Экидистероиды в травах определяли методом высокоэффективной обратно-фазовой жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [16]. Флавоноид рутин определяли спектрофотометрическим методом с использованием комплексообразующей реакции с 1 % спиртовым раствором алюминия хлорида. Оптическую плотность исследуемого раствора определяли на спектрофотометре СФ-46 при длине волны 415 нм. Содержание флавоноидов в сырье рассчитывали с использованием стандартного образца рутина [17].

Для проведения эксперимента на лабораторных мышках животных распределили на 3 опытные и одну контрольную группы по 15 особей в каждой. Затем готовили фитоэкстракт: предварительно высушенные и измельченные травы (*R. carthamoides*, *S. coronata*, *F. ulmaria*) соединяли в равных объемах и помещали в стеклянную колбу с 70 % этанолом для экстракции (фитоконкомплекс (г):спирт (мл) в соотношении 1:10) на срок 30 дней. Полученный экстракт высушивали, определяли массу сухого остатка и разводили его в физиологическом растворе для дальнейшего применения. Животным в течение 14 суток ежедневно перорально вводили взвесь фитоэкстракта в дозах: 1 группа – 0,1 мл; 2 группа – 0,2; 3 группа – 0,3 мл. В контроле вводили физиологический раствор в объеме 0,3 мл. В течение всего периода эксперимента отслеживали клинический статус животных. Перед началом и по окончании эксперимента определяли живой вес мышей.

В эксперименте со свиньями использовались супоросные свиноматки породы крупная белая живой массой  $248 \pm 2,2$  кг. Животных разделили на 3 опытные и контрольную группы по 10 свиней в каждой. Свиноматки содержались в индивидуальных боксах. Показатели микроклимата в помещении свинофермы в период эксперимента были следующие: температура –  $19 \pm 1,1$  °С; относительная влажность воздуха –  $66 \pm 2,5$  %; освещенность – 61 люкс. При приготовлении кормовой добавки для свиноматок травы предварительно подвергались дегидратации в сушильном шкафу СЭШ-3М. Затем проводили экстракцию смесью этанол: дистиллированная вода (в соотношении 7:3) в течение двух недель. После этого фитоэкстракт высушивался на адсорбенте и вносился в неактивный наполнитель целевого продукта. Конечный продукт представлял собой порошок светлого цвета с зеленовато-бурым оттенком.

Кормление животных контрольной группы производили в соответствии со стандартным рационом, применяемым в хозяйстве (только свиной комбикорм СПК-2<sup>2</sup>). Свиноматкам опытных групп индивидуально дополнительно к комбикуорму СПК-2 вводили экспериментальную добавку путем непосредственного внесения и перемешивания. Кормление свиней осуществляли 2 раза в день утром и вечером (4,5-5,0 кг на свиноматку).

Экспериментальную добавку вводили в рацион свиноматок за 30 суток до ожидаемого опороса индивидуально, ежесуточно: 1 группа – 3 г, 2 группа – 5 г, 3 группа – 10 г. Кровь на биохимические показатели у свиноматок исследовали в начале и по окончании опыта<sup>3</sup>.

Содержание общего белка и альбуминов в сыворотке крови определяли рефрактометрическим методом; аланинаминотрансферазу (АЛТ) и аспартатаминотрансферазу (АСТ) – унифицированным методом Райтмана-Френкеля; креатинин – с использованием набора Vital методом Яффе «по конечной точке» с депротеинизацией; мочевины – уреазным фенол-гипохлоритным методом; общий холестерин, магний (Mg) и кальций (Ca) – методом колориметрического определения с помощью набора Vital; фосфор (P) – фотометрическим методом.

В период проведения эксперимента у родившихся поросят в течение 27 дней подсосного периода (до отъема от маток) отслежи-

вали клинико-физиологические показатели, характеризующие их развитие.

Математическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы Microsoft office 2000 (ASD). Для определения статистической достоверности полученных результатов использовали t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок (P<0,05). В расчет принимали средние значения сравниваемых показателей в опытных и контрольной группах.

**Результаты и их обсуждение.** Концентрация исследуемых БАВ в экстракте из комплекса трав (фитокомплекс), используемом в опыте на лабораторных мышах, составила 69 мг/мл. В опыте на свиньях в конечном целевом продукте концентрация изучаемых БАВ находилась на уровне 3,7 г/кг, из которых экидистероиды (20-Е, экидизон, инокостерон) превалировали и составили 3,1 г/кг, флавоноид рутин – 0,6 г/кг.

Эксперимент на мышах показал достоверное (P<0,05) изменение массы тела белых мышей в опытных группах в сравнении с контролем (табл. 1). У мышей 1, 2 и 3 опытных групп живая масса в сравнении с началом опыта возросла на 17,1 %, 22,9, 20,6 % соответственно, тогда как в контроле на – 14,1 %. Среднесуточный прирост массы мышей, получавших фитоэкстракт, в опытных группах превысил результат контрольной: 1 – на 22,8 %, 2 – 62,8 % и 3 – 48,5 % (P<0,05).

Таблица 1 – Масса тела мышей в зависимости от дозы фитоэкстракта (n = 15; M±m) /

Table 1 – The body weight of mice, depending on the dose of phytoextract (n = 15; M±m)

Показатель / Indicator	Контроль (физ. раствор) / Control (physical solution)		Опыт (фитоэкстракт) / Experiment (phytoextract)		
Доза, мл / Dose, ml	0,3		0,1	0,2	0,3
Масса в начале опыта, г / Mass at the beginning of the experiment, g	24,7±0,2		25,1±0,1	24,8±0,2	25,2±0,2
Масса в конце опыта, г / Mass at the end of the experiment, g	28,2±0,4		29,4±0,2*	30,5±0,5*	30,4±0,3*
Среднесуточный прирост, мг / The average daily gain, mg	250,0		307,1*	407,1*	371,4*
Анаболический эффект, в сравнении с контролем, % / Anabolic effect, in comparison with the control,%	100,0		122,8	162,8	148,5

\* P<0,05 в сравнении с контролем / \* P <0.05 compared with control

<sup>2</sup>Комбикорм СПК-2 для лактирующих свиноматок. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agroservers.ru/b/kombikorm-spk-2-dlya-laktiruyushhikh-svinomatok-951831.htm> (дата обращения: 10.04.20).

<sup>3</sup>Кондрахин И. П., Архипов А. В., Левченко В. И., Таланов Г. А., Фролова Л. А., Новиков В. Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: Колос, 2004. С. 520.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови свиноматок в начале опыта и после применения добавки (M±m; n = 10 в группе) /  
Table 2 – Biochemical blood indicators of sows at the beginning of the experiment and after using the additive (M±m; n = 10 in group)

Группа (доза) Group (dose)	Общий белок, г/л / Total protein, g/l	Ca	P	Mg	ммоль/л / mmol/l				Альбумины, г/л / Albumins g/l	АСТ, ед/л / AST, units/l	АЛТ, ед/л / ALT, units/l
					Холестерин / Cholesterol	Мочевина / Urea	Креатинин, мкмоль/л / Creatinin μmol/l	Альбумины, г/л / Albumins g/l			
В начале опыта / At the beginning of the experiment											
№1 (3 г) / №1 (3g)	62,0±0,3	2,50±0,05	2,91±0,01	1,40±0,01	2,40±0,02	4,8±0,2	102,1±2,5	45,0±0,1	27,6±2,4	25,3±1,2	
№2 (5 г) / №2 (5 g)	60,7±0,4	2,82±0,05	2,95±0,02	0,92±0,02	2,14±0,04	6,2±0,1	109,3±2,1	44,5±0,2	28,4±1,3	27,7±1,6	
№3 (10 г) / №3 (10 g)	61,9±0,1	2,50±0,06	2,99±0,01	1,02±0,01	2,30±0,01	6,8±0,2	101,2±3,5	44,2±0,4	30,9±2,6	23,7±1,1	
Контроль / Control	60,2±0,4	2,70±0,02	2,95±0,04	1,10±0,01	2,20±0,02	5,7±0,1	104,2±2,2	44,1±0,3	20,7±1,7	29,8±1,2	
По окончании опыта / At the end of the experiment											
№1 (3 г) / №1 (3g)	63,5±0,10	2,62±0,01	3,00±0,02	1,28±0,01	2,90±0,01	5,6±0,2	99,1±2,1	45,1±1,0	28,8±1,2	22,5±1,1	
№2 (5 г) / №2 (5 g)	65,0±0,2*	2,41±0,07	3,16±0,04	0,99±0,01	2,51±0,02	7,2±0,3	110,0±2,1	46,5±0,5	29,2±1,8	26,9±1,3	
№3 (10 г) / №3 (10 g)	68,5±0,5*	2,61±0,02	3,09±0,05	1,05±0,01	2,27±0,01	7,9±0,5	105,0±3,1	52,7±1,8*	29,3±0,5	25,1±2,5	
Контроль / Control	61,9±0,1	2,59±0,03	3,10±0,01	1,03±0,01	2,50±0,01	6,1±0,1	102,1±2,2	45,0±1,1	20,1±0,4	24,1±2,1	

\* P<0,05 в сравнении с началом опыта / \*P <0.05 In comparison with the beginning of the experiment

Показатель среднесуточного прироста массы мышечной ткани в опытных группах свидетельствовал о влиянии фитоэкстракта на метаболические процессы в организме. Полученный результат позволил предположить наличие у исследуемого фитоэкстракта анаболической активности. В течение всего эксперимента у мышечной ткани всех групп отсутствовали какие-либо отклонения от нормы в поведении, приеме корма, воды, мочеиспускании и дефекации.

Влияние экспериментальной добавки на метаболические процессы в организме свиноматок оценивали по результатам исследования крови. Биохимические показатели крови свиноматок во всех группах не имели достоверных отличий в сравнении с началом опыта и между группами, в том числе и контрольной, находились в пределах физиологической нормы<sup>4</sup> (табл. 2.).

Достоверные изменения (P <0,05) обнаружили в крови у свиноматок 2 и 3 групп. Количество альбуминов возросло в 3 опытной группе на 19,2 %, содержание общего белка во 2 и 3 группах увеличилось на 7,0 и 10,6 % соответственно, однако они находились в пределах нормативных значений, в связи с чем данные отличия являлись не существенными. Показатели крови свиноматок в опытных группах, характеризующие метаболический статус организма, колебались в следующих границах: общий белок: 60,7±0,4-62,0±0,3 г/л; альбумины: 44,2±0,4-52,7±1,8 г/л; холестерин: 2,14±0,04-2,90±0,01 ммоль/л; Ca: 2,50±0,05-2,62±0,01 ммоль/л; P: 2,91±0,0-3,16±0,04 ммоль/л; Mg: 0,92±0,02-1,28±0,01 ммоль/л; АСТ: 27,6±2,4-29,3±0,5 ед/л; АЛТ: 23,7±1,1-26,9±1,3 ед/л; мочевина: 4,8±0,2-7,9±0,5 ммоль/л; креатинин: 101,2±3,5-110,0±2,1 мкмоль/л. В группе контрольных животных исследуемые биохимические показатели крови достоверно не отличались (P>0,05) от первоначальных данных.

Таким образом, исследуемые показатели крови, характеризующие обменные процессы в организме свиноматок, находились в границах нормы, что свидетельствовало об отсутствии у добавки каких-либо отрицательных свойств. На протяжении эксперимента осуществляли ежедневное наблюдение за клиническим состоянием свиноматок.

Животные обеих групп адекватно реагировали

<sup>4</sup>Шестакова А. А., Сапожников А. Ф., Вараксина Ж. В. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований в ветеринарной практике. Киров: Вятская ГСХА., 2009. 76 с.

на внешние раздражители, охотно принимали корм, видимые патологические отклонения со стороны желудочно-кишечного тракта (гастроэнтеральная дисфункция) и легких (бронхопульмональная дисфункция) отсутствовали.

Введение добавки в рацион супоросных свиноматок за 30 дней до опороса

оказало влияние на ряд клинико-физиологических показателей развития новорожденных поросят. Существенной разницы между исследуемыми показателями у поросят в опытных группах не установлено. В связи с этим после проведения статистической обработки результатов ( $M \pm m$ ), в таблице 3 представлены усредненные данные.

*Таблица 3 – Показатели клинико-физиологического статуса поросят / Table 3 – Indicators of the clinical and physiological status of piglets*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Опытные группы (n = 30) / Experimental groups (n = 30)</i>	<i>Контроль (n = 10) / Control (n = 10)</i>
Новорожденные, гол. / Newborns, heads	135±1,2*	127
Из них живые, гол. / Of which live, heads	125±2,1*	113
Отъемыши, гол. / Weaners, heads	119±1,3*	107
Сохранность к отъему, % / Survivability at weaning, %	95±1,4	94
Валовой прирост к отъему, кг / Gross increase by weaning, kg	974±2,1*	887
Вес поросят к отъему, кг / Weight of piglets by weaning, kg	8,2±0,1	8,2±0,1
Среднесуточный прирост к отъему, г / The average daily increase by weaning, g	302±2,4	306±2,3
Анаболический эффект в сравнении с контролем, % / Anabolic effect in comparison with control, %	98,7	100

\*P<0,05 в сравнении с контролем / \*P <0.05 compared with control

Поросята, родившиеся от свиноматок, получавших экспериментальную добавку, превзошли результат в контроле по ряду показателей. В 1 опытной группе новорожденных было на 5 поросят больше (+3,8 %), из них живых – на 9 голов (+7,5 %), валовой привес составил 953,5 кг (+6,3 %), сохранность к отъему – 96 % (+1,4 %); во 2 опытной группе родилось на 10 поросят больше (+7,3 %), в том числе живых – на 14 голов (+11 %), валовой привес составил 992,4 кг (+11,8 %), сохранность к отъему – 94,5 % (+0,5 %); в 3 опытной группе число новорожденных больше на 11 голов (+8,7 %), живых – на 14 голов (+12,3 %), валовой привес – 976,5 кг (+9,2 %), сохранность к отъему – 95,7 % (+1,1 %). Достоверные (P<0,05) отличия отмечены при сравнении между среднестатистическими показателями у поросят во всех трех опытных и контрольной группах.

Установлено, что количество новорожденных поросят в опытных группах на 6,2 % превышало аналогичное число в контроле (127 голов), из них живых – на 10,6 % (в контроле 113 голов), количество переданных к отъему – на 11,2 % (107 голов), валовой прирост в опытных группах оказался больше на

9,8 % (887 кг). Остальные исследуемые показатели поросят – средняя масса поросенка при передаче (8,2±0,1 кг), среднесуточный прирост (302±2,4 г), сохранность (95,4 %) – отличались от контроля (94 %) недостоверно (P>0,05).

Отсутствие анаболического эффекта у поросят опытных групп (98,7 %), в сравнении с контрольными животными (100 %), можно объяснить ограниченным сроком скармливания свиноматкам добавки. Добавка вводилась в рацион свиноматок только за 30 дней до ожидаемого опороса, в связи с чем эффект от ее влияния нивелировался в подсосный период выращивания молодняка. Тем не менее, ряд исследуемых показателей, регистрируемых у новорожденных животных (количество новорожденных, из них живых, число переданных к отъему, валовой прирост), свидетельствует о влиянии изучаемого продукта в период внутриутробного развития плода. Мониторинг клинического состояния поросят не выявил какого-либо негативного эффекта как в опытных, так и контрольной группах. Животные активно сосали вымя, диспепсические явления и бронхопульмональные патологии у поросят в подсосный период не установлены.

**Заключение.** Анаболический эффект зафиксирован после введения фитоэкстракта из комплекса трав (леuzeя, серпуха, лабазник) лабораторным мышам. Среднесуточный прирост мышей в опытных группах превысил результат в контроле на 20,8-48,5 % ( $P < 0,05$ ). Введение в рацион супоросных свиноматок добавки один раз в сутки в дозах от 3 до 10 граммов на голову в течение 30 дней до ожидаемого опороса не вызывало негативных изменений со стороны исследуемых биохимических показателей крови (общий белок, альбумины, холестерин, кальций, фосфор, магний, мочевины, креатинин, АЛТ, АСТ). Достоверные отличия в показателях крови

между животными опытных и контрольной групп отмечены только у свиней 2 и 3 групп. Количество альбуминов у свиней в 3 опытной группе возросло на 19,2 % (с  $44,2 \pm 0,4$  до  $52,7 \pm 1,8$  г/л), содержание общего белка во 2 группе – на 7,0 % (с  $60,7 \pm 0,4$  до  $65,0 \pm 0,2$  г/л) и 3 группе – на 10,6 % ( $61,9 \pm 0,1$  до  $68,5 \pm 0,5$  г/л) в сравнении с начальными данными ( $P < 0,05$ ). Средние статистические показатели физиологического статуса поросят, полученные от свиноматок опытных групп, превышали результат в контроле по количеству новорожденных, из них живых, переданных к отъему, валовому приросту.

#### Список литературы

1. Арушанян Э. Б., Бейер Э. В., Попов А. В., Наумов С. С. Психо и хронофармакологические особенности действия комплексного растительного препарата тонизид. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2011;(3):52-55.
2. Amsterdam J. D., Panossian A. G. *Rhodiola rosea* L. as a putative botanical antidepressant. Phytomedicine. 2016;23(7):770-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.02.009>
3. Cropley M., Banks A. P., Boyle J. The Effects of *Rhodiola rosea* L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms. Phytother Res. 2015;29(12):1934-1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>
4. Wang Z. Y., Liu J. G., Li H., Yang H. M. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. Am. J. Chin. Med. 2016;44(8):1525-1541. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27848250>
5. Лазарев Н. В., Люблина Е. И., Розин М. А. Состояние неспецифически повышенной сопротивляемости. Патфизиология и экспериментальная терапия. 1959;3(4):16.
6. Пилип Л. В., Ивановский А. А., Часовских О. В. Совместное применение фитоэкидстероидов и пробиотиков в свиноводстве. Киров, 2019. 176 с.
7. Башилов А. В. Применение *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim в рамках учения об адаптогенах. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2012;11(4):86-90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
8. Саратиков А. С., Краснов Е. А. Родиола розовая (золотой корень) Томск: ТГУ, 2004. 297 с.
9. Андреева С. Д., Ивановский А. А. Применение биоинфузина в ветеринарии. Успехи современного естествознания. 2014;(12-5):543-545. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22836796>
10. Gui Q. F., Xu Z. R., Xu K. Y., Yang Y. M. The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus: An Updated Systematic Review and Meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2016;95(6):258-264. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26871778>
11. Slama K. Vitamin D1 versus ecdysteroids: Growth effects on cell regeneration and malignant growth in insects are similar to those in humans. Eur. J. Entomol. 2019;116:16-32.
12. Parr M. K., Botre F., Nass A., Hengevoss J, Diel P., Wolber G. Ecdysteroids: a novel class of anabolic agents? *Biol Sport*. 2015;32(2):169-173. URL: [https://www.researchgate.net/publication/275209205\\_Ecdysteroids\\_A\\_novel\\_class\\_of\\_anabolic\\_agents](https://www.researchgate.net/publication/275209205_Ecdysteroids_A_novel_class_of_anabolic_agents)
13. Parr M. K., Ambrosio G., Wuest B., Mazzarino M., Torre X., Sibilila F., Joseph J. F., Diel P., Botrè F. Targeting the Administration of Ecdysterone in Doping Control Samples. *Forensic Toxicology*. 2020;38(1):172-184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-019-00504-y>
14. Ивановский А. А., Тимофеев Н. П., Копылов С. Н., Тимкина Е. Ю. Экидстероиды. Киров: Вятская ГСХА, 2012. 45 с.
15. Шалдаева Т. М., Высочина Г. И., Костикова В. А. Фенольные соединения и антиоксидантная активность некоторых видов *Filipendula* Mill. (Rosaceae). Вестник Воронежского Государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, 2018;(1):204-212. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2018/01/2018-01-26.pdf>
16. Пунегов В. В., Савиновская Н. С. Метод внутреннего стандарта для определения экидстероидов в растительном сырье и лекарственных формах с помощью ВЭЖХ. Растительные ресурсы. 2001;37(1):97-102. Режим доступа: [https://leuzea.ru/direct/leuzea\\_analysis-61.htm](https://leuzea.ru/direct/leuzea_analysis-61.htm)
17. Сорокина О. Н., Сумина Е. Г., Петракова А. В., Барышева С. В. Спектрофотометрическое определение суммарного содержания флавоноидов в лекарственных препаратах растительного происхождения. Известия Саратовского Университета. Новая Серия. Химия. Биология. Экология. 2013;13(3):8-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20863349>

#### References

1. Arushanyan E. B., Beyer E. V., Popov A. V., Naumov S. S. *Psikho i khronofarmakologicheskie osobennosti deystviya kompleksnogo rastitel'nogo preparata tonizida*. [Psycho-chrono-pharmacological features of the action of a complex herbal preparation of toniside]. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2011;(3):52-55. (In Russ.).
2. Amsterdam J. D., Panossian A. G. *Rhodiola rosea* L. as a putative botanical antidepressant. Phytomedicine. 2016;23(7):770-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2016.02.009>

3. Cropley M., Banks A. P., Boyle J. The Effects of *Rhodiola rosea* L. Extract on Anxiety, Stress, Cognition and Other Mood Symptoms. *Phytother Res.* 2015;29(12):1934-1939. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5486>
4. Wang Z. Y., Liu J. G., Li H., Yang H. M. Pharmacological Effects of Active Components of Chinese Herbal Medicine in the Treatment of Alzheimer's Disease: A Review. *Am. J. Chin. Med.* 2016;44(8):1525-1541. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27848250>
5. Lazarev N. V., Lyublina E. I., Rozin M. A. *Sostoyanie nespetsificheski povyshennoy soprotivlyaemosti*. [Condition of non-specifically increased resistance]. 1959;3(4):16. (In Russ.).
6. Pilip L. V., Ivanovskiy A. A., Chasovskikh O. V. *Sovmestnoe primeneniye fitoekddisteroidov i probiotikov v svinovodstve*. [The combined use of phytoecdysteroids and probiotics in pig farming]. Kirov, 2019. 176 p.
7. Bashilov A. V. *Primeneniye Filipendula ulmaria (L.) Maxim v ramkakh ucheniya ob adaptogenakh*. [Application of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim in the framework of the doctrine of adaptogens]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Medical University*. 2012;11(4):86-90. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18642721>
8. Saratikov A. S., Krasnov E. A. *Rodiola rozovaya (zoltoy koren')*. [*Rhodiola rosea* (golden root)]. Tomsk: TGU, 2004. 297 p.
9. Andreeva S. D., Ivanovskiy A. A. *Primeneniye bioinfuzina v veterinarii*. [Bioinfuzin's application in veterinary science]. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya*. 2014;(12-5):543-545. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22836796>
10. Gui Q. F., Xu Z. R., Xu K. Y., Yang Y. M. The Efficacy of Ginseng-Related Therapies in Type 2 Diabetes Mellitus: An Updated Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(6):258-264. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002584>
11. Slama K. Vitamin D1 versus ecdysteroids: Growth effects on cell regeneration and malignant growth in insects are similar to those in humans. *Eur. J. Entomol.* 2019;116:16-32.
12. Parr M. K., Botre F., Nass A., Hengevoss J., Diel P., Wolber G. Ecdysteroids: a novel class of anabolic agents? *Biol Sport*. 2015;32(2):169-173. URL: [https://www.researchgate.net/publication/275209205\\_Ecdysteroids\\_A\\_novel\\_class\\_of\\_anabolic\\_agents](https://www.researchgate.net/publication/275209205_Ecdysteroids_A_novel_class_of_anabolic_agents)
13. Parr M. K., Ambrosio G., Wuest B., Mazzarino M., Torre X., Sibilina F., Joseph J. F., Diel P., Botrè F. Targeting the Administration of Ecdysterone in Doping Control Samples. *Forensic Toxicology*, 2020;38(1):172-184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-019-00504-y>
14. Ivanovskiy A. A., Timofeev N. P., Kopylov S. N., Timkina E. Yu. *Ekdisteroidy*. [Ecdysteroids]. Kirov: *Vyatka Agricultural Academy*, 2012. 45 p.
15. Shaldaeva T. M., Vysochina G. I., Kostikova V. A. *Fenol'nye soedineniya i antioksidantnaya aktivnost' nekotorykh vidov Filipendula Mill. (Rosaceae)*. [Phenolic compounds and antioxidant activity of some species of the genus *Filipendula* Mill. (Rosaceae)]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya = Vestnik of Voronezh state agrarian university*. 2018;(1):204-212. (In Russ.). URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/chembio/2018/01/2018-01-26.pdf>
16. Punegov V. V., Savinovskaya N. S. *Metod vnutrennego standarta dlya opredeleniya ekdisteroidov v rastitel'nom syr'e i lekarstvennykh formakh s pomoshch'yu VEZhKh*. [The internal standard method for the determination of ecdysteroids in plant raw materials and dosage forms using HPLC]. *Rastitel'nye resursy = Rastitelnye Resursy* 2001;37(1): 97-102. (In Russ.). URL: [https://leuzea.ru/direct/leuzea\\_analysis-61.htm](https://leuzea.ru/direct/leuzea_analysis-61.htm)
17. Sorokina O. N., Sumina E. G., Petrakova A. V., Barysheva S. V. *Spektrofotometricheskoe opredelenie summarnogo sodержaniya flavonoidov v lekarstvennykh preparatakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya*. [Spectrophotometric analysis of the total contents of flavonoids in medical phytopreparations]. *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya Seriya. Khimiya. Biologiya. Ekologiya = Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2013;13(3):8-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20863349>

#### Сведения об авторах

✉ **Ивановский Александр Александрович**, доктор вет. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ветбиотехнологии, 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/0000-0002-2984-7219>, e-mail: [ivanovskii.1956@mail.ru](mailto:ivanovskii.1956@mail.ru)

**Латушкина Наталья Александровна**, кандидат вет. наук, научный сотрудник лаборатории ветбиотехнологии, 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/0000-0003-2208-5175>, e-mail: [ashatan26@mail.ru](mailto:ashatan26@mail.ru)

**Тимкина Елена Юрьевна**, кандидат с.-х. наук, ученый секретарь, 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/0000-0001-9335-5705>, e-mail: [timkina.elena@mail.ru](mailto:timkina.elena@mail.ru)

#### Information about the authors

✉ **Alexander A. Ivanovsky**, DSc in Veterinary science, leading researcher, Head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, 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: <http://orcid.org/0000-0002-2984-7219>, e-mail: [ivanovskii.1956@mail.ru](mailto:ivanovskii.1956@mail.ru)

**Natalya A. Latushkina**, PhD in Veterinary science, researcher, the Laboratory of Veterinary Biotechnology, 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/0000-0003-2208-5175>, e-mail: [ashatan26@mail.ru](mailto:ashatan26@mail.ru)

**Elena Yu. Timkina**, PhD in Agricultural science, scientific secretary, 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/0000-0001-9335-5705>, e-mail: [timkina.elena@mail.ru](mailto:timkina.elena@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

**ЗВЕРОВОДСТВО. ОХОТОВЕДЕНИЕ /  
FUR FARMING AND HUNTING**

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.605-613>  
УДК 591.522+591.526

**Формирование и современное состояние популяции бобров в горах Кузнецкого Алатау, Южная Сибирь**

© 2020. И. П. Тренков<sup>1</sup>, А. П. Савельев<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>ФГБУ «Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», г. Междуреченск, Кемеровская обл., Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени проф. Б. М. Житкова», г. Киров, Российская Федерация

*Проанализирована хронология исчезновения и восстановления евразийских бобров в Кемеровской области. Истребленные здесь в конце 18 века бобры были реинтродуцированы 60 лет назад. В качестве племенного материала были использованы звери, имеющие воронежское, смоленское и белорусское происхождение. Указаны этапы формирования популяции *Castor fiber* с помощью искусственного и естественного расселения и векторы дисперсии по основным речным бассейнам региона. Начальный этап формирования кузбасской популяции длился более 30 лет, до 1995 г. Тогда произошло формирование, укрупнение и смыкание изолированных колоний в мета-популяцию. Зверьки активно расселялись и осваивали наиболее благоприятные уголья. Второй период, длившийся почти 20 лет, условно можно разделить на три этапа бурного роста численности, которые чередовались с этапами относительной стабилизации. За это время бобры заселили все крупные речные бассейны, начали осваивать антропогенные ландшафты и стали появляться в границах населенных пунктов. Сделана оценка современного пространственного распределения бобров в условиях предгорий Южной Сибири. На модельной территории на востоке Кузбасса – заповедник «Кузнецкий Алатау» и прилегающие районы – показана динамика освоения бобрами горных водотоков при отсутствии и/или минимальном давлении охотничьего пресса. Важную роль в формировании современной кузбасской популяции сыграли специализированные бобровые заказники. Теперь бобры сформировали устойчивые поселения даже в зоне субальпийских лугов на высоте до 1350 м н. у. м. и мигрируют через горные перевалы в пределы Красноярского края и Республики Хакасия. Современная численность бобров в регионе превышает 18000 особей, однако этот важный охотничий ресурс осваивается недостаточно эффективно. При сохранении такой тенденции, поддерживаемой слабой экономической заинтересованностью охотников, дальнейшее развитие кузбасской популяции евразийского бобра будет в большей степени определяться природными факторами.*

**Ключевые слова:** евразийский бобр, *Castor fiber*, динамика популяции, численность

**Благодарности:** исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 18-34-00457 для ИПТ) и РНФ (проект № 18-14-00093 для АПС).

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

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

**Для цитирования:** Тренков И. П., Савельев А. П. Формирование и современное состояние популяции бобров в горах Кузнецкого Алатау, Южная Сибирь. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):605-613. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.605-613>

Поступила: 26.05.2020

Принята к публикации: 08.10.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

**The formation and current state of the beaver population in the Kuznetskiy Alatau Mountains, South Siberia**

© 2020. Ivan P. Trenkov<sup>1</sup>, Alexander P. Saveljev<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>State Nature Reserve «Kuznetskiy Alatau», Mezhdurechensk, Kemerovo region, Russian Federation,

<sup>2</sup>Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russian Federation

*The chronology of extinction and restoration of the Eurasian beaver population in the Kemerovo region is analyzed. The beavers exterminated at this territory at the end of the 18th century were reintroduced 60 years ago. The animals of Voronezh, Smolensk and Belarusian origin were used as the pedigree material. The stages of formation of the *Castor fiber* population through artificial and natural resettlement and the vectors of dispersion over the main rivers of the region are investigated. The first stage of formation of the Kuzbass population lasted more than 30 years, until 1995. There was the formation, enlargement and closure of isolated colonies into a meta-population. The animals actively settled and developed the most favorable habitats. The second period, which lasted almost 20 years, can be conveniently classified into three stages of rapid growth in numbers, which alternated with stages of relative stabilization. During this time, beavers settled in all large*

river basins, began to explore anthropogenic landscapes and began to appear near of human settlements. The assessment of the current spatial distribution of beavers in the conditions of the foothills of southern Siberia is made. On the model territory in the east of Kuzbass - the Kuznetskiy Alatau Nature Reserve and adjacent areas - the dynamics of the development of mountain streams by beavers in the absence and/or minimum hunting pressure is shown. Specialized protected area have played an important role in the formation of the modern Kuzbass beaver population. Now beavers have formed stable settlements even in the zone of subalpine meadows at altitudes up to 1350 m a. s. l. and migrate through mountain passes to the Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia. The current population of the Eurasian beavers in the Kuzbass exceeds 18,000 individuals, however, this important hunting resource is not exploited efficiently enough. If this trend persists, supported by the weak economic interest of trappers, the further development of the Kuzbass population of the Eurasian beaver will largely be determined by natural factors.

**Keywords:** Eurasian beaver, *Castor fiber*, population dynamics, abundance

**Acknowledgment:** the research was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 18-34-00457 (for IPT) and by Russian Science Foundation, project No. 18-14-00093 (for APS).

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:** Trenkov I. P., Saveljev A. P. The formation and current state of the beaver population in the Kuznetskiy Alatau Mountains, South Siberia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5): 605-613. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.605-613>

Received: 26.05.2020

Accepted for publication: 08.10.2020

Published online: 22.10.2020

Евразийский бобр (*Castor fiber*), некогда ценный промысловый зверь, был практически полностью истреблен на территории нашей страны вследствие неумеренной охоты. Это затронуло и современную Кемеровскую область, к тому моменту – богатый «мяжкой рухлядью» Кузнецкий уезд Томской губернии на юге Сибири. Начавшийся затем масштабный процесс искусственного расселения животных на «пустующие» территории привел к впечатляющим результатам: бобры заново освоили большую часть прежнего ареала и, более того, достигли промысловой численности [1, 2]. К сегодняшнему дню мировые ресурсы евразийского бобра оцениваются в 1,5 миллиона особей, половина из которых находится в пределах России [3].

Во многих районах нашей страны процесс восстановления этого важнейшего охотничьего ресурса и последующего его хозяйственного освоения проходил под контролем ученых и охотслужб. Огромную роль в изучении и сохранении евразийского бобра сыграли заповедники и заказники.

В восстановлении бобра в Кузбассе определяющее значение имела созданная система ООПТ (особо охраняемые природные территории): специализированные заказники, организованные в местах первых выпусков, стали своеобразными очагами дальнейшего естественного расселения бобров. Заметную роль в охране бобрового поголовья также сыграл созданный в 1989 году Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау». Однако целенаправленное изучение бобров в среднегорьях южной Сибири было начато лишь в последние годы.

*Район исследований.* Заповедник «Кузнецкий Алатау» (54° с. ш., 87-88° в. д.) распо-

ложен в центральной части одноименного хребта, являющегося частью Кузнецкого нагорья, и занимает около 5 % восточной территории Кемеровской области в границах трех административных районов: Тисульского, Новокузнецкого и Междуреченского. Площадь заповедника составляет 412 900 га (рис. 1) [4].

Среднегодовая температура воздуха в этом регионе Кузбасса составляет 0,4 °С, среднесуточная температура зимой – 14,1 °С, летом +17,8 °С. Максимальная зарегистрированная температура +32,5 °С, минимальная – минус 38,2 °С. Сумма осадков за год составляет 1043,7 мм, наибольшее их количество выпадает осенью (453,2 мм). Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в зависимости от высоты местности достигает 6-8, иногда даже 9 месяцев. Толщина снежного покрова у верхней границы леса может достигать 3-4 м и более. Исследуемый район относится к Салаирско-Кузнецкой подпровинции темнохвойной черневой тайги и отличается разнообразием растительного покрова, обусловленным проявлением как высотной поясности, так и широтной зональности. Гидрологическая сеть Кузнецкого Алатау хорошо развита. Главный водораздел хребта проходит, в основном, между бассейнами рек Томь и Чулым, которые принадлежат к системе реки Обь. Реки западного макросклона имеют V-образные поперечные профили и отличаются крутым падением. Нередко они текут по коренным породам, образуя пороги и водопады [4]. Наиболее крупными водными артериями заповедника являются Кия (бассейн реки Чулым), Нижняя, Средняя и Верхняя Терсь, Уса (бассейн реки Томь), Средняя Маганакова (бассейн реки Средняя Терсь).

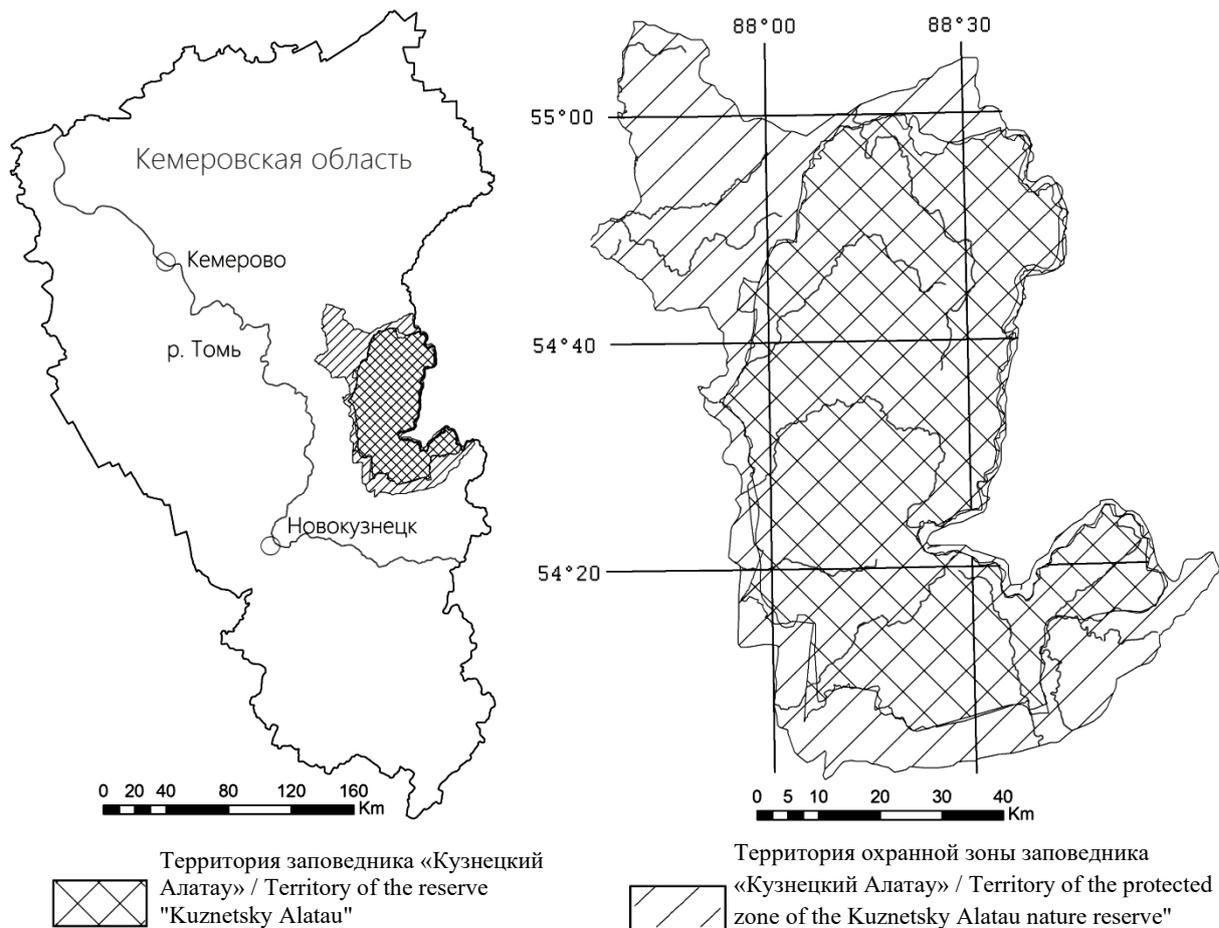


Рис. 1. Заповедник «Кузнецкий Алатау» и его расположение в пределах Кемеровской области /  
Fig. 1. The Kuznetskiy Alatau Nature Reserve and its location within the Kemerovo Region

**Цель исследований** – анализ хронологии исчезновения и восстановления кузбасской популяции бобров. Выявить современные тренды развития и экологические особенности этой группировки на южной периферии сибирской части видового ареала *Castor fiber*.

**Материал и методы.** Многолетние данные по численности бобров на территории Кемеровской области получены в результате анализа всех доступных источников: ведомственных материалов, научных трудов, ежегодных Государственных докладов «О состоянии окружающей среды Кемеровской области»<sup>1</sup> и Летописи природы ГПЗ «Кузнецкий Алатау»<sup>2</sup>.

Оригинальный материал был нами собран в течение 2010-2019 гг. при обследовании бассейнов всех крупных рек заповедника и прилежащих территорий. Учет проводили эколого-статистическим методом [5]. Реги-

стрировали все бобровые сооружения: плотины, норы, хатки и другие формы их средообразующей деятельности (тропы, вылазы, места заготовки корма). В труднодоступных поселениях при невозможности подсчитать все следы жизнедеятельности бобров использовали метод определения мощности поселений. Для определения возрастного состава семей применяли морфо-экологический метод [5]. Проведена попытка определить количественный и возрастной состав бобровых семей с помощью фотоловушек, устанавливаемых на плотинах и около входов в жилища, и портативной видеокамеры, помещаемой внутрь жилищ бобров [6]. Координаты поселений регистрировали с помощью GPS. Картографирование и анализ пространственного размещения поселений бобров выполнены в среде ArcGIS 10.

<sup>1</sup>Доклады о состоянии окружающей среды Кемеровской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecokem.ru/doklady-o-sostoyanii-okruzhayushhej-sredy-kemerovskoj-oblasti> (дата обращения 25.03.2020).

<sup>2</sup>Летопись природы ГПЗ «Кузнецкий Алатау». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kuzalatau.ru/letopis> (дата обращения 30.03.2020).

*Результаты и их обсуждение.* О том, что бобры некогда широко населяли Кузнецкую котловину и прилегающие горные районы свидетельствует факт наличия в топонимике региона географических объектов, в названии которых есть корень «бобр»: гора Бобровая, реки Большая и Малая бобровая, Бобровая и Бобровка, озеро Бобровое. Важнейший приток Томи – река Кондома, возможно, также берет свое название от тюркского «кондус» – бобр [7].

Бобры населяли пределы Кузнецкого уезда вплоть до конца XVII века, но в начале следующего века поселенцы начали интенсивно добывать бобров, что привело к сокращению поголовья. Временной рубеж, когда бобры были полностью истреблены с территории современного Кузбасса, – конец XVIII века [8].

Процесс восстановления поголовья бобров в Кемеровской области хорошо задокументирован. Ниже мы приводим его краткое описание на основании следующих наиболее важных работ [1, 9, 10]. Реинтродукция началась в 1960 г. с выпуска на реке Антибес (приток реки Кия) 30 зверьков воронежского происхождения. В том же году по рекам Китат и Куербак (впадают в реку Яя за пределами области) был проведен выпуск 32 бобров из Смоленской области.

К 1970 году сформировалась антибесская колония бобров (по реке Антибес с притоками Комура и Сулуй) с 220-230 бобрами. Однако устойчивый рост численности в Антибесском заказнике отмечается лишь с 2002 г.

В системе реки Яя, по данным учета 1962 года, поголовье бобров составляло 50-70 особей. К 1970 году в яйском очаге сформировалась китатская бобровая колония (по рекам Куербак, Катат, Китат), в которой в 1968 году было выявлено 25 поселений со 114 бобрами.

В бассейне реки Томь сформирован очаг воронежского происхождения: в 1961 г. расселены 25 бобров по реке Верхняя Маганакова (приток реки Верхняя Терсь, бассейн реки Томь), в 1962 г. по притокам Томи – Нарык и Бунгарап выпущены 36 и 22 зверька соответственно [10].

В томском очаге к 1970 году обособились три бобровые колонии: бунгарапская, в которой при выборочном учете выявлено 24 бобровых поселения (в том числе половина сильных и очень сильных) со 120-125 бобрами; верхне-терсинская с не менее чем 40 поселениями со 150-180 бобрами, в том числе по реке Верхняя Маганакова – 100-150 бобров в 27 по-

селениях, р. Паршучихе – 12 бобров в трех поселениях; нарыкская с 56 поселениями, в которых определено 250-300 бобров. Из томского очага, предположительно в 70-х гг., зверьки проникли в бассейн реки Иня (приток Оби).

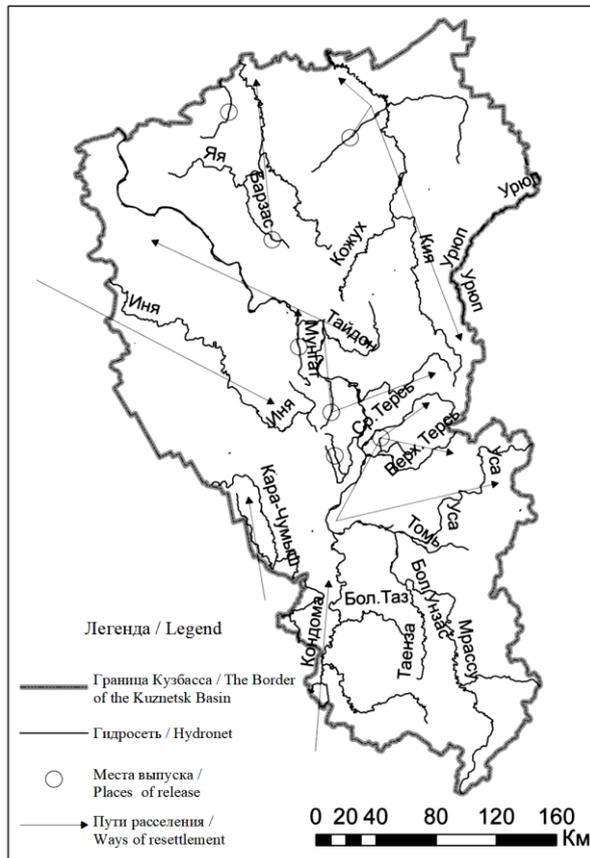
В 1963 г. по реке Сара-Чумыш бобры проникли в Кемеровскую область из Солтонского района Алтайского края (здесь в 1955 году было выпущено 22 особи из Белоруссии). Зверьки, не образуя сплошных поселений, спустились вниз по течению реки Сары-Чумыш до с. Ляпино (Кемеровская обл.), поселились семьями по 5-6 зверей на глубоких плесах. Исследуя характер распределения популяции во время осеннего учета 1975 г., Н. Н. Михайлова (Каучакова) отмечала преимущественно изолированные друг от друга маломощные поселения с большим числом одиночек. Однако к 1978 г. было отмечено слияние отдельных поселений и образование колоний. К этому времени образовалась Сары-Чумышская мета-популяция, включающая в себя три группировки: Чумышскую, Бенжерепскую, Сары-Чумышскую [11]. Средняя плодовитость самок в этом районе была довольно высокой и составляла  $2,33 \pm 0,24$  детеныша [12], что подтверждает возможность такого быстрого развития популяции.

В конце 1960-х гг. из бассейна реки Нени (Алтайский край) бобры воронежского происхождения, перейдя водораздел, появились на реке Антроп (приток реки Кондома).

В 1970-х годах в регионе неоднократно проводили внутриобластное переселение бобров: с Антибесского, Бунгарапско-Ажендаровского и Нарыкского заказников на реке Барзас выпущено 28 бобров, а с Верхней Терси на реке Мунгат переселили еще 23 зверя.

Мы не располагаем точными сведениями о времени заселения бобрами речных бассейнов юго-востока Кузбасса, но можно предполагать, что в бассейне реки Уса бобры поднялись из реки Томь, а в бассейн реки Мрассу зверьки, вероятнее всего, проникли из бассейна реки Кондома, в месте наибольшей близости притоков этих рек (Большой Унзас и Большой Таз). Летописи природы заповедника «Кузнецкий Алатау» свидетельствуют, что в 2004 г. в среднем течении реки Мрассу и по реке Большой Унзас сформировалось уже 10 поселений бобров, следы их жизнедеятельности обнаружены выше по течению, в районе устья реки Ортон. Проникновение бобров в верховья реки Мрассу было возможным также из Алтайского края, с верховий реки Лебедь,

где зверьки освоились к 1990-м годам [13]. Теперь можно констатировать, что спустя 60 лет с момента первой интродукции бобр заселили все речные системы Кемеровской области (рис. 2).



**Рис. 2. Места интродукции и основные векторы естественного расселения бобров в Кузбассе.**

**Пояснения в тексте /**

**Fig. 2. The places of introduction and the main vectors of the natural resettlement of beavers in Kuzbass.**

**Explanations in the text**

Ключевым фактором сохранности вселенцев явилась система ООПТ: практически во всех местах выпусков зверьков были созданы видовые (бобровые) заказники. Ниже мы приводим [14] их краткий перечень.

В 1964 году в местах первых выпусков учреждены Антибесский (бассейн реки Кия), Китатский (бассейн реки Яя) и Бунгарапско-Ажendarовский (бассейн реки Иня) заказники. В 1972 г. в бассейне реки Яя был создан заказник Барзасский. В 1975 г., в целях сохранения самостоятельно сформировавшейся в бассейнах рек Сары-Чумыш и Бенжереп популяции бобров, был организован еще и Сары-Чумышский заказник, ликвидированный позднее в связи с выполнением своей функции по охране объектов животного мира. В 1977 г. был учрежден Нарыкский заказник по рекам Черневой

и Еланный Нарык (ликвидирован в 1998 г. в связи с началом угольных разработок). В 1979 г. в нижнем течении р. Верхняя Терсь основан Терсинский заказник, который тоже был позднее ликвидирован, так как попал в зону лесозаготовок.

Популяция бобров на территории Кемеровской области, по данным Службы урожая ВНИИОЗ [2], теперь оценивается в 18,7 тыс. особей. Ее динамика представлена на рисунке 3. Однако системное рациональное использование созданных в результате кропотливой работы ценных пушных ресурсов так и не было организовано. И до сегодняшнего времени уровень использования ресурсов бобра в Кузбассе остается низким. Количество ежегодно добываемых в Кемеровской области бобров (с учетом нелегальных) не превышает 400 особей, а промысловая нагрузка не достигает 3,5 % [15]. Как видим, по приведенным выше данным, в итоге это привело к включению популяционных механизмов саморегуляции.

В ряде капитальных работ показано, что формирующаяся бобровая популяция проходит в своем развитии следующие основные этапы: начальной низкой численности, быстрого роста, стабилизации численности и, в некоторых случаях, депрессии [5, 16, 17, 18]. Анализ кузбасской ситуации показывает, что на юге Сибири первый период развития популяции длился более 30 лет (с момента выпуска и примерно до 1995 г.). На этом этапе произошло формирование, укрупнение и смыкание изолированных колоний в мета-популяцию. Зверьки активно расселились и осваивали наиболее благоприятные угодья.

Второй период развития кузбасской популяции условно можно разделить на три этапа бурного роста численности, чередовавшихся с этапами относительной стабилизации. Первый этап (1995-1998 гг.) охарактеризован четырехкратным ростом поголовья, второй (2001-2004 гг.) – в 1,75 раза и третий (2008-2012 гг.) – в 1,5 раза. За это время произошло слияние отдельных очагов, бобры освоили все крупные речные бассейны, начали осваивать антропогенные ландшафты и стали появляться в границах населенных пунктов. Они начали заселять даже угодья с низким классом бонитета (верховья горных рек). Это – ясное свидетельство перенаселенности территории. Бобры сформировали устойчивые поселения даже в зоне субальпийских лугов на высоте до 1350 м н. у. м. и мигрируют через горные перевалы в

пределы Красноярского края и Республики Хакасия. Так, в Летописях природы имеются данные о поселениях в истоках реки Кибрасс (левый приток р. Уса, 1340 м н. у. м.), реки Серебряный (левый приток р. Верхняя Терсь, 1230 м н. у. м.). Отмечено расселение на прилегающие к заповеднику территории. Например, в 1997 году бобры преодолели горный водораздел и оказались на реке Карасук в Красноярском крае,

а в 1998 г. проникли на реку Черный Июс (Республика Хакасия). Еще один взрослый бобр в ноябре 2001 г. преодолел по снегу водораздел Кузнецкого Алатау и мигрировал в пределы Республики Хакасия, в бассейн р. Юзик.

Вследствие развития таких популяционных процессов в последние годы увеличения численности бобров в Кузбассе не происходило (рис. 3).

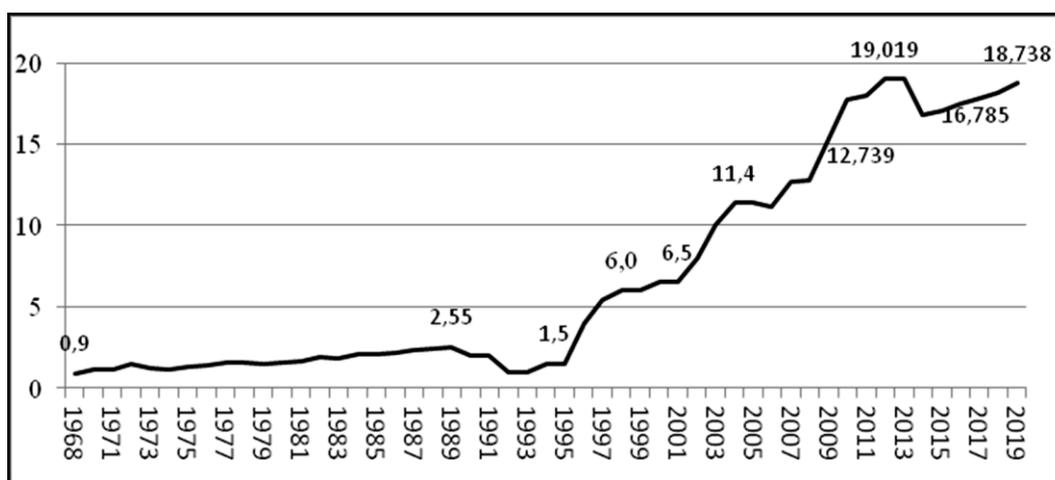


Рис. 3. Динамика развития кузбасской популяции *Castor fiber* (тыс. особей) /  
Fig. 3. Development of the *Castor fiber* population in Kuzbass region (x 1000)

Ниже приводится описание развития заповедной популяции по отдельным речным бассейнам (рис. 4).

**Кия.** Источником расселения бобров является антибесская колония. Современную территорию заповедника зверьки заселили в середине 80-х гг. (опросные данные), но в процессе опромышления были практически полностью истреблены. Повторное заселение началось в начале 90-х гг. К 1999 году на реках Растай и Безымянка (среднее течение) учтено по одной семье, на реке Бобровка (верхнее течение), имеющей высокий класс бонитета, учтено 10 сильных семей. К 2004 году бобры широко распространились вверх почти до истоков Кии и по основным притокам рек Растай, Безымянка, Тункас, Татарка.

По нашим данным, относящимся к 2016-2019 гг., по одному поселению размещено на реках Тункас, Малая Безымянка, Бол. Церковная и Павловский, три семьи на реке Безымянка, 4 – на реках Растай и Татарка, 8 поселений – на реке Бобровка, 9 – в русле р. Кия. На р. Растай в основном слабые семьи в 1-3 бобра, на реке Татарка – средние в 4-6 зверьков, в бассейне реки Бобровка – сильные в 6-7 особей. В основном русле Кии семьи имеют различную мощность. Общая численность бобров составила 128 особей.

**Нижняя Терсь.** Заселение бобрами произошло из бунгарапского очага. Если в 1993 г. здесь регистрировали одну семью, то в 1999 г. – 4, в 2006 г. – 8 семей. В ходе исследований 2013-2016 гг. в среднем течении реки Нижняя Терсь обнаружены три сильных поселения по реке Широкая и восемь – в основном русле. В верховьях: по устьям руч. Никольский, Широкий, Мал. Церковный, Филиппов, 2 поселения в основном русле. В крупном притоке Нижняя Терсь – реке Полудневая: 4 поселения по устьям основных притоков, 2 – в основном русле. Общая численность составила 80 особей.

**Средняя Терсь.** Низовья реки заселены бобрами маганакской колонии. По притокам реки Верхняя Терсь бобры, перейдя водораздел, зашли в реку Средняя Терсь. Одно поселение известно с 1973 г. на старице Гусиной в 4-5 км от поселка Мутный. На территории заповедника с 1993 г. известно поселение по реке Воскресенка (верх. реки Средняя Терсь). В 1994 году здесь появилось еще одно поселение с двумя бобрами.

В 2000 г. были обнаружены поселения по рекам Бол. Камзас, Кедровка, Тараканиха, Лев. Амбарная, Андреевка, еще четыре поселения в основном русле Средней Терси. Все поселения отнесены к категориям «слабые» или «средние».

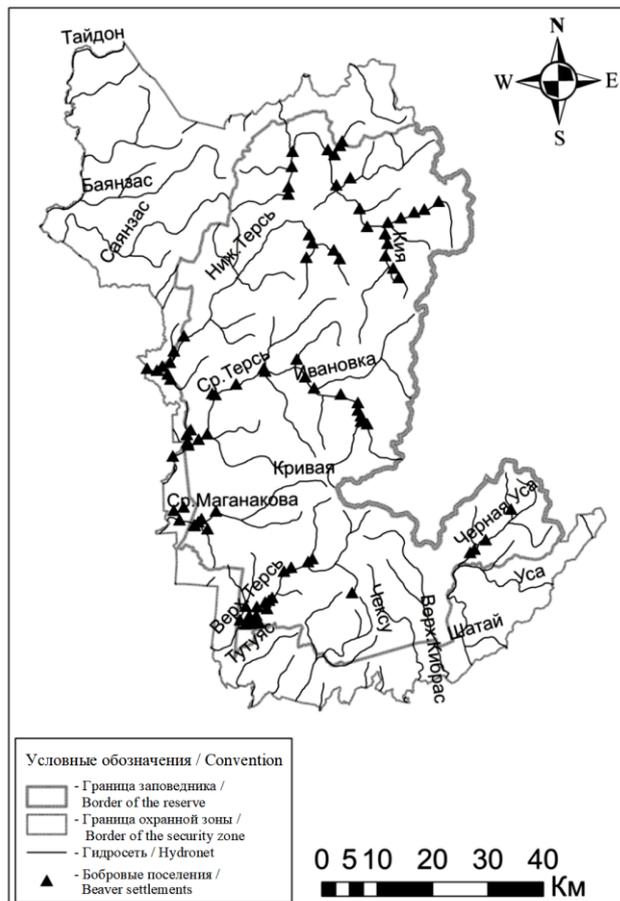


Рис. 4. Современное размещение бобровых поселений на горных реках заповедника «Кузнецкий Алатау» /  
Fig. 4. Current localization of beaver settlements in the mountain rivers of the Kuznetskiy Alatau Nature Reserve

В 2015 г. на р. Средняя Терсь учтены поселения в по рекам Бол. Камзас, Налиминка, Изас, Налимовка, Поповка, Александровка, Большая Александровка, Прав. Амбарная, Андреевка, Правая и Левая Крестовка, Красная Речка, Ивановка, руч. Залесенный, 2 поселения на руч. Кедровка, 6 поселений в русле реки Средняя Терсь, 5 поселений в верховьях Средней Терси – на р. Воскресенка и в заброшенных старательских карьерах. Численность бобров на Средней Терси составляет 120 особей.

**Средняя Маганакова.** Бобры проникли из реки Средняя Терсь в начале 70-х гг. (опросные данные). При учете 2016 года обнаружены поселения по рекам Грязнулиха, Гореловая, Березовая, 2 поселения в реке Рассоха. В основном русле реки – 4 поселения. Общая численность – 30 бобров.

**Верхняя Терсь.** Бобры расселились из маганакской колонии. Первые зверьки появились на территории заповедника в 80-х гг. При учете 2000 г. обнаружены поселения по рекам Таловка, Пихтовка, Терехта, Шат, руч. Навес. В основном русле реки – 6 поселений.

При обследовании реки в 2016 г. по одному поселению обнаружено по рекам Серебряный, Терехта, Ишкишатай, Нижний Шатай, руч. Навес, 2 семьи – по рекам Таловка и Шат, 4 поселения – в русле реки Верхняя Терсь, 6 бобровых семей – на р. Пихтовка. Численность составила 72 особи.

**Черная Уса.** При учете 2018 года нами обнаружено по одному поселению на реках Гашков Ключ, Подкамышка, 2 поселения – в русле Черной Усы. Все поселения существуют не дольше 8 лет. Численность – 12 особей.

Общая численность бобров в заповеднике «Кузнецкий Алатау» в 2019 г. составила 442 особи. Средний размер семьи бобров для исследуемой территории нами определен как 3,42.

**Итоги и прогноз развития популяции Кузнецкого Алатау.** Заповедная популяция, как и в целом кузбасская, прошла в своем развитии несколько стадий. В начале 1990-х гг. произошло заселение наиболее благоприятных мест обитания, появились первые мигранты в верховьях рек Кия и Средняя Терсь. За следующие пять лет наблюдался бурный рост численности, сопровождаемый заселением всех пригодных угодий, этому способствовали отсутствие хищничества, трофических конкурентов и охотничьего пресса [19, 20]. Как правило, бобры заселяют устья мелких рек и селятся в руслах крупных рек в местах с благоприятным гидрорежимом (в нижнем течении, рис. 4). Русла рек Кия и Средняя Терсь имеют не такое крутое падение, как другие реки заповедника, а также достаточную ширину русла, что позволяет бобрам равномерно селиться с самых верховий. За этот период зверьки широко заселили все водоемы заповедника и даже стали мигрировать через горные водоразделы на прилежащие территории, что свидетельствует о перенаселенности угодий. Современная фаза развития популяции характеризуется стабилизацией численности. Основу популяции составляют «старые» поселения, в наиболее благоприятных угодьях.

**Выводы.** Истребленные на современной территории Кемеровской области еще в конце XVIII в. бобры были реинтродуцированы в 1960-х гг. Процесс активного естественного расселения по территории Кузбасса растянулся на десятилетия. Вплоть до середины 1990-х гг. происходил устойчивый рост численности и заселения бобрами благоприятных угодий Кемеровской области с последующим проникновением в низкобонитетные угодья. В последние годы в регионе регистрируется неко-

торый спад темпов роста и соответственно численности, что свидетельствует о действии популяционных механизмов саморегуляции. Это согласуется с общим развитием современной популяции *Castor fiber* на Евразийском континенте [3]. В регионе, богатом ценнейшим соболем, наладить рациональное и неистощительное использование бобровых ресур-

сов не удастся. Если такая тенденция, поддерживаемая слабой экономической заинтересованностью охотников, сохранится, то дальнейшее развитие кузбасской популяции евразийского бобра будет в большей степени определяться природными факторами: погодными-климатическими, геоморфологическими и кормовыми.

#### Список литературы

1. Павлов М. П., Корсакова И. Б., Тимофеев В. В., Сафонов В. Г. Акклиматизация охотничье-промысловых зверей и птиц в СССР. Часть 1. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во. 1973; 536 с.
2. Колесников В. В., Пиминов В. Н., Экономов А. В., Шевнина М. С., Макарова Д. С., Стрельников Д. П., Синицын А. А., Скуматов Д. В., Тужаров Е. С., Машкин В. И., Панкратов А. П., Козловский И. С. Многолетние изменения и распределение ресурсов основных видов охотничьих животных России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(6):56-61. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/87>
3. Halley D. J., Saveljev A. P., Rosell F. Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor Canadensis* in Eurasia. Mammal Review. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/mam.12216>
4. Заповедники Сибири. М.: Логата, 2000. Т. 2. 320 с.
5. Дьяков Ю. В. Бобры европейской части Советского Союза (морфология, экология, пути и методы хозяйственного использования). Смоленск: Московский рабочий, 1975. 480 с.
6. Trenkov I. P. Portable videocameras used to study beavers – first experiences from Southern Siberia. Beavers – from genetic variation to landscape-level effects in ecosystems: 7<sup>th</sup> Int. Beaver Symp. Book of Abstracts. Voronezh, 2015. pp. 67. URL: [http://zapovednik-vrn.ru/images/cms/content/press-center/naych\\_publicacii/book\\_of\\_abstracts.pdf](http://zapovednik-vrn.ru/images/cms/content/press-center/naych_publicacii/book_of_abstracts.pdf)
7. Панченко А. А. Охотничья фауна Кузбасса. Новокузнецк, 2004. 161 с.
8. Треньков И. П. О времени исчезновения бобра (*Castor fiber* L.) с территории Кемеровской области. Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров: ВНИИОЗ, 2012. С.196-197.
9. Жданов А. П. Современное состояние бобровых очагов в Западной Сибири, перспективы роста в них численности зверей и возможности использования отдельных популяций. Труды Воронежского заповедника. 1969;16:79-84. Режим доступа: <https://yadi.sk/i/wfLqjQOtiPqF>
10. Жданов А. П. Состояние запасов и перспективы воспроизводства бобров в Западной Сибири. Труды Воронежского заповедника. 1975; 21(1): 79-84. Режим доступа: <https://yadi.sk/i/wbJWJKFpiiQz3>
11. Кауцакова Н. Н., Хомутов С. Н. Пространственно-структурные формы существования Сары-Чумышской популяции речных бобров. Природа и экономика Кузбасса. Новокузнецк, 1980. С. 77-79.
12. Конохов Е. Н. Плодовитость ондатры и речного бобра в Западной Сибири. Рационализация хозяйственного использования биологических ресурсов Западной Сибири. Тюмень, 1988. С. 66-67.
13. Собанский Г. Г. Расселение речного бобра на Алтае. Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров: ВНИИОЗ, 2012. С. 194-195.
14. Алябьева Г. Н., Овсянникова С. В., Вихрова Е. Н. Особо охраняемые территории Кемеровской области. Федеральное и региональное законодательство. Новокузнецк: ОАО «Новокузнецкий полиграфкомбинат», 2005. 90 с.
15. Треньков И. П. Состояние бобрового промысла в Кемеровской области. Млекопитающие Северной Евразии: жизнь в северных широтах: матер. Межд. науч. конф. Сургут: ИЦ СурГУ, 2014. С. 219.
16. Hartman G. Long-term population development of a reintroduced beaver population in Sweden. Conservation Biology. 1994;8(3):713–717. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08030713.x>
17. Parker H., Rosell F. Rapid rebound in colony number of an over-hunted population of Eurasian beaver *Castor fiber*. Wildlife Biology. 2014;20(5):267–269. DOI: <https://doi.org/10.2981/wlb.00040>
18. Дворников М. Г. Популяционные особенности поселений бобров средней части бассейна реки Вятка. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(4):63-68. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/58>
19. Баранов П. В., Васильченко А. А., Васильченко А. А. Материалы к распространению и численности бобра в горах Кузнецкого Алатау. Мониторинговые исследования в заповедниках южной Сибири: матер. науч. конф., посвященной 10-летию организации заповедника «Кузнецкий Алатау». Кемерово, 2000. С. 131-135.
20. Треньков И. П. Факторы, лимитирующие численность бобров в заповеднике «Кузнецкий Алатау». Труды Тигирекского заповедника. Барнаул. 2015;7:276-279.

#### References

1. Pavlov M. P., Korsakova I. B., Timofeev V. V., Safonov V. G. *Akklimatizatsiya okhotnich'e-promyslovykh zverey i ptits v SSSR*. [Acclimatization of hunting and commercial animals and birds in the USSR]. Part. 1. Kirov: *Volgo-Vyatskoe kn. izd-vo*, 1973. 536 p.
2. Kolesnikov V. V., Piminov V. N., Ekonomov A. V., Shevnina M. S., Makarova D. S., Strel'nikov D. P., Sinitsyn A. A., Skumatov D. V., Tuzharov E. S., Mashkin V. I., Pankratov A. P., Kozlovskiy I. S. *Mnogoletnie izmeneniya i raspredelenie resursov osnovnykh vidov okhotnich'ikh zhivotnykh Rossii*. [Perennial changes and distribution of resources the main species of hunting animals of Russian]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2016;(6):56-61. (In Russ.) URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/87>
3. Halley D. J., Saveljev A. P., Rosell F. Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia. Mammal Review. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/mam.12216>
4. *Zapovedniki Sibiri*. [Reserves of Siberia]. Moscow: *Logata*, 2000. Vol. 2. 320 p.

5. D'yakov Yu. V. *Bobry evropeyskoy chasti Sovetskogo Soyuz (mor-fologiya, ekologiya, puti i metody khozyaystvennogo ispol'zovaniya)*. [Beavers of the European part of the Soviet Union (morphology, ecology, ways and methods of economic use)]. Smolensk: *Moskovskiy rabochiy*, 1975. 480 p.
6. Trenkov I. P. Portable videocameras used to study beavers – first experiences from Southern Siberia. Beavers – from genetic variation to landscape-level effects in ecosystems: 7th Int. Beaver Symp. Book of Abstracts. Voronezh, 2015. pp. 67. URL: [http://zapovednik-vrn.ru/images/cms/content/press-center/naych\\_publicacii/book\\_of\\_abstracts.pdf](http://zapovednik-vrn.ru/images/cms/content/press-center/naych_publicacii/book_of_abstracts.pdf)
7. Panchenko A. A. *Okhotnich'ya fauna Kuzbassa*. [Hunting fauna of Kuzbass]. Novokuznetsk, 2004. 161 p.
8. Tren'kov I. P. *O vremeni ischeznoveniya bobra (Castor fiber L.) s territorii Kemerovskoy oblasti. Sovremennyye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva*. [About the time of the extinction of beaver (*Castor fiber* L.) from the territory of the Kemerovo region. Current problems of nature use, game management, and fur husbandry]. Kirov: *VNIIOZ*, 2012. pp. 196-197.
9. Zhdanov A. P. *Sovremennoe sostoyanie bobrovyykh ochagov v Zapadnoy Sibiri, perspektivy rosta v nikh chislennosti zverey i vozmozhnosti ispol'zovaniya otdel'nykh populyatsiy*. [The current state of beaver populations in Western Siberia, the prospects for the growth in their number of animals and the possibility of using single populations]. *Trudy Voronezhskogo zapovednika*, 1969;16:79-84. (In Russ.) URL: <https://yadi.sk/i/wfLqiQOtiPqF>
10. Zhdanov A. P. *Sostoyanie zapasov i perspektivy vosproizvodstva bobrov v Zapadnoy Sibiri*. [The state of stocks and prospects for the restoration of beavers in Western Siberia]. *Trudy Voronezhskogo zapovednika*. 1975;21(1):79-84. (In Russ.) URL: <https://yadi.sk/i/wbJWJKFpiiQz3>
11. Kauchakova N. N., Khomutov S. N. *Prostranstvenno-strukturnyye formy sushchestvovaniya Sary-Chumyshskoy populyatsii rechnykh bobrov. Priroda i ekonomika Kuzbassa*. [Spatial and structural forms of existence of the Sary-Chumysh beaver population. Nature and economics of Kuzbass]. Novokuznetsk, 1980. pp. 77-79.
12. Konyukhov E. N. *Plodovitost' ondatry i rechnogo bobra v Zapadnoy Sibiri. Ratsionalizatsiya khozyaystvennogo ispol'zovaniya biologicheskikh resursov Zapadnoy Sibiri*. [Fecundity of muskrat and beaver in Western Siberia. Rationalization of the economic use of biological resources of Western Siberia]. Tyumen', 1988. pp. 66-67.
13. Sobanskiy G. G. *Rasselenie rechnogo bobra na Altae. Sovremennyye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva*. [Resettlement of a beaver in Altai. Modern problems of nature use, game management and fur farming]. Kirov: *VNIIOZ*, 2012. pp. 194-195.
14. Alyab'eva G. N., Ovsyannikova S. V., Vikhrova E. N. *Osobo okhranyaemye territorii Kemerovskoy oblasti. Federal'noe i regional'noe zakonodatel'stvo*. [Specially protected territories of the Kemerovo region. Federal and regional legislation]. Novokuznetsk: *OAO «Novokuznetskiy poligrafkombinat»*, 2005. 90 p.
15. Tren'kov I. P. *Sostoyanie bobrovogo promysla v Kemerovskoy oblasti*. [The state of beaver husbandry in the Kemerovo region]. *Mlekopitayushchie Severnoy Evrazii: zhizn' v severnykh shirotakh: mater. Mezhd. nauch. konf.* [Mammals of Northern Eurasia: Life in the Northern Latitudes: Abstracts Int. scientific conf.]. Surgut: *ITs SurGU*. 2014; pp. 219.
16. Hartman G. Long-term population development of a reintroduced beaver population in Sweden. *Conservation Biology*. 1994;8(3):713–717. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08030713.x>
17. Parker H., Rosell F. Rapid rebound in colony number of an over-hunted population of Eurasian beaver *Castor fiber*. *Wildlife Biology*. 2014;20(5):267–269. DOI: <https://doi.org/10.2981/wlb.00040>
18. Dvornikov M. G. *Populyatsionnyye osobennosti poseleniy bobrov sredney chasti basseyna reki Vyatka*. [Population peculiarities of beaver settlements within middle part of the Vyatka river]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;(4):63-68. (In Russ.) URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/58>
19. Baranov P. V., Vasil'chenko A. A., Vasil'chenko A. A. *Materialy k rasprostraneniyu i chislennosti bobra v gorakh Kuznetskogo Alatau*. [Materials for the distribution and abundance of beaver in the mountains of the Kuznetskiy Alatau]. *Monitoringovyye issledovaniya v zapovednikakh yuzhnoy Sibiri. Mater. nauch. konf., posvyashchennoy 10-letiyu organizatsii zapovednika «Kuznetskiy Alatau»*. [Monitoring studies in the reserves of southern Siberia. Proceedings scientific. conf., dedicated to the 10th Anniversary of the organization of the Kuznetskiy Alatau Nature Reserve]. Kemerovo, 2000. pp. 131-135.
20. Tren'kov I. P. *Faktory, limitiruyushchie chislennost' bobrov v zapovednike «Kuznetskiy Alatau»*. [Factors limiting the population of beavers in the Kuznetskiy Alatau reserve]. *Trudy Tigirenskogo zapovednika*. 2015;7:276-279. (In Russ.)

#### **Сведения об авторах**

**Треньков Иван Павлович**, зам. директора по научной работе, ФГБУ «Государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», пр. Шахтеров, д. 33-1, г. Междуреченск, Кемеровская область, Российская Федерация, 652888, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0321-8553>, e-mail: [trenkoff@rambler.ru](mailto:trenkoff@rambler.ru)

✉ **Савельев Александр Павлович**, доктор биол. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени проф. Б. М. Житкова», ул. Преображенская, д. 79, г. Киров, Российская Федерация, 610000, e-mail: [vnioz43@mail.ru](mailto:vnioz43@mail.ru), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8103-5787>, e-mail: [saveljev.vnioz@mail.ru](mailto:saveljev.vnioz@mail.ru)

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

**Ivan P. Trenkov**, Deputy Director for Research, State Nature Reserve «Kuznetskiy Alatau», Shakhтеров av., 33-1, Mezhdurechensk, Kemerovo region, Russian Federation, 652888, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0321-8553>, e-mail: [trenkoff@rambler.ru](mailto:trenkoff@rambler.ru)

✉ **Alexander P. Saveliev**, DSc in Biological science, chief researcher, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Preobrazhenskaya str., 79, Kirov, Russian Federation, e-mail: [vnioz43@mail.ru](mailto:vnioz43@mail.ru), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8103-5787>, e-mail: [saveljev.vnioz@mail.ru](mailto:saveljev.vnioz@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

# МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.614-624>

УДК 637.115



## Экспериментально-теоретические исследования движения молока и воздуха в молоковыводящем тракте доильного аппарата

© 2020. А. А. Рылов<sup>1</sup>, П. А. Савиных<sup>1,2</sup>✉, В. Н. Шулятьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Киров, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В статье на основании сплошной модели пробкового течения двухфазной среды выполнен теоретический анализ процесса движения молока из молочной камеры коллектора по молочному шлангу до молокопровода. Получены аналитические выражения, позволяющие определять величины падения давления на нисходящем и восходящем участках молочного шланга. По результатам теоретического анализа для двухтактного аппарата парного действия выявлена линейная зависимость ( $R^2 = 0,9965$ ) между падением давления в молочном шланге и интенсивностью молоковыведения. Экспериментальные исследования величины падения давления в молочном шланге доильного аппарата, выполненные в коровнике на 200 голов одного из передовых предприятий Кировской области, подтвердили весьма тесную связь ( $R^2 = 0,9967$ ) между текущей интенсивностью молоковыведения и падением давления в молочном шланге при движении молоковоздушной смеси. Во всем диапазоне варьирования интенсивности молоковыведения потери давления на нисходящем участке изменялись в диапазоне  $\Delta p_{mp12} = 0,85...1,47$  Па. По абсолютному вкладу в общие потери давления  $\Delta p_{1-3} = 8293,80...12705,32$  Па подавляющее влияние оказывают потери давления на преодоление сил тяжести на восходящем участке молочного шланга  $\Delta p_{\text{ш}} = 6611,31...10992,27$  Па. Результаты расчетов падения давления в молочном шланге, выполненные по предлагаемому в статье алгоритму, укладываются в доверительный интервал экспериментального измерения падения давления с 5% уровнем значимости. Использование результатов работы позволит прогнозировать потери давления в молочном шланге в зависимости от интенсивности молоковыведения и учитывать результаты расчетов при проектировании доильных аппаратов и разработке их алгоритмов функционирования для доения высокоудойных коров.*

**Ключевые слова:** давление, двухфазная среда, интенсивность молоковыведения, коллектор, молоковоздушная смесь, молокопровод, молочный шланг, пробковое и расслоенное движение

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0094).

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

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

**Для цитирования:** Рылов А. А., Савиных П. А., Шулятьев В. Н. Экспериментально-теоретические исследования движения молока и воздуха в молоковыводящем тракте доильного аппарата. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):614-624. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.614-624>

Поступила: 11.03.2020

Принята к публикации: 01.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

## Experimental and theoretical studies of milk and air motion in the milk-producing tract of the milking machine

© 2020. Alexander A. Rylov<sup>1</sup>, Peter A. Savinykh<sup>1,2</sup>✉, Valeri N. Shulyatyev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russian Federation,

<sup>2</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky,  
Kirov, Russian Federation

*The article provides a theoretical analysis of the process of milk movement from the milk chamber of the collector through the milk hose to the milk pipeline using a continuous model of the plug flow of a two-phase medium. There have been obtained analytic expressions that allow determining the values of pressure drop in the descending and ascending sections of the milk hose. According to the results of the theoretical analysis for two-stroke milking machine of pairwise action there was obtained a linear dependence ( $R^2=0.9965$ ) between the pressure drop in the milk hose and intensity*

of milk production. Experimental studies of the value of the pressure drop in the milk hose of the milking machine performed in a cowshed for 200 heads of one of the leading enterprises of the Kirov region confirmed a very close relationship ( $R^2 = 0.9967$ ) between the current intensity of milk production and the pressure drop in the milk hose when the milk-air mixture moves. Over the entire range of variation in the intensity of lactation, the pressure loss in the descending section varies in the range  $\Delta p_{mp12} = 0.85...1.47$  Pa. According to the absolute contribution to the total pressure loss  $\Delta p_{1-3} = 8293.80...12705.32$  Pa, the pressure loss for overcoming gravity force in the ascending section of the milk hose  $\Delta p_{sp} = 6611.31...10992.27$  Pa has the greatest influence. The results of calculations of the pressure drop in the milk hose performed according to the algorithm proposed in the article, fit into the confidence interval of the experimental measurement of the pressure drop with a 5% significance level. Using the results of the research will allow to predict pressure losses in the milk hose in dependence to the intensity of milk production and take into account the results of calculations when designing milking machines and developing their functioning algorithms for milking high-yield cows.

**Keywords:** pressure, two-phase medium, milk production intensity, collector, milk-air mixture, milk line, milk hose, plug and stratified movement

**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. 0767-2019-0094).

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

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

**For citation:** Rylov A. A., Savinykh P. A., Shulyatyev V. N. Experimental and theoretical studies of milk and air motion in the milk-producing tract of the milking machine. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5):614-624. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.614-624>

Received: 11.03.2020

Accepted for publication: 01.09.2020

Published online: 22.10.2020

В результате направленной селекционной работы и ответственного отношения к кормовым рационам, осуществляемых во всех категориях хозяйств РФ, в последние годы среднегодовые удои на одну корову ежегодно увеличивались на 0,2...5,7 % [1]. Для доильного аппарата, осуществляющего принудительное движение выдоенного молока, постоянное повышение объема разовых удоев является дополнительной нагрузкой на его молоководящую систему. Наиболее сложным для транспортирования является участок (молочный шланг) от коллектора доильного аппарата до молокопровода. Пространственное расположение молокопровода относительно коллектора определяющим образом влияет в целом на отсасывающую способность доильного аппарата. При несоответствии интенсивности молоковыведения транспортирующей способности молочного шланга усиливается инерционность движения молоковоздушной смеси, ухудшается качество молока [2], увеличиваются пульсации разрежения в коллекторе доильного аппарата [3]. Пульсации разрежения способствуют возникновению воспалительных процессов в молочной железе вымени у коров [4, 5, 6]. Повсеместному распространению мастита [7, 8, 9] сопутствуют существенные экономические потери в молочном скотоводстве [3, 10]. Поэтому исследования гидравлических процессов, направленные на определение структуры течения молоковоз-

душной смеси и величину потерь давления в молочном шланге доильного аппарата, не потеряли своей актуальности.

**Цель исследований** – теоретические и экспериментальные исследования структуры течения и потерь давления при движении молоковоздушной смеси по молочному шлангу от коллектора доильного аппарата до молокопровода.

**Материал и методы.** Теоретические исследования выполнены на основе базовых законов гидрогазодинамики<sup>1</sup>. Экспериментальная часть работы осуществлена в типовом коровнике на 200 голов привязного содержания с верхним расположением молокопровода в одном из передовых хозяйств Кировской области. Средний годовой удой на корову на момент проведения экспериментов составлял 7100 л. Измерения интенсивности молоковыведения и вакуумного режима выполнены во время дневной дойки. В опытах использован доильный аппарат с устройством почетвертного контроля интенсивности молоковыведения [11]. Измерения разрежения в молочной камере коллектора и молокопроводе выполнены с помощью вакуум-тестера «Тензор-7». В расчетах использованы усредненные показатели разрежения в молочной камере коллектора за такт сосания. Удой в опытах измерялся с интервалом в 12 с посредством молокомера WAİKATO MK5.

<sup>1</sup>Ахметистов Е. В., Григорьев В. А., Емцов Б. Т. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник. М.: Энергоиздат, 1982. 512 с.

**Результаты и их обсуждение.** Молоковыводящий тракт доильного аппарата включает в себя четыре доильных стакана, коллектор и молочный шланг, соединяющий коллектор с молокопроводом (рис. 1).

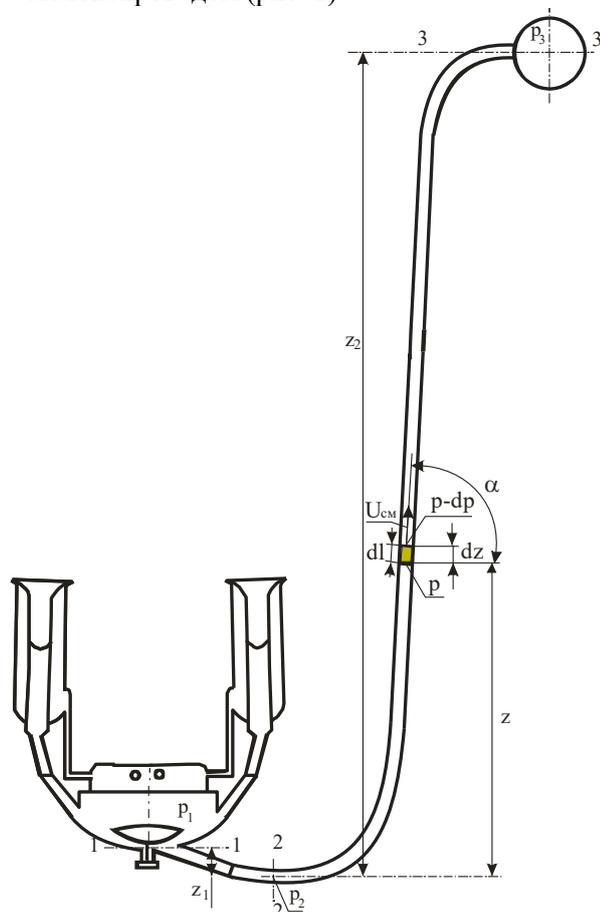


Рис. 1. Схема молоковыводящего тракта доильного аппарата / Fig. 1. Scheme of the milk-producing tract of the milking machine

Обеспечить непрерывное движение молока по молочному шлангу на участке от коллектора доильного аппарата до молокопровода технологически необходимо и очень важно, а технически весьма непросто.

В молочном шланге доильного аппарата происходит принудительное перемещение молока в виде молоковоздушной смеси в условиях смены направления ее движения по отношению к направлению действия сил гравитации, поскольку за нисходящим течением следует восходящее течение молоковоздушной смеси.

Для гарантированного транспортирования молока по молочному шлангу из коллектора доильного аппарата в молокопровод, особенно при его верхнем расположении, необходимо обеспечить устойчивое превышение давления в молочной камере коллектора над величиной давления в молокопроводе.

Превышение давления в современных доильных аппаратах технически достигается путем постоянного подсоса воздуха через специальное калиброванное отверстие, расположенное в верхней части коллектора [3, 12]. Массовый расход поступающего через отверстие в коллекторе воздуха можно определить по формуле<sup>2</sup>

$$G_2 = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2k p_0 \rho_0}{(k-1)} \left[ \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]},$$

где  $G_2$  – массовый расход воздуха, поступающего в коллектор, кг/с;  $\mu = 0,62$  – коэффициент расхода через малое отверстие с острой кромкой;  $d = 0,0008$  м – диаметр калиброванного отверстия;  $k = 1,4$  – показатель адиабаты для воздуха;  $p_0$  – атмосферное давление, Па;  $p_1$  – давление в молочной камере коллектора, Па;  $\rho_0$  – плотность воздуха при атмосферном давлении, кг/м<sup>3</sup>.

Объемный расход воздуха, поступающего из коллектора в молочный шланг доильного аппарата в смеси с молоком, может быть определен с учетом его сжимаемости через его массовый расход по выражению

$$Q_2 = \frac{G_2}{\rho_2},$$

где  $\rho_2$  – плотность воздуха в молочной камере коллектора, кг/м<sup>3</sup>.

Тогда объемный расход воздуха будет равен

$$Q_2 = \mu \frac{\pi d^2}{4 \rho_2} \sqrt{\frac{2k p_0 \rho_0}{(k-1)} \left[ \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}. \quad (1)$$

Известно<sup>3</sup>, что параметры газа без теплообмена с окружающей средой (адиабатный процесс) описываются выражением

$$\frac{p}{\rho^k} = const.$$

<sup>2</sup>Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М: Машиностроение, 1992. 672 с. (С. 41).

<sup>3</sup>Дейч М. Е. Техническая газодинамика. Изд. 2-е, перераб. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. 673 с.

Поэтому плотность воздуха в молочной камере коллектора можно выразить через его плотность при атмосферном давлении

$$\rho_2 = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{k}} \rho_0. \quad (2)$$

Заменив в выражении (1) плотность воздуха через эквивалентную ему величину из выражения (2), получим

$$Q_2 = \mu \frac{\pi d^2}{4} \frac{\sqrt{\frac{2k p_0 \rho_0}{(k-1)} \left[ \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}}{\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{k}} \rho_0}.$$

После несложных преобразований, связанных с делением подкоренного выражения на соответствующее значение плотности воздуха в молочной камере коллектора, объемный расход воздуха, поступающий в молочный шланг доильного аппарата, будет равен

$$Q_2 = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2k p_0}{(k-1) \rho_0} \left[ 1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}.$$

Нетрудно заметить (рис. 1), что на пути движения молоковоздушной смеси от коллектора к молокопроводу в молочном шланге имеются два участка с разными условиями организации направленного движения молока и воздуха: нисходящий участок 1-2 и восходящий – 2-3. Известно [13], что движение двухфазных сред на снижающихся участках трубопровода и его подъема при малых значениях числа Фруда обязательно сопровождается сменой структуры потока. На восходящих участках, как правило, поток имеет пробковую структуру [2, 13, 14, 15]. На нисходящих участках чаще всего устанавливается расслоенное движение молоковоздушной смеси [13]. Молоко из коллектора на нисходящем участке 1-2 способно перемещаться вниз исключительно за счет сил тяжести в режиме безнапорного движения и, наоборот, на участке 2-3 необходим перепад давлений для преодоления совместного действия сил трения и гравитации для обеспечения устойчивого перемещения молоковоздушной смеси снизу вверх по молочному шлангу.

Для определения потерь давления, происходящих во время движения двухфазных

сред, наиболее популярен подход, базирующийся на использовании сплошной модели пробкового течения [2, 13, 16], основное соотношение которого [5, 13, 16] связывает касательные напряжения на стенках молочного шланга с параметрами движения двухфазного потока

$$\tau = \frac{\lambda_{см}}{8} \rho_{см} U_{см}^2, \quad (3)$$

где  $\tau$  – касательное напряжение на стенке трубопровода, Н/м<sup>2</sup>;  $\lambda_{см}$  – коэффициент гидравлического сопротивления;  $\rho_{см}$  – плотность смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $U_{см}$  – скорость смеси молока с воздухом, м/с.

Для теоретического анализа процесса транспортирования молоковоздушной смеси на основе сплошной модели пробкового движения выделим на участке молочного шланга (рис. 1) элементарный объем молоковоздушной смеси, длиной  $dl$ , и определим потери давления на этом участке, обусловленные силами трения. Для этого умножим обе части уравнения (3) на смоченный периметр живого сечения молочного шланга, элементарную длину и поделим на площадь живого сечения молочного шланга

$$\frac{4\tau\pi D dl}{\pi D^2} = \frac{4\lambda_{см}\rho_{см}U_{см}^2\pi D dl}{8\pi D^2},$$

где  $D$  – диаметр молочного шланга, м;  $dl$  – длина выделенного элементарного объема молоковоздушной среды, м.

Длина выделенного участка  $dl$  связана с расстоянием по высоте  $dz$  простым соотношением  $dl = dz/\sin\alpha$  (рис. 1), где  $dz$  – длина вертикальной проекции элементарного участка, м;  $\alpha$  – угол наклона шланга к горизонту, град.

В результате выполнения очевидных преобразований, принимая во внимание, что  $dl = dz/\sin\alpha$ , получим выражение, определяющее потери давления, необходимые на преодоление сил трения при движении выделенного объема молоковоздушной смеси на элементарном участке молочного шланга

$$dp_{тр} = \lambda_{см} \frac{dz}{D \sin \alpha} \frac{\rho_{см} U_{см}^2}{2}. \quad (4)$$

Применив к живым сечениям (рис. 1) выделенного элементарного объема молоковоздушной смеси, двигающегося со скоростью  $U_{см}$ , уравнение Бернулли, получим

$$\frac{p}{\rho_{см}g} + z + \frac{U_{см}^2}{2g} = \frac{p-dp}{\rho_{см}g} + z + dz + \frac{U_{см}^2}{2g} + h_w.$$

После несложных преобразований, связанных с приведением подобных членов, из уравнения Бернулли выразим величину давления  $dp$ , определяющую потери давления, обусловленные движением элементарного объема молоковоздушной смеси со скоростью  $U_{cm}$ ,

$$dp = h_w \rho_{cm} g + \rho_{cm} g dz. \quad (5)$$

Первое слагаемое в правой части уравнения (5) представляет собой потери давления на преодоление сил трения, поэтому заменим эту составляющую потерь давления на трение в уравнении (5) эквивалентным ему значением из выражения (4). В результате замены получим

$$dp = \lambda_{cm} \frac{dz}{D \sin \alpha} \frac{\rho_{cm} U_{cm}^2}{2} + \rho_{cm} g dz. \quad (6)$$

Очевидно, что потери давления на участках 1-2 и 2-3 (рис. 1) молочного шланга можно рассчитать путем интегрирования уравнения (6) в пределах текущих значений высоты подъема  $z$  и угла  $\alpha$  при осредненных значениях  $\rho_{cm}$ ,  $\lambda_{cm}$ , и  $U_{cm}$

$$dp = \int_{z_i}^{z_{i+1}} \lambda_{cm} \frac{dz}{D \sin \alpha} \frac{\rho_{cm} U_{cm}^2}{2} + \int_{z_i}^{z_{i+1}} \rho_{cm} g dz. \quad (7)$$

Структуру течения молоковоздушной смеси исчерпывающе полно характеризуют объемное расходное содержание воздуха, критерий Фруда и скорость движения смеси, выраженные обобщенной безразмерной величиной скорости  $W_*$ .

Объемное  $\beta$  расходное содержание воздуха для молоковоздушной смеси определяются по формуле [13]

$$\beta = Q_2 / (Q_1 + Q_2),$$

где  $Q_1$ ,  $Q_2$  – объемные расходы соответственно молока и воздуха.

Число Фруда, соответствующее фактическим условиям движения молоковоздушной смеси в молочном шланге доильного аппарата, будет равно [13]

$$Fr_{cm} = \left[ \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi D^2} \right]^2 \frac{1}{g D},$$

где  $Fr_{cm}$  – критерий Фруда;  $D$  – диаметр молочного шланга, м.

Обобщенная безразмерная величина скорости смеси в молочном шланге определяется выражением [13]

$$W_* = \frac{4(Q_1 + Q_2)}{\pi D^2} \left( \frac{\rho_1 - \rho_2}{g \sigma} \right)^{0.25} \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{0.5},$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – соответственно плотности молока и воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения молока, Н/м.

При движении молока после коллектора на нисходящем участке молочного шланга в зависимости от конкретных условий возможны кольцевой, пробковый и расслоенный режимы течения молоковоздушной смеси. На нисходящем и горизонтальном участках молочного шланга граница смены структуры движения молоковоздушной смеси определяется по критическому значению обобщенной безразмерной величины скорости  $W_{cp}$ , определяемой по формуле [13]

$$W_{cp} = (2,2 - 0,0017 \bar{\mu}^{-0,6}) 10^{(5,3+11,5\bar{\mu})(1-\beta)},$$

где  $\bar{\mu} = \mu_2 / \mu_1$  – относительная вязкость молоковоздушной смеси;  $\mu_2$  – динамическая вязкость воздуха, Па·с;  $\mu_1$  – динамическая вязкость молока, Па·с.

При  $W_* > W_{cp}$  имеет место кольцевой режим движения, а при  $W_* < W_{cp}$  осуществляется пробковое или расслоенное течение молоковоздушной смеси.

На горизонтальном и нисходящем участках молочного шланга при конкретном значении  $\beta$  условие существования пробкового или расслоенного движения молоковоздушной смеси определяют по величине критерия Фруда. С целью уточнения возможности существования пробкового или расслоенного режимов необходимо рассчитать граничное значение критерия Фруда по полуэмпирической формуле [13]

$$Fr^* = \left[ 0,2 + \frac{2 \sin \alpha}{\lambda} \right] e^{-2,5\beta} \frac{1}{(1-\beta)^2},$$

где  $Fr^*$  – граничное значение критерия Фруда.

При значении критерия Фруда  $Fr_{cm} > Fr^*$  имеет место пробковая структура течения молоковоздушной смеси. При выполнении условия  $Fr_{cm} < Fr^*$  осуществляется расслоенное течение молоковоздушной смеси на нисходящем участке молочного шланга.

Известно [13], что влияние угла наклона трубопровода при  $\beta > 0,2$  исчерпывающе точно учитывается величиной критерия Фруда  $Fr_0$ , являющейся необходимым и достаточным условием обеспечения безнапорного движения молока на нисходящем участке молочного шланга

$$Fr_0 = \frac{2 \sin \alpha}{\lambda_1},$$

где  $\alpha$  – угол наклона молочного шланга, град;

$\lambda_1$  – коэффициент гидравлического сопротивления (коэффициент Дарси), значение которого соответствует числу Рейнольдса, определяемого по скорости безнапорного движения молока на нисходящем участке молочного шланга под действием сил гравитации.

Коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda_1$  в приведенной выше формуле определяется по известному тригонометрическому соотношению  $\Delta z/\Delta l = \sin \alpha$  методом последовательного приближения по числу  $Re_1$ , соответствующего скорости безнапорного течения молока на нисходящем участке молочного шланга, обусловленного силами гравитации.

При реализации метода последовательного приближения необходимо задаваться скоростью движения молока  $U_1$ , по которой последовательно находить эквивалентный диаметр живого сечения потока молока, число Рейнольдса и коэффициент Дарси в функции числа Рейнольдса по формулам:

$$D_{1\phi} = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi U_1}}; \quad Re_1 = \frac{U_1 D_{1\phi}}{\nu_1}; \quad \lambda_1 = f(Re_1),$$

где  $D_{1\phi}$  – эквивалентный диаметр живого сечения потока молока, м;  $\nu$  – кинематическая вязкость молока,  $m^2/c$ .

Вычисления необходимо выполнять до тех пор, пока располагаемый напор  $dh$  не сравняется по величине с потерями напора на трение. Практически при реализации метода последовательного приближения достаточно достигнуть результата, при котором выполняется условие:

$$\left( \Delta h - \lambda_1 \frac{\Delta l}{D_{1\phi}} \frac{U_1^2}{2g} \right) / \Delta h \leq 0,01,$$

где  $\Delta h$  – высота снижения молочного шланга, м;  $\Delta l$  – длина молочного шланга на участке снижения, м.

При движении молоковоздушной смеси в молочном шланге на нисходящем и восходящем участках истинное содержание воздуха  $\varphi$  является главным параметром, определяющим потери давления [2, 13, 16]. Поэтому при анализе молоковыводящего тракта доильного аппарата необходимо истинное содержание воздуха в смеси рассчитывать отдельно для нисходящего и восходящего участков молочного шланга. Истинная величина содержания воздуха  $\varphi$  при наличии устойчивого расслоенного течения молоковоздушной смеси, при объемном содержании воздуха, отвечающему интервалу  $0,16 \leq \beta < 1,0$  и соотношению

$Fr_{cm} < Fr^*$ , определяется в зависимости от величины  $\chi$  по формулам [12]:

$$\varphi = 1 - \chi^{0,4} \quad \text{при } 0 \leq \chi \leq 0,18;$$

$$\varphi = 0,615(1 - \chi) \quad \text{при } 0,18 \leq \chi \leq 1,$$

где  $\chi$  – коэффициент вычисляется по выражению

$$\chi = \frac{\lambda_1 (1 - \beta)^2 Fr_{cm}}{2 \sin \alpha}.$$

Следует иметь в виду, что при расслоенном установившемся режиме течения молоковоздушной смеси на нисходящем участке молочного шланга потери давления на трение потока молока практически полностью компенсируются энергией располагаемого напора  $\Delta h_{12}$ . Поэтому на нисходящем участке молочного шланга при соблюдении условий расслоенного режима движения молока и воздуха потери давления обусловлены исключительно за счет движения воздушной среды и могут быть определены интегрированием первого члена левой части выражения (7).

Полагая, что выражение  $\int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{\sin \alpha}$  опре-

деляет длину нисходящего участка молочного шланга, на котором имеют место местные сопротивления, выражение (7) для нисходящего участка 1-2 (рис. 1) примет вид:

$$\Delta p_{12} = \left( \lambda_2 \frac{l_{12}}{D_{2\phi}} + \sum_1^n \zeta_i \right) \frac{\rho_2 U_2^2}{2},$$

где  $l_{12}$  – длина молочного шланга на нисходящем участке, м;  $D_{2\phi}$  – эквивалентный диаметр для прохождения потока воздуха по молочному шлангу на нисходящем участке молочного шланга доильного аппарата, м;  $\zeta_i$  – коэффициент местных потерь;  $U_2$  – скорость воздуха при расслоенном режиме движения молоковоздушной смеси на нисходящем участке молочного шланга, м/с.

Эквивалентный диаметр может быть определен по выражению

$$D_{2\phi} = \sqrt{D^2 - \frac{4Q_1}{\pi U_1}}.$$

Скорость воздуха при расслоенной структуре потока на нисходящем участке молочного шланга определится с учетом истинного содержания воздуха по выражению

$$U_2 = \frac{4Q\varphi}{\pi D_{2\phi}^2}.$$

Коэффициент сопротивления  $\lambda_2$  определяется с учетом числа Рейнольдса при движении воздуха со скоростью  $U_2$ . В таблице 1 приведены параметры, характеризующие структуру течения молоковоздушной смеси на нисходящем участке молочного шланга.

В расчетах приняты: нисходящий участок молочного шланга  $l_{12} = 0,5$  м, варьированные интенсивности молоковыведения в диапазоне 0,5...5,0 л/мин, разрежение в молочной камере коллектора  $p_e = 41283...30200$  Па.

Таблица 1 – Параметры молоковоздушной среды на нисходящем участке молочного шланга / Table 1 – Parameters of the milk-air medium in the descending section of the milk hose

$p_e$ , Па	$Q_1$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_2$ , м <sup>3</sup> /с	$\beta$	$Fr_{см}$	$W^*$	$Fr^*$	$\varphi$	$W_{cp}$	$\Delta P_2$ , Па
41283	$8,3 \times 10^{-6}$	$11,1 \times 10^{-5}$	0,93	4,41	0,23	416,49	0,94	5,61	0,85
41113	$1,7 \times 10^{-5}$	$11,1 \times 10^{-5}$	0,87	5,10	0,25	139,74	0,89	12,7	0,80
40075	$2,5 \times 10^{-5}$	$11,4 \times 10^{-5}$	0,81	5,90	0,27	81,67	0,85	25,44	0,86
37452	$3,3 \times 10^{-5}$	$11,7 \times 10^{-5}$	0,78	6,97	0,29	60,06	0,81	43,93	0,93
35553	$4,2 \times 10^{-5}$	$11,9 \times 10^{-5}$	0,74	8,03	0,30	48,53	0,76	71,29	1,00
34987	$5,0 \times 10^{-5}$	$12,0 \times 10^{-5}$	0,71	8,97	0,32	4106	0,73	114,13	1,07
34100	$5,8 \times 10^{-5}$	$12,2 \times 10^{-5}$	0,68	10,00	0,33	36,34	0,70	171,55	1,16
33088	$6,7 \times 10^{-5}$	$12,3 \times 10^{-5}$	0,65	11,12	0,35	33,10	0,66	245,51	1,25
32300	$7,5 \times 10^{-5}$	$12,5 \times 10^{-5}$	0,62	12,26	0,36	30,69	0,63	341,92	1,36
30200	$8,3 \times 10^{-5}$	$12,8 \times 10^{-5}$	0,61	13,71	0,37	29,16	0,59	433,04	1,47

Истинное содержание воздуха в молоковоздушной смеси на всем интервале варьирования интенсивности молоковыведения в нисходящем участке молочного шланга изменяется в диапазоне  $\varphi = 0,94...0,59$ , причем с увеличением интенсивности молоковыведения истинное содержание воздуха  $\varphi$  в смеси снижается. Потери давления при расслоенном движении молоковоздушной смеси при относительно малой протяженности нисходящего участка молочного шланга по абсолютной величине весьма незначительны.

Во всем диапазоне варьирования интенсивности молоковыведения потери давления на нисходящем участке, обусловленные трением воздуха о стенки молочного шланга, изменяются в диапазоне  $\Delta p_2 = 0,85...1,47$  Па.

На восходящем участке молочного шланга в общем случае может существовать пробковый или кольцевой режимы движения молоковоздушной смеси. Пробковое течение наиболее распространенная форма течения газожидкостной смеси на восходящих участках [13, 15]. Граница перехода  $W_{cp}$  от кольцевой структуры течения смеси к пробковой на восходящем участке молочного шланга вычисляется по выражению

$$W_{cp} = (0,82 - 0,0017(\bar{\mu})^{-0,6}) \cdot 10^{(5,3+115\bar{\mu})(1-\beta)}.$$

При  $W^* < W_{cp}$  – режим движения молоковоздушной смеси пробковый, а при  $W^* > W_{cp}$  – режим движения кольцевой.

При движении молоковоздушной смеси на восходящем участке молочного шланга в суммарных потерях давления определяющее влияние оказывают гравитационные потери. Следовательно, истинное содержание воздуха при движении молоковоздушной смеси на восходящем участке молочного шланга является важнейшим фактором, определяющим потери давления молоковыводящего тракта доильного аппарата. Истинное содержание воздуха в смеси является функцией многих показателей, определяющих двухфазное движение:  $\varphi = f(\beta, Fr, Re, \rho, \mu, \dots)$ . Применительно для пробковой структуры течения истинное содержание воздуха в молоковоздушной смеси определяется по выражению [13]

$$\varphi = k_{\mu} \left[ 1 - \exp \left( -4,4 \sqrt{\frac{Fr_{см}}{Fr_a}} \right) \right] \beta,$$

где  $k_{\mu}$  и  $Fr_a$  – величины для конкретной смеси постоянные, зависящие исключительно от соотношения вязкостных свойств молока и воздуха.

Уравнения, определяющие  $k_{\mu}$  и  $Fr_a$ , можно записать в следующем виде:

$$k_{\mu} = (1 + 4,5\bar{\mu}) - (0,14\bar{\mu}^{0,15});$$

$$Fr_a = 1150\bar{\mu}^{0,79} \text{ при } \bar{\mu} \leq 0,001;$$

$$Fr_a = 9,8\bar{\mu}^{0,1} \text{ при } \bar{\mu} \geq 0,001.$$

Выражения (8) справедливы при варьировании относительной вязкости  $\bar{\mu}$  в широком диапазоне:  $0,02 < \bar{\mu} < 0,0001$  [13]. Коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda_{см}$  для пробкового режима течения молоковоздушной смеси определяется по формуле с учетом поправочного коэффициента  $\psi$  [13]

$$\lambda_{см} = \psi \lambda(Re_{см}),$$

$$\psi = \frac{1 - 0,78\beta [1 - \exp(-2,2\sqrt{Fr_{см}})] - 0,22[1 - \exp(-15\bar{\rho})]\beta}{1 - \beta};$$

где  $Re_{см}$  – критерий Рейнольдса смеси;  
 $\lambda(Re_{см})$  – коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса;

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \text{ – относительная плотность воздуха;}$$

$$Re_{см} = \frac{4Q}{\pi D} \left( \frac{\beta}{v_2} + \frac{1 - \beta}{v_1} \right);$$

$$\lambda(Re_{см}) = \frac{64}{Re_{см}} \text{ при } Re_{см} \leq 2320;$$

$$\lambda(Re_{см}) = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_{см}}} \text{ при } 2320 \leq Re_{см} \leq 20D/\Delta;$$

$\Delta$  – эквивалентная шероховатость стенок молочного шланга, м;  $v_1$  и  $v_2$  – кинематическая вязкость соответственно молока и воздуха, м<sup>2</sup>/с.

Плотность молоковоздушной смеси при пробковом режиме движения с учетом истинного содержания воздуха можно рассчитать по формуле

$$\rho_{см} = (1 - \varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2.$$

С учетом истинного содержания воздуха при пробковом режиме движения потери давления по длине восходящего участка молочного шланга можно определить путем интегрирования уравнения (7) в диапазоне от  $z_2$  до  $z_3$  (от второго до третьего сечений, рис. 1). После интегрирования выражение (7) с учетом местных потерь на участке молочного шланга 2-3 примет вид:

$$\Delta p_{23} = \left( \lambda_{см} \frac{l_{23}}{D} + \sum_1^n \zeta_i \right) \left[ \frac{4(Q_1 + \varphi Q)}{\pi D^2 \sqrt{2}} \right]^2 \times$$

$$\times [(1 - \varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2] + [(1 - \varphi)\rho_1 + \varphi\rho_2] g z_2,$$

где  $\Delta p_{23}$  – потери давления на восходящем участке молочного шланга, Па;  $l_{23}$  – длина восходящего участка молочного шланга, м;  $\varphi$  – истинное содержание воздуха в молоковоздушной смеси;  $\zeta_i$  – коэффициент местных потерь;  $z_2$  – высота подъема молока от второго сечения до третьего, м.

В таблице 2 приведены параметры, характеризующие структуру течения молоковоздушной смеси на восходящем участке молочного шланга ( $l_{23} = 2,5$  м) при варьировании интенсивности молоковыведения в диапазоне от 0,5 до 5,0 л/мин.

**Таблица 2 – Параметры молоковоздушной среды на восходящем участке молочного шланга / Table 2 – Parameters of the milk-air medium in the ascending section of the milk hose**

$W_{зр}$	$Re_{см}$	$\lambda_{см}$	$Fr_a$	$\varphi$	$\Delta P_{тр}, \text{ Па}$	$\Delta P_{зр}, \text{ Па}$	$\Delta P_{23}, \text{ Па}$
2,03	1081,84	0,21	5,84	0,66	1681,64	6611,31	8292,95
4,60	1521,38	0,11	5,83	0,62	1233,37	7363,16	8596,53
9,20	1965,50	0,078	5,82	0,58	1158,00	8023,45	9181,45
15,87	2422,56	0,062	5,80	0,55	1209,06	8582,71	9791,77
25,74	2874,00	0,052	7,79	0,53	1277,34	9085,82	10363,16
41,20	3314,50	0,045	5,78	0,50	1333,36	9557,83	10891,19
61,91	3757,71	0,040	5,77	0,48	1409,49	9978,43	11387,92
88,56	4202,04	0,036	5,76	0,46	1496,97	10356,50	11853,47
123,30	4644,54	0,033	5,75	0,44	1585,14	10704,83	12289,97
156,03	5098,49	0,030	5,73	0,43	1711,58	10992,27	12703,85

Значение величины обобщенной безразмерной скорости  $W^*$  (табл. 1) подтверждает наличие пробковой структуры течения молоковоздушной смеси на восходящем участке

молочного шланга на всем интервале варьирования интенсивности молоковыведения, поскольку  $W^* = 0,23 \dots 0,37 < W_{зр} = 2,03 \dots 153,03$ . Истинное содержание воздуха в молоковоз-

душной смеси на протяжении восходящего участка молочного шланга изменяется в диапазоне  $\varphi = 0,66 \dots 0,43$ , причем по мере увеличения интенсивности молоковыведения истинное содержание воздуха  $\varphi$  в смеси снижается. Расчеты показывают (табл. 2), что потери давления в молочном шланге на восходящем участке более чем на 75% состоят из гравитационной  $\Delta P_{gp}$  составляющей, обусловленной возрастанием удельной энергии положения молоковоздушной смеси. По мере увеличения интенсивности молоковыведения в связи со снижением объемного и истинного содержания воздуха в молоковоздушной смеси уменьшается доля потерь давления на преодоление сил трения  $\Delta P_{mp}$  пробкового потока

по сравнению с потерями давления, обусловленными гравитационной составляющей потерь:  $\Delta p_{mp}/\Delta p_{gp} = 0,25 \dots 0,16$ .

На рисунке 3 приведены результаты расчетов потерь давления при транспортировании молока по молочному шлангу и доверительный коридор их варьирования при изменении интенсивности молоковыведения в диапазоне от 0,5 до 5,0 л/мин. Из графика видно, что потери давления, рассчитанные аналитически, практически линейно возрастают по мере увеличения интенсивности молоковыведения, коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9965$  указывает на весьма высокую линейную связь между потерями давления и интенсивностью молоковыведения.

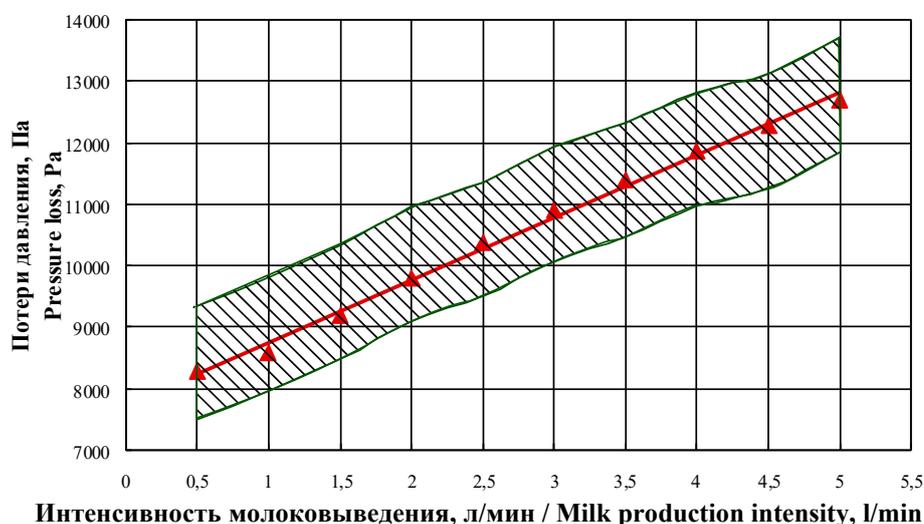


Рис. 2. Влияние интенсивности молоковыведения на потери давления в молочном шланге доильного аппарата /

Fig. 2. Influence of milk production intensity on pressure losses in the milk hose of the milking machine

Результаты расчетов надежно укладываются внутрь коридора, образованного доверительным интервалом с 5 % уровнем значимости, рассчитанным по результатам экспериментальных измерений потерь давления в молоковыводящем тракте доильного аппарата.

**Заключение.** Экспериментальные измерения потерь давления в молочном шланге доильного аппарата при движении молоковоздушной смеси указывают на наличие взаимосвязи между величиной потерь давления и уровнем интенсивности молоковыведения. По результатам экспериментальных исследований коэффициент детерминации в среднем равнялся  $R^2 = 0,9967$ , что подтверждает весьма существенную линейную связь между потерями давления и интенсивностью молоковыведения.

Потери давления при расслоенном движении молоковоздушной среды в виду малой

протяженности нисходящего участка молочного шланга по абсолютной величине весьма незначительны. Во всем диапазоне варьирования интенсивности молоковыведения потери давления на нисходящем участке, обусловленные трением воздуха о стенки молочного шланга, изменяются в диапазоне  $\Delta p_{mp12} = 0,85 \dots 1,47$  Па.

Потери давления, обусловленные преодолением сил трения при пробковом движении молоковоздушной смеси, по причине, значительно превышающей протяженности восходящей части молочного шланга, и плотности перемещаемой среды существенно больше аналогичных потерь давления на нисходящем участке:  $\Delta p_{mp1-2} = 0,85 \dots 1,47$  Па <  $\Delta p_{mp2-3} = 1681,40 \dots 1711,58$  Па. По абсолютному вкладу в общие потери давления  $\Delta p_{1-3} = 8293,80 \dots 12705,32$  Па подавляющее влияние оказывают потери давления на преодо-

ние сил тяжести на восходящем участке молочно-го шланга  $\Delta p_{cp} = 8292,95 \dots 10992,27$  Па. Результаты теоретических расчетов потерь

давления в зависимости от интенсивности молоковыведения укладываются в доверительный интервал с 5 % уровнем значимости.

#### Список литературы

1. Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Маринченко Т. Е., Тихомиров А. И. Анализ состояния и перспективы улучшения генетического потенциала крупного рогатого скота молочных пород: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 108 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37393601>
2. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. 424 с.
3. Шулятьев В. Н., Рылов А. А. Машинное доение коров (Привязное содержание): монография. Киров: ООО ЛОБАНЬ, 2017. 198 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009532413>
4. Ульянов В. М. Вопросы теории машинного доения. Рязань, 2006. 112 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003357569>
5. Кирсанов В. В. Структурно-технологическое обоснование эффективности построения и функционирования доильного оборудования: монография. Княгинино: НГИЭИ, 2012. 396 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/421621>
6. Hamman J., Main G. A., Wetzel S. Teat tissue reactions to milking. Effects of vacuum level. Journal of Dairy Science. 1993;76(4):1041-1045. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77432-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77432-9)
7. Ужик В. Ф., Кузьмина О. С., Китаёва О. В., Некипелов С. И. Переносной манипулятор с по четвертным управляемым режимом доения коров. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019;(4(36)):51-56. Режим доступа: <http://vniimzh.ru/images/material/Magazines/n36.pdf>
8. Экхорутвен О. Т., Медведев Г. Ф. Неконтагиозный мастит у коров. Актуальные проблемы ветеринарного акушерства и репродукции животных: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Горки: БСХА, 2013. С. 458-464. Режим доступа: <http://elc.baa.by/upload/science/vet-akushersvo-materialy.pdf>
9. Кирсанов В. В., Милешина О. В. Способы и технические средства определения ранней диагностики мастита у коров и отделения аномального молока в потоке при доении на доильных установках. Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. 2011;22(2(2)):79-85. Режим доступа: <http://vniimzh.ru/images/material/Magazines/n2.pdf>
10. Сафиуллин Н. А., Хазипов Н. Н., Шайдуллин М. З., Загидуллин Л. Р., Каюмов Р. Р., Волков Р. А. Машинное доение коров – искусство. Казань: Печатный двор, 2013. 107 с.
11. Рылов А. А., Шулятьев В. Н., Конопельцев И. Г. Доильный аппарат: пат. №154881 (Российской Федерация). №2015113650/13: заявл. 13.04.15; опубл. 10.09.15. Бюл. №25. 2 с. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU154881U1\\_20150910](https://yandex.ru/patents/doc/RU154881U1_20150910)
12. Соловьев С. А., Карташов Л. П. Исполнительные механизмы системы «человек-машина-животное». Екатеринбург: УрОРАН, 2001. 179 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000739079>
13. Мамаев А. А., Одишария Г. Э., Клапчук О. В., Точилин А. А., Семенов Н. И. Движение газожидкостных смесей в трубах. М.: Недра, 1978. 270 с. Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/9838>
14. Цой Ю. А., Мамедова Р. А. Параметры пробкового режима течения жидкости в молокопроводе при промывке. Техника в сельском хозяйстве. 2007;(2):3-4.
15. Тильман Хефельмайр, Якоб Майер Юн (ДЕ) Способ измерения расхода молока и устройство для его осуществления: пат. №2093982 (Российской Федерация). №5011377/02: заявл. 26.03.1992; опубл. 27.10.1997. Бюл. №37. 11 с. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2093982C1\\_19971027](https://yandex.ru/patents/doc/RU2093982C1_19971027)
16. Карташов Л.П. Машинное доение коров. М.: Колос, 1982. 301 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001110834>

#### References

1. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Marinchenko T. E., Tikhomirov A. I. *Analiz sostoyaniya i perspektivy uluchsheniya geneticheskogo potentsiala krupnogo rogatogo skota molochnykh porod: nauch. analit. obzor.* [Analysis of the state of and prospects of improving the genetic potential of cattle of dedicated meat breeds of domestic breeding]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 108 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37393601>
2. Tsoy Yu. A. *Protsessy i oborudovanie doil'no-molochnykh otdeleniy zhivotnovodcheskikh ferm.* [The processes and equipment of milking and dairy departments of livestock farms]. Moscow: GNU VIESKh, 2010. 424 p.
3. Shulyat'ev V. N., Rylov A. A. *Mashinnoe doenie korov (Privyaznoe sodержanie): monografiya.* [Machine milking of cows (Tieup housing): monograph]. Kirov: ООО LOBAN', 2017. 198 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009532413>
4. Ulyanov V. M. *Voprosy teorii mashinogo doeniya.* [Problems of the theory of machine milking]. Ryzan', 2006. 112 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003357569>
5. Kirsanov V. V. *Strukturno-tekhnologicheskoe obosnovanie effektivnosti postroyeniya i funktsionirovaniya doil'nogo oborudovaniya: monografiya.* [Structural and technological justification of efficiency of construction and functioning of the milking equipment: monograph]. Knyaginino: NGIEI, 2012. 396 p. URL: <https://znanium.com/catalog/product/421621>

6. Hamman J., Main G. A., Wetzel S. Teat tissue reactions to milking. Effects of vacuum level. Journal of Dairy Science. 1993;76(4):1041-1045. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77432-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77432-9)
7. Uzhik V. F., Kuz'mina O. S., Kitaeva O. V., Nekipelov S. I. *Perenosny manipulyator s pochetvertnym upravlyaemym rezhimom doeniya korov*. [Portable manipulator with udder-on-quarters control of milking cows]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019;(4(36)):51-56. (In Russ.). URL: <http://vniimzh.ru/images/material/Magazines/n36.pdf>
8. Ekkhorutoven O. T., Medvedev G. F. *Nekontagioznyy mastit u korov*. [Environmental mastitis in dairy cow]. *Aktual'nye problemy veterinarnogo akusherstva i reproduksii zhivotnykh: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current problems of veterinary obstetrics and animal reproduction: Proceedings of International scientific and practical Conference.]. Gorki: BSKhA, 2013. pp. 458-464. URL: <http://elc.baa.by/upload/science/vet-akushersvo-materialy.pdf>
9. Kirsanov V. V., Mileshina O. V. *Sposoby i tekhnicheskie sredstva opredeleniya ranney diagnostiki mastita u korov i otdeleniya anomal'nogo moloka v potoke pri doenii na doil'nykh ustanovkakh*. [Methods and technical means of determining the early diagnosis of mastitis in cows and separation of abnormal milk flow during milking in milking installations]. *Nauchnye trudy GNU VNIIMZh Rossel'khozakademii*. 2011;22(2(2)):79-85. (In Russ.). URL: <http://vniimzh.ru/images/material/Magazines/n2.pdf>
10. Safiullin N. A., Khazipov N. N., Shaydullin M. Z., Zagidullin L. R., Kayumov R. R., Volkov R. A. *Mashinnoe doenie korov – iskusstvo*. [Machine milking of cows is the skill]. Kazan': Pechatnyy dvor, 2013. 107 p.
11. Rylov A. A., Shulyat'ev V. N., Konopel'tsev I. G. Milking machine: patent RF, no. 154881. 2015. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU154881U1\\_20150910](https://yandex.ru/patents/doc/RU154881U1_20150910)
12. Solov'ev S. A., Kartashov L. P. *Ispolnitel'nye mekhanizmy sistemy «chelovek-mashina-zhivotnoe»*. [Operating mechanism of the «person-machine-animal» system]. Ekaterinburg: UrORAN, 2001. 179 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000739079>
13. Mamaev A. A., Odishariya G. E., Klapchuk O. V., Tochilin A. A., Semenov N. I. *Dvizhenie gazozhidkostnykh smesey v trubakh*. [Movement of gas-liquid mixtures in pipes]. Moscow: Nedra, 1978. 270 p. URL: <http://www.geokniga.org/books/9838>
14. Tsoy Yu. A., Mamedova R. A. *Parametry probkovogo rezhima techeniya zhidkosti v molokoprovode pri promyke*. [Parameters of jam regime of liquid flow in the milk pipeline by rinsing]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2007;(2):3-4. (In Russ.).
15. Til'man Khefel'mayr, Yakob Mayer Yun (DE) A way of measurement of an expense of milk and the device for its exercise: patent RF, no. 2093982. 1997. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2093982C1\\_19971027](https://yandex.ru/patents/doc/RU2093982C1_19971027)
16. Kartashov L. P. *Mashinnoe doenie korov*. [Machinery milking of cows]. Moscow: Kolos, 1982. 301 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001110834>

#### **Сведения об авторах**

**Рылов Александр Аркадьевич**, кандидат техн. наук, доцент кафедры технологического и энергетического оборудования, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Октябрьский пр-кт, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8431-1521>, e-mail: [k-consultant@yandex.ru](mailto:k-consultant@yandex.ru)

✉ **Савиных Петр Алексеевич**, доктор техн. наук, профессор кафедры технологического и энергетического оборудования, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Октябрьский пр-кт, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), главный научный сотрудник, зав. лабораторией механизации животноводства, 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: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>, e-mail: [Peter.savinyh@mail.ru](mailto:Peter.savinyh@mail.ru)

**Шулятьев Валерий Николаевич**, доктор техн. наук, профессор кафедры технологического и энергетического оборудования, ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Октябрьский пр-кт, д. 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5686-863X>, e-mail: [Shulyat'ev.Valeriy@mail.ru](mailto:Shulyat'ev.Valeriy@mail.ru)

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

**Alexander A. Rylov**, PhD in Engineering, associate professor, the Chair of Technological and Power Equipment, Vyatka State Agricultural Academy, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8431-1521>, e-mail: [k-consultant@yandex.ru](mailto:k-consultant@yandex.ru)

✉ **Peter A. Savinykh**, DSc in Engineering, professor at the Chair of Technological and Power Equipment, Vyatka State Agricultural Academy, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), chief researcher, Head of the Laboratory of Mechanization of Livestock Production, 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: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>, e-mail: [Peter.savinyh@mail.ru](mailto:Peter.savinyh@mail.ru)

**Valeri N. Shulyatiev**, DSc in Engineering, professor at the Chair of Technological and Power Equipment, Vyatka State Agricultural Academy, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5686-863X>, e-mail: [Shulyat'ev.Valeriy@mail.ru](mailto:Shulyat'ev.Valeriy@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Контроль и управление в сложной биотехнической системе молочной фермы

© 2020. В. В. Кирсанов, Р. А. Баишева ✉

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Целью исследования данной работы является углубленное изучение влияния «машинного» фактора (М) в системе «человек-машина-животное» («Ч-М-Ж») с детализацией функций, выполняемых «М», с учетом передачи «М» функций контроля и управления от подсистем «человек-оператор» (ЧО) и «животное» (Ж). Представлены: схема трансформации и расширения машинного функционала в биотехнической системе; математическое моделирование зависимости технологических сигналов, контролируемых функционалами локальных биотехнологических систем (ЛБТС); математическая модель диагностических сигналов о соответствующих параметрах технических блоков ЛБТС. Алгоритмизация и цифровизация процессов на молочной ферме включает расширенный перечень контролируемых показателей: технологические сигналы, диагностические сигналы и «тревожные» сигналы, представленные в статье в матричной форме. Контроль параметров важнейшей подсистемы «М» сложной биотехнической системы «Ч-М-Ж» молочной фермы позволяет повысить уровень автоматизации, цифровизации и интеллектуализации соответствующих процессов доения, кормления, навозоудаления и других, что создает предпосылки для улучшения их работы и обслуживания животных, а также повышения уровня автономности их функционирования. Развитие «машинного» фактора системы целесообразно на основе машиноцентрической модели ЛБТС, которая будет постепенно расширять свои функции за счет передаваемых функций контроля и управления от соответствующих подсистем «ЧО» и «Ж». Определены параметры управления в характерных реперных точках четвертных кривых молокоотдачи для разработки уточнённых алгоритмов управления процессами доения отдельных долей вымени в автоматизированных и роботизированных доильных аппаратах нового поколения. Показана графически-числовая модель колесного робота-пододвигателя корма в среде Matlab/Simulink. Созданная математическая модель управления движением колесным роботом-пододвигателем корма обеспечивает эффективное взаимодействие системы позиционирования и привода колесного робота при цифровом управлении автономным движением.

**Ключевые слова:** функционал, «машинный» фактор, локальные подсистемы обслуживания животных, диагностические сигналы, технологические сигналы

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № 0581-2019-0009).

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

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

**Для цитирования:** Кирсанов В. В., Баишева Р. А. Контроль и управление в сложной биотехнической системе молочной фермы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):625-632. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.625-632>

Поступила: 30.06.2020 Принята к публикации: 29.09.2020 Опубликовано онлайн: 22.10.2020

## Control and management in a complex biotechnical system of a dairy farm

© 2020. Vladimir V. Kirsanov, Ravza A. Baisheva ✉

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The research is aimed at profound study of the influence of the "machine" factor (M) in the "human-machine-animal" system ("H-M-A") with the detailed description of the functions performed by "M", taking into account the convey of "M" control and control functions from the subsystems "human-operator" (HO) and "animal" (A). The paper presents the scheme of transformation and expansion of machine functionality in a biotechnical system; mathematical modeling of the dependence of technological signals controlled by the functions of local biotechnological systems (LBTS); mathematical model of diagnostic signals about the corresponding parameters of technical blocks of LBTS. Algorithmization and digitalization of processes on a dairy farm include an extended list of control indicators: technological signals, diagnostic signals and "alarm" signals presented in the article in matrix form. Monitoring the parameters of the most important subsystem "M" of the complex biotechnical system "H-M-A" of a dairy farm provides an increase in the level of automation, digitalization and intellectualization of the corresponding processes of milking, feeding, manure removal and others which creates prerequisites for improving their work and servicing animals as well as increasing the level of autonomy of their functioning. The development of the "machine" factor of the system is advisable on the basis of the machine-centric model of the LBTS, which will gradually expand its functions due to the transferred control and management functions from the corresponding subsystems "HO" and "A". The control parameters are determined at the characteristic reference points of the quarter curves of milk output for the development of refined algorithms for controlling the milking processes of individual udder shares in automated and robotic milking machines of the new generation. A graphical and numerical model of a wheeled feed-pusher robot in

*the Matlab/Simulink environment is shown. The created mathematical model of motion control by a wheeled feed-pusher robot provides effective interaction of the positioning system and the wheeled robot drive in digital of autonomous movement.*

**Keywords:** functional, «machine» factor, local subsystems of animal care, diagnostic signals, technological signals

**Acknowledgements:** the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. 0581-2019-0009).

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:** Kirsanov V. V., Baisheva R. A. Control and management in a complex biotechnical system of a dairy farm. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):625-632. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.625-632>

Received: 30.06.2020

Accepted for publication: 29.09.2020

Published online: 22.10.2020

Рассматриваемая проблема относится к классу сложных биотехнических систем «человек-машина-животное» («Ч-М-Ж»), какими, безусловно, являются современные молочные фермы [1]. По мере усложнения технологий обслуживания животных возрастают требования к их диагностике, контролю параметров работы технологического оборудования, поскольку от этого зависит физиологическое состояние и продуктивное долголетие обслуживаемого поголовья.

С развитием технологий содержания молочного скота растет влияние «машинного» фактора («М») в системе «Ч-М-Ж» [2]. Машина вследствие повышения уровня автоматизации и интеллектуализации производства «забирает» все больше функций человека-оператора (ЧО), с одной стороны, а, с другой, контролируя определенные показатели животного своими датчиками и сенсорами, «старается» контролировать и подсистему «животное» («Ж»). Таким образом, формируется машиноцентрическая модель локальной биотехнической системы (ЛБТС), какими, например, являются подсистемы доения, кормления, поения и др. При этом передаваемые «машине» функции «ЧО» по мере развития «М» повышают уровень автоматизации и интеллектуализации производства последнего, автономности его использования, достигая своего максимума при роботизированном обслуживании животных [3].

В наших исследованиях впервые рассмотрен комплексный подход к контролю и управлению «М» с детализацией его функций применительно к технологическим процессам на молочной ферме.

**Цель исследования** – углубленное изучение влияния «машинного» фактора в системе «человек-машина-животное» с детализацией функций, выполняемых «М», с учетом переда-

чи «М» функций контроля и управления от подсистем «человек-оператор» и «животное».

**Материал и методы.** Общий функционал развития «М» в системе «Ч-М-Ж» можно представить следующим образом:

$$Z_M^n = f[M, X_{1a} \dots X_{1n}] + f[ЧО, y_{1u} \dots y_{nu}] + f[Ж, \vartheta_1 \dots \vartheta_n], \quad (1)$$

где  $Z_M^n$  – полный функционал «М»;

$f[M, X_{1a} \dots X_{1n}]$  – собственный существующий функционал выполняемых механизированных и автоматизированных операций;

$f[ЧО, y_{1u} \dots y_{nu}]$  – функционал части простых интеллектуальных видеоаналитических функций, переданных машине «ЧО»;

$f[Ж, \vartheta_1 \dots \vartheta_n]$  – функционал части контролируемых параметров подсистемы «Ж».

Реализация полного функционала  $Z_M^n$  наиболее целесообразна в ЛБТС, где машина и животное функционируют в виде единой системы «М-Ж». К таким подсистемам можно отнести практически все технологии «Ж», а именно подсистемы кормления, доения, поения, микроклимата и др. [4].

Очевидно, что функционалы, представленные в выражении (1), могут реализовываться лишь через конкретные ЛБТС обслуживания животных.

Собственный функционал «М» можно представить в следующем виде:

$$f[M, X_{1a} \dots X_{1n}] = f_1[M_{\partial}, X_{1\partial} \dots X_{n\partial}] + f_2[M_{\kappa}, X_{1\kappa} \dots X_{n\kappa}] + f_4[M_{\eta}, X_{1\eta} \dots X_{n\eta}] + f_5[M_{\mu}, X_{1\mu} \dots X_{n\mu}], \quad (2)$$

где  $f_1[M_{\partial}, X_{1\partial} \dots X_{n\partial}]$  – функционал локальной биотехнической подсистемы доения;

$f_2[M_{\kappa}, X_{1\kappa} \dots X_{n\kappa}]$  – функционал локальной биотехнической подсистемы кормления;

$f_3[M_{\epsilon}, X_{1\epsilon} \dots X_{n\epsilon}]$  – функционал локальной биотехнической подсистемы водоснабжения и

автопоения;  $f_4[M_n, X_{1n} \dots X_{nn}]$  – функционал локальной биотехнической подсистемы навозоудаления;  $f_5[M_m, X_{1m} \dots X_{nm}]$  – функционал локальной биотехнической подсистемы обеспечения микроклимата.

В выражении (2) представлены основные функционалы, выполненные подсистемой «М» на ферме. В последствии можно составить расширенную матричную модель, в строках которой будут записаны выполняемые ЛБТС функционалы, а в столбцах расшифровка функций ( $X_1 \dots X_n$ ), входящих в соответствующий функционал [5].

Теперь рассмотрим более подробно входящие в выражение (2) функционалы локальных биотехнических подсистем доения, кормления и др.

$$f_1[M_d, X_{1d} \dots X_{nd}] = f_d[M_d, t_{d1} \dots t_{dn}, q_1 \dots q_n, V_1 \dots V_n, i_{m1} \dots i_{mn}, P_{e1} \dots P_{en}, \Pi_{n1} \dots \Pi_{nn}, j_1 \dots j_n], \quad (3)$$

где  $t_{d1} \dots t_{dn}$  – функции параметров продолжительности доения коров;  $q_1 \dots q_n$  – функции параметров удоев животных;  $V_1 \dots V_n$  – функции параметров скорости молокоотдачи;  $i_{m1} \dots i_{mn}$  – функции параметров электропроводности молока;  $P_{e1} \dots P_{en}$  – функции параметров вакуумметрического давления;  $\Pi_{n1} \dots \Pi_{nn}$  – функции параметров частоты пульсаций пульсатора;  $j_1 \dots j_n$  – функции параметров соотношения тактов.

Также приведены основные параметры существующих функционалов локальной биотехнической подсистемы доения. От человека-оператора данная подсистема может дополнительно «принять»: контроль припуска молокоотдачи с операциями санитарной обработки и стимуляции рефлекса молокоотдачи ( $C_{m1} \dots C_{mn}$ ), сдаивание первых струек ( $C_{nc1} \dots C_{ncn}$ ), отбор контрольных проб для анализа качества молока ( $K_{m1} \dots K_{mn}$ ), отделение

аномального молока в потоке по признакам мастита, примесям крови и др. ( $O_{m1} \dots O_{mn}$ ), подключение доильных стаканов в роботизированных системах ( $\Pi_{dc1} \dots \Pi_{dcn}$ ) и др.

Запишем дополнительный функционал, передаваемый подсистеме «М» от «ЧО»,

$$f[ЧО, y_{1u} \dots y_{nu}] = f_d[M_d, C_{m1} \dots C_{mn}, C_{nc1} \dots C_{ncn}, K_{m1} \dots K_{mn}, O_{m1} \dots O_{mn}, \Pi_{dc1} \dots \Pi_{dcn}]. \quad (4)$$

Совершенно очевидно, что данный дополнительный функционал подсистемы доения, включающий на первом этапе простые интеллектуальные функции, выполняемые человеком-оператором, также будет расширяться и развиваться в сторону углубления контроля параметров в ЛБТС доения, предупреждения нежелательных последствий сухого доения, создания щадящих оптимальных режимов по четвертям доения и др. Будет также расширяться перечень контролируемых показателей качества молока в потоке с использованием технологии микрофлюидного отбора с созданием «лабораторий на чипе». Это технологии будущего для применения на молочных фермах, однако они позволят существенно поднять автономность функционирования ЛБТС доения, одновременно повысив его интеллектуальные и цифровые возможности.

Дополнительными функциями контролируемых показателей в подсистеме «Ж» и передаваемых подсистеме «М» может служить показатель импеданса вымени животного, позволяющий контролировать секреторную способность лактирующего органа и его опорожнение ( $i_{e1} \dots i_{en}$ ) в процессе доения [6, 7]:

$$f_d[Ж, \vartheta_1 \dots \vartheta_n] = f_d[M_d, i_{e1} \dots i_{en}]. \quad (5)$$

Таким образом, полный функционал локальной биотехнической подсистемы доения можно представить в виде:

$$Z_M^d = f_d[M_d, t_{d1} \dots t_{dn}, q_1 \dots q_n, V_1 \dots V_n, i_{m1} \dots i_{mn}, P_{e1} \dots P_{en}, \Pi_{n1} \dots \Pi_{nn}, j_1 \dots j_n] + f_d[M_d, C_{m1} \dots C_{mn}, C_{nc1} \dots C_{ncn}, K_{m1} \dots K_{mn}, O_{m1} \dots O_{mn}, \Pi_{dc1} \dots \Pi_{dcn}] + f_d[M_d, i_{e1} \dots i_{en}]. \quad (6)$$

Данное выражение включает существующий функционал, принятый функционал от «ЧО» и часть показателей от подсистемы «Ж».

Расширение перечня контролируемых показателей будет происходить постепенно

по мере повышения уровней автоматизации и интеллектуализации соответствующего технологического процесса. Общая направленность этого процесса будет заключаться в выполнении замещаемых «машиной» функций подсистемы «ЧО» и «Ж».

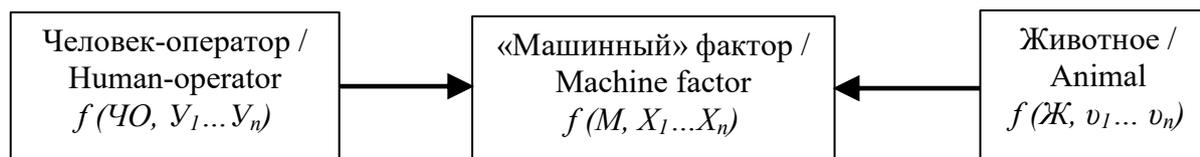


Рис. 1. Схема трансформации и расширения машинного функционала в биотехнической системе «ЧО-М-Ж» /

Fig 1. Scheme of transformation and expansion of machine functionality in the bio-technical system HO-M-A

Следующей важной подсистемой является подсистема кормления, от которой зависит реализация продуктивного потенциала животного. По аналогии с выражениями (1), (6) полный функционал подсистемы кормления можно представить в виде

$$Z_M^K = f_K[M_K, X_{1K} \dots X_{n_K}] + f_K[ЧО, y_{1K} \dots y_{n_K}] + f_K[Ж, \vartheta_{1K} \dots \vartheta_{n_K}], \quad (7)$$

где  $f_K[M_K, X_{1K} \dots X_{n_K}]$  – собственный существующий функционал ЛБТС кормления;

$f_K[ЧО, y_{1K} \dots y_{n_K}]$  – передаваемый «ЧО» функционал части простых интеллектуальных функций;  $f_K[Ж, \vartheta_{1K} \dots \vartheta_{n_K}]$  – функционал части параметров подсистемы «Ж», передаваемых подсистеме «М».

Рассмотрим более подробно составляющие выражения (7). Собственный «машинный» функционал ЛБТС кормления очевидно должен включать такие показатели, как кратность кормления животных в сутки ( $n_{K1} \dots n_{Kn}$ ), количество корма, раздаваемого на 1 погонный метр кормушки ( $q_{nM1} \dots q_{nMn}$ ), неравномерность раздачи корма ( $v_{K1} \dots v_{Kn}$ ), качество смешивания кормовой смеси ( $\Theta_{Kc1} \dots \Theta_{Kcn}$ ), продолжительность раздачи корма (производительность) ( $t_{pK1} \dots t_{pKn}$ ) и другие [7, 8]:

$$f_K[M_K, X_{1K} \dots X_{n_K}] = f_K[M_K, n_{K1} \dots n_{Kn}, q_{nM1} \dots q_{nMn}, v_{K1} \dots v_{Kn}, \Theta_{Kc1} \dots \Theta_{Kcn}]. \quad (8)$$

$$Z_M^K = f_K[M_K, n_{K1} \dots n_{Kn}, q_{nM1} \dots q_{nMn}, v_{K1} \dots v_{Kn}, \Theta_{Kc1} \dots \Theta_{Kcn}] + f_K[M_K, q_{1p} \dots q_{np}, k_{1u} \dots k_{1n}, q_{ocm1} \dots q_{ocmn}] + f_K[M_K, k_{ж1} \dots k_{жn}, n_{Kc1} \dots n_{Kcn}, t_{pc1} \dots t_{pcn}]. \quad (11)$$

В дальнейшем при развитии процессов алгоритмизации и цифровизации производства [11] данное выражение также можно представить в матричной форме.

Выражение (8) также может быть расширено по перечню выполняемых подсистемой «М» функций и контролируемых показателей.

К функции контролируемых «передаваемых» человеком-оператором подсистеме кормления можно отнести такие функции, как контроль рационов кормления ( $q_{1p} \dots q_{np}$ ), качество смешиваемых ингредиентов корма ( $k_{1u} \dots k_{1n}$ ), количество остатков корма на кормовом столе ( $q_{ocm1} \dots q_{ocmn}$ ):

$$f_K[ЧО, X_{1K} \dots X_{n_K}] = f_K[M_K, q_{1p} \dots q_{np}, k_{1u} \dots k_{1n}, q_{ocm1} \dots q_{ocmn}]. \quad (9)$$

Выражение (9) также может расширяться и дополняться по мере развития процессов цифровизации и автоматизации производства. И, наконец, от подсистемы «Ж» машина может «принять» такие функции, как контроль жвачки (пережевывание корма) ( $k_{ж1} \dots k_{жn}$ ), количество подходов к кормовому столу ( $n_{Kc1} \dots n_{Kcn}$ ), продолжительность разового кормления (присутствия животного у кормового стола) ( $t_{pc1} \dots t_{pcn}$ ) и другие [9, 10]:

$$f_K[Ж, \vartheta_{1K} \dots \vartheta_{n_K}] = f_K[M_K, k_{ж1} \dots k_{жn}, n_{Kc1} \dots n_{Kcn}, t_{pc1} \dots t_{pcn}]. \quad (10)$$

С учетом выражений (8), (9), (10) полный функционал подсистемы «кормление» может быть записан в виде:

По аналогии с выражениями (6), (11) можно записать полные функционалы подсистем водоснабжения и автопоения  $Z_M^B$ , подсистем навозоудаления  $Z_M^H$  и микроклимата  $Z_M^M$  [12, 13]:

$$\left\{ \begin{aligned} Z_M^e &= f_e[M_e, q_{e_1} \dots q_{e_n}, k_{e_1} \dots k_{e_n}, t_{e_1} \dots t_{e_n}, n_{e_1} \dots n_{e_n}] \\ Z_M^h &= f_h[M_h, n_{ky_1} \dots n_{ky_n}, t_{y\bar{o}_1} \dots t_{y\bar{o}_n}, \vartheta_{zk_1} \dots \vartheta_{zk_n}] \\ Z_M^M &= f_M[M_M, n_{CO_2_1} \dots n_{CO_2_n}, n_{H_2O_1} \dots n_{H_2O_n}, n_{Q_1} \dots n_{Q_n}; t_{\epsilon_{z_1}} \dots t_{\epsilon_{z_n}}; V_{\epsilon_{z_1}} \dots V_{\epsilon_{z_n}}, \\ &\quad \omega_{\epsilon_{z_1}} \dots \omega_{\epsilon_{z_n}}; v_{NH_3}, v_{H_2S}] \end{aligned} \right. \quad (12)$$

где  $q_{e_1} \dots q_{e_n}$  – водопотребление одним животным в сутки, л;  $k_{e_1} \dots k_{e_n}$  – показатели качества воды;  $t_{e_1} \dots t_{e_n}$  – температура воды в поилке;  $n_{e_1} \dots n_{e_n}$  – число подходов к автопоилке;  $n_{ky_1} \dots n_{ky_n}$  – кратность уборки навоза в сутки;  $t_{y\bar{o}_1} \dots t_{y\bar{o}_n}$  – продолжительность разовой уборки, мин;  $\vartheta_{zk_1} \dots \vartheta_{zk_n}$  – коэффициент заполнения навозного канала;  $n_{CO_2}, n_{H_2O}, n_Q$  – кратности воздухообменов по углекислому газу  $CO_2$ , водяным парам  $H_2O$ , количеству теплоты  $Q$ ;  $t_{\epsilon_{z_1}} \dots t_{\epsilon_{z_n}}$  – температура воздуха в помещении, °С;  $V_{\epsilon_{z_1}} \dots V_{\epsilon_{z_n}}$  – скорость движения воздуха в помещении, м/с;  $\omega_{\epsilon_{z_1}} \dots \omega_{\epsilon_{z_n}}$  – относительная влажность воздуха, %;  $v_{NH_3}, v_{H_2S}$  – концентрация вредных газов (аммиак, сероводород) в зоне расположения животных.

**Результаты и их обсуждение.** Управление подсистемами кормления, поения, доения, микроклимата и др. осуществляется через соответствующие ЛБТС. При этом основная часть сигналов поступает в результате контакта подсистем «Ж» и «М» и по соответствующим радиоканалам передается через базовые станции (БС) в автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов (зоотехник, ветврач, селекционер и др.).

Часть сигналов может непосредственно передаваться от одной ЛБТС к другой без «захода» в АРМ, когда не требуется знание специалистов и работа соответствующей ЛБТС может быть скорректирована автономно (автоматически). Более сложные случаи (заболевание и лечение животных, начало родов и родовспоможение) происходят с участием профильных специалистов.

Сигналы, поступающие от ЛБТС, можно разделить на технологические (нормальные), диагностические (о параметрах функционирования «машины») и «тревожные» аномальные (травма, заболевание животных и др.) Технологически нормальные сигналы – это информация о надоях, скорости молокоотдачи, времени доения, количестве подходов к кормово-

му столу и т.д. Они формируются в соответствующих блоках управления и рабочих местах обслуживания животных и составляют основу информационных потоков, поступающих от животных [14, 15].

Таким образом, технологические сигналы составляют часть соответствующих параметров, контролируемых функционалами ЛБТС:

$$\begin{aligned} i_m &= f[M_\partial, i_{T\partial_1} \dots i_{T\partial_n}; M_K, i_{TK_1} \dots i_{TK_n}; \\ &M_H, i_{TH_1} \dots i_{TH_n}; M_e, i_{Te_1} \dots i_{Te_n}; \\ &M_M, i_{TM_1} \dots i_{TM_n}, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $i_{T\partial}, i_{TK}, i_{TH}, i_{Te}, i_{TM}$  – соответственно нормальные технологические сигналы, формирующиеся в подсистемах доения ( $M_\partial$ ), кормления ( $M_K$ ), навозоудаления ( $M_H$ ), водоснабжения ( $M_e$ ), микроклимата ( $M_M$ ).

Следующую группу показателей составляют диагностические сигналы о соответствующих параметрах технических блоков ЛБТС:

$$\begin{aligned} i_{\partial c} &= f[M_\partial, i_{\partial c_1}^\partial \dots i_{\partial c_n}^\partial; \\ &M_K, i_{\partial c_1}^K \dots i_{\partial c_n}^K; M_H, i_{\partial c_1}^H \dots i_{\partial c_n}^H; \\ &M_e, i_{\partial c_1}^e \dots i_{\partial c_n}^e; M_M, i_{\partial c_1}^M \dots i_{\partial c_n}^M], \end{aligned} \quad (14)$$

где  $i_{\partial c}^\partial, i_{\partial c}^K, i_{\partial c}^H, i_{\partial c}^e, i_{\partial c}^M$  – соответствующие диагностические сигналы технических параметров ЛБТС: доения ( $M_\partial$ ), кормления ( $M_K$ ), навозоудаления ( $M_H$ ), водоснабжения ( $M_e$ ), микроклимата ( $M_M$ ).

Перечень этих сигналов формируется по показателям соответствующих функционалов и подсистем технического обслуживания и диагностики (ТО) на основе соответствующих паспортов, инструкций по эксплуатации и другой научно-технической документации. Здесь же производится расчет трудоемкости ТО и ремонтов по соответствующим ЛБТС доения, кормления, автопоения и др. Основная информация содержится в базе данных АРМ инженера.

К последней группе относятся «тревожные» сигналы о сбоях и отклонениях в работе подсистемы («М-Ж»), снизившихся надоях, воспалениях четвертой вымени, наличии анти-

биотиков, примесей крови, сгустков в молоке и других:

$$i_{mc} = f[M_{\partial}, i_{mc_1}^{\partial} \dots i_{mc_n}^{\partial}; M_K, i_{mc_1}^K \dots i_{mc_n}^K; M_H, i_{mc_1}^H \dots i_{mc_n}^H; M_{\epsilon}, i_{mc_1}^{\epsilon} \dots i_{mc_n}^{\epsilon}; M_M, i_{mc_1}^M \dots i_{mc_n}^M], \quad (15)$$

где  $i_{mc}^{\partial}$ ,  $i_{mc}^K$ ,  $i_{mc}^H$ ,  $i_{mc}^{\epsilon}$ ,  $i_{mc}^M$  – соответствующие тревожные сигналы, поступающие от ЛБТС доения ( $M_{\partial}$ ), кормления ( $M_K$ ), навозоудаления ( $M_H$ ), водоснабжения ( $M_{\epsilon}$ ), микроклимата ( $M_M$ ).

Данный перечень контролируемых показателей может расширяться и дополняться.

Для моделирования процессов управления в доильном аппарате по четвертям вымени рассмотрены соответствующие кривые скорости молокоотдачи по каждой четверти вымени (рис. 2) [7]. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных на примере

процесса с доильных роботов фирмы Lely «astronaut» (164 коровы). Для получения информации по продолжительности доения отдельных долей вымени коровы сформированы в семь интервальных групп.

Для управления временем процесса додаивания ( $\Delta t_d \leq 30$ сек) необходимо выполнение следующих условий:

$$\begin{cases} (t_d - t_{2'}) \geq \Delta t_{д.ср} \rightarrow \Delta t_{д.ср} = 30 \text{ сек} \\ (t_d - t_{2'}) < \Delta t_{д.ср} \rightarrow \Delta t_{д.ср} = (t_d - t_{2'}) \end{cases} \quad (16)$$

где  $\Delta t_{д.ср}$  – средняя продолжительность машинного додаивания на исходной четверти ( $t_{д.ср} \leq 30$  сек.);

$t_d$  – время доения коровы;  $t_{2'}$  – время доения, соответствующее окончанию периода действия установившегося режима доения.

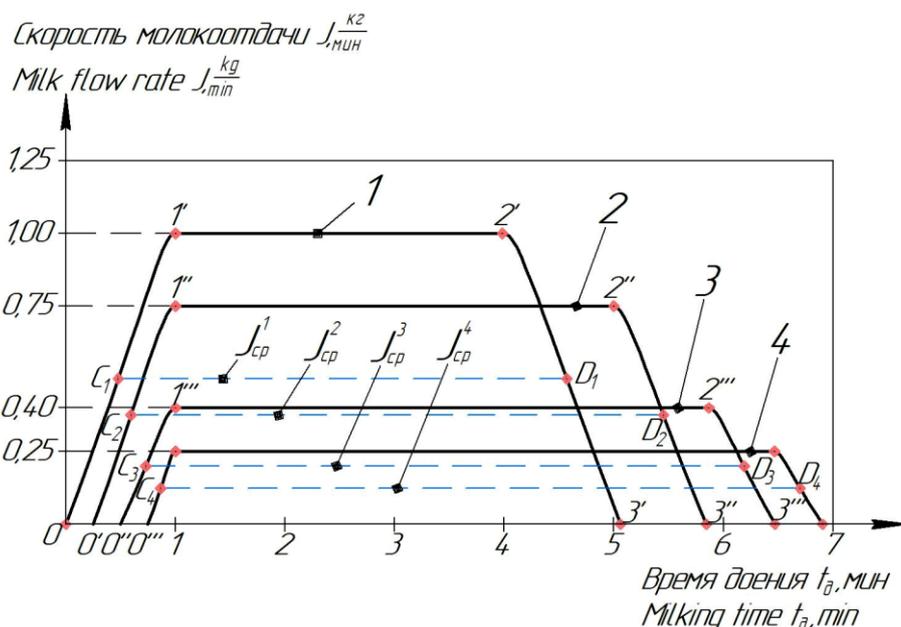


Рис. 2. Почетвертные кривые молокоотдачи коров: 1 – с высокой скоростью молокоотдачи (4...5 л/мин по вымени в целом); 2 – со средневысокой скоростью (3л/мин); 3 – с нормальной скоростью (2,0 л/мин); 4 – с низкой скоростью (1,0 л/мин); 1' ; 2' ; 3' – реперные точки молокоотдачи; C1...C4 – переход со стимулирующего режима на основной; D1...D4 – начало машинного додаивания /

Fig. 1. Quarter milk flow rate curves of cows: 1 – with a high milk flow rate (4...5 l/min for the udder as a whole); 2 – with an average high milk flow rate (3 l/min); 3 – with a normal milk flow rate (2.0 l/min); 4 – with a low milk flow rate (1.0 l/min) 1' ; 2' ; 3' – reference points of milk yield; C1...C4 – transition from the stimulating mode to the main one; D1...D4 – the beginning of milking finishing

При этом режим додаивания желательно начать как можно раньше на участке (2'-3'), чтобы не допустить наполнение доильных стаканов и механического сдерживания извлечения молока из соответствующих долей вымени коровы. Первое условие характерно для животных с нормальной и низкой скоростью молокоотдачи, а второе для животных с высокой скоростью, у которых продолжительность нисходящей ветви молокоотдачи  $\leq 30$  сек.

Разработанные модели позволяют определить параметры управления в характерных реперных точках почетвертных кривых молокоотдачи для разработки уточнённых алгоритмов управления процессами доения отдельных долей вымени в автоматизированных и роботизированных доильных аппаратах нового поколения.

Симуляция математической модели технологического процесса кормления рассмот-

рена на примере колесного робота-пододвигателя корма, смоделирована элементная

база с двумя независимыми приводными колесами в среде Matlab/Simulink (рис. 3) [16].

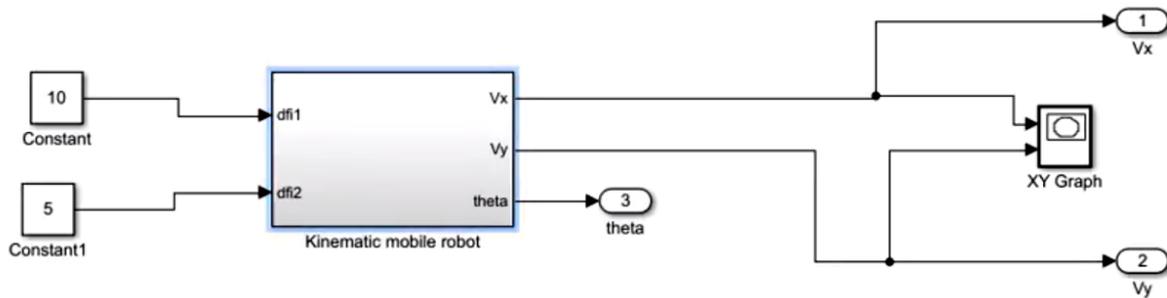


Рис. 3. Графически-числовая модель колесного робота-пододвигателя корма в среде Matlab/Simulink / Fig. 3. Graphical and numerical model of a wheeled feed-pusher robot in the Matlab/Simulink environment

Результатом симуляции математической модели колесного робота-пододвигателя корма с двумя независимыми приводными колесами является построение графика в среде Matlab/Simulink, который получен путем описания центра масс робота в плоскости (x, y), причем показатели Constant = 5, Constant1 = 10, что характеризует уровень подачи напряжения на привод колеса. Созданная математическая модель управления движением колесного робота-пододвигателя корма позволит обеспечить эффективное взаимодействие систем электропривод и позиционирования с центральной платой управления, которая регулирует количество подаваемых импульсов на привод колесного робота при цифровом управлении автономным движением.

**Выводы.** Контроль параметров важнейшей подсистемы «машина» сложной биотехнической системы «Ч-М-Ж» молочной фермы позволяет повысить уровень автоматизации, цифровизации и интеллектуализации соответствующих ЛБТС доения, кормления, навозоудаления и других, что создает предпосылки для улучшения их работы и обслуживания животных, а также повышения уровня автоном-

ности их функционирования. Развитие «машинного» фактора системы целесообразно на основе машиноцентрической модели ЛБТС, которая будет постепенно расширять свои функции за счет передаваемых функций контроля и управления от соответствующих подсистем «ЧО» и «Ж».

Разработанные модели позволяют определить параметры управления в характерных реперных точках почетвертных кривых молокоотдачи для разработки уточнённых алгоритмов управления процессами доения отдельных долей вымени в автоматизированных и роботизированных доильных аппаратах нового поколения. Результатом симуляции математической модели колесного робота-пододвигателя корма с двумя независимыми приводными колесами является построение графика в среде Matlab/Simulink. Созданная математическая модель управления движением колесным роботом-пододвигателем корма обеспечивает эффективное взаимодействие системы позиционирования и привода колесного робота при цифровом управлении автономным движением.

### References

1. Карташов Л. П., Зубкова Т. М. Параметрический и структурный синтез технологических объектов на основе системного подхода и математического моделирования. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 225 с.  
Kartashov L. P., Zubkova T. M. *Parametricheskij i strukturnyj sintez tekhnologicheskikh ob'ektov na osnove sistemnogo podkhoda i matematicheskogo modelirovaniya*. [Parametric and structural synthesis of technological objects based on the system approach and mathematical modeling]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 225 p.
2. Черноиванов В. И., Судаков С. К., Толоконников Г. К. Биомашсистемы, функциональные системы, категорная теория систем. М.: НИИ нормальной физиологии им. П. К. Анохина РАН, ФНАЦ ВИМ РАН, 2018. 446 с.  
Chernoivanov V. I., Sudakov S. K., Tolokonnikov G. K. *Biomashsistemy, funktsional'nye sistemy, kategor'naya teoriya sistem*. [Biomachine systems, functional systems, categorical systems theory]. Moscow: NII normal'noy fiziologii im. P. K. Anokhina RAN, FNATs VIM RAN, 2018. 446 p.
3. Meena Hans, Chaudhary Shalini, Meena Brajendra, Kadain K. S. Farmers' perception towards dairy farm automation in north India. *Indian Journal of Dairy Science*. 2020;73(2):167-174.  
DOI: <https://doi.org/10.33785/IJDS.2020.v73i02.012>

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends. Available at: <https://shop.fibl.org/CHen/mwdownloads/download/link/id/1202?ref=1> (accessed: 20.03.2020).

5. Prabhakar Maurya, Angom Binita, Dharmendra Kumar. Animal Husbandry Sector and Global Climate Change. Conference: International Conference on "Role of Agri-Science, Forestry, Food Technology & Participatory Natural Resource Management for Mitigation of Climate Change (AF-Nature 2015)". At: New Delhi, Jawahar Lal University. 2015;2(1):40-44.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/314151949\\_Animal\\_Husbandry\\_Sector\\_and\\_Global\\_Climate\\_Change](https://www.researchgate.net/publication/314151949_Animal_Husbandry_Sector_and_Global_Climate_Change)

6. Biotechnology in animal husbandry. Journal for the Improvement of Animal Husbandry. 2016;32(2). Available at: <https://istocar.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2016/07/BNT-2-za-sajt.pdf> (accessed: 15.04.2020).

7. Измайлов А. Ю., Цой Ю. А., Кирсанов В. В. Технологические основы алгоритмизации и цифрового управления процессами молочных ферм. М.: Научная мысль, 2019. С. 84-93.

Izmaylov A. Yu., Tsoy Yu. A., Kirsanov V. V. *Tekhnologicheskie osnovy algoritimizatsii i tsifrovogo upravleniya protsessami molochnykh ferm*. [Technological bases of algorithmization and digital control of dairy farm processes]. Moscow: *Nauchnaya mysl'*, 2019. pp. 84-93.

8. Van De Gucht T., Saeys W., Van Nuffel A., Pluym L., Piccart K., Lauwers L., Vangeyte J., Van Weyenberg S. Farmers' preferences for automatic lameness-detection systems in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2017;100(7):5746-5757. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12285>

9. Schütz Christoph G., Schausberge Simon, Schrefl Michael. Building an active semantic data warehouse for precision dairy farming. Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce. 2018;28(2):122-141. DOI: <https://doi.org/10.1080/10919392.2018.1444344>

10. Sundarraj A. A., Rajathi A. A., Vishaal S. C., Prakash M. S., Sam A. A., Seihenbalg S. S. Food Biotechnological Applications in Dairy and Dairy Products. Journal of Pharmacy Research. 2018;12(4):1-6. URL: [https://www.researchgate.net/publication/324167849\\_FOOD\\_BIOTECHNOLOGICAL\\_APPLICATIONS\\_IN\\_DAIRY\\_AND\\_DAIRY\\_PRODUCTS](https://www.researchgate.net/publication/324167849_FOOD_BIOTECHNOLOGICAL_APPLICATIONS_IN_DAIRY_AND_DAIRY_PRODUCTS)

11. Alphonse Chapanis, William K. Holstein. Human-factors engineering. BioEngineering. Available at: <https://www.britannica.com/topic/human-factors-engineering> (accessed: 25.06.2020).

12. Цой Ю. А., Баишева Р. А. Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):192-199. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199>

Tsoy Yu. A., Baisheva R. A. *Tekhnologicheskie aspekty sozdaniya «umnoy» molochnoy fermy*. [Technological aspects of smart dairy farm development]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):192-199. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.192-199>

13. Ron Berger, Anat Hovav. Using a Dairy Management Information System to Facilitate Precision Agriculture: The Case of the AfiMilk® System. Information Systems Management. 2013;30(1):21-34.

DOI: <https://doi.org/10.1080/10580530.2013.739885>

14. Sorensen C. G., Fountas S., Nash E., Personen L., Bochtis D., Pedersen S. M., Basso B., Blackmore S. B. Conceptual model of a future farm management information system. Computers and Electronics in Agriculture. 2010;72(1):37-47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.02.003>

15. Schönfeld M., Heil R., Bittner L. Big Data on a Farm – Smart Farming. In: Hoeren T., Kolany-Raiser B. (eds) Big Data in Context. SpringerBriefs in Law. Springer, Cham. 2018. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7_12)

16. Nikitin E., Pavkin D. Modeling the motion processes of a multifunctional robot for animal units. E3S Web Conf. 2020;164:06023. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016406023>

#### **Сведения об авторах**

**Кирсанов Владимир Вячеславович**, доктор техн. наук, профессор, заведующий отделом, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2549-4070>, e-mail: [femaks@bk.ru](mailto:femaks@bk.ru)

✉ **Баишева Равза Анвяровна**, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: [rozamamedova@mail.ru](mailto:rozamamedova@mail.ru)

#### **Information about authors**

**Vladimir V. Kirsanov**, DSc in Engineering, professor, Head of the Department, «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9837-282X>, e-mail: [femaks@bk.ru](mailto:femaks@bk.ru)

✉ **Ravza A. Baisheva**, PhD in Engineering, «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-4478>, e-mail: [rozamamedova@mail.ru](mailto:rozamamedova@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

