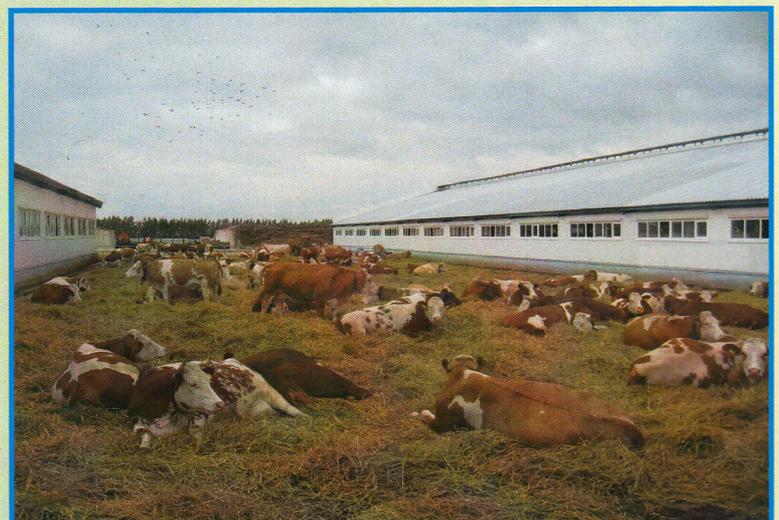


ISSN 2072-9081 (print)  
ISSN 2500-1396 (online)

# АГРАРНАЯ НАУКА ЕВРО-СЕВЕРО-ВОСТОКА

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

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



Том 20  
№ 5  
2019

Vol. 20  
No. 5  
2019

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

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

Свидетельство  
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** – **Сысуев 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

**Ответственный секретарь** – **Соболева Наталия Николаевна**, инженер по НТИ 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 крахмалопродуктов, 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

**Баранов Александр Васильевич** д.б.н., профессор, г. Кострома, 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

**Еремин Сергей Петрович** д.в.н., профессор, заведующий кафедрой «Частная зоотехния, разведение с.-х. животных и акusherство» 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

**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

**Косолапов Владимир Михайлович** д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса

**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

**Li Yu** профессор, научный руководитель Цзилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай

**Мохнаткин Виктор Германович** д.т.н., профессор Вятской государственной сельскохозяйственной академии, заслуженный изобретатель Российской Федерации, г. Киров, 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.

Полные тексты статей доступны  
на сайтах электронных научных  
библиотек: eLIBRARY.RU:  
<http://elibrary.ru>; ЭНЦХБ:  
<http://www.cnsnb.ru/elbib.shtml>;  
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  
16.10.2019 г.

Дата выхода в свет  
31.10.2019 г.

Формат 60x84<sup>1/8</sup>.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 12,32

Тираж 100 экз. Заказ 36.

Цена свободная

Отпечатано с оригинал-макета  
Типография ФГБНУ ФАНЦ  
Северо-Востока  
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

**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 «Эпизоотология, паразитология и ветсанэкспертиза» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

**Kaisa Poutanen**

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

**Wazlaw Romaniuk**

д.т.н., профессор, Технолог-природоведческий институт, г. Варшава, Польша

**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

**Самоделькин  
Александр  
Геннадьевич**

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

**Сафонов Владимир  
Георгиевич**

д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова, г. Киров, Россия

**Сисягин  
Павел Николаевич**

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

**Титова  
Вера Ивановна**

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

**Токарев  
Антон Николаевич**

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

**Цой  
Юрий Алексеевич**

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

**Ren Changzhong**

Президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный член РАН, г. Байчен, Китай

**Юнусов Губейдулла  
Сибяттулович**

д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции Аграрно-технологического института Марийского государственного института, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, Россия

#### Редакционная коллегия

**Агалакова Татьяна  
Владимировна**

к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории ветеринарной иммунологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Брандорф  
Анна Зиновьевна**

д.с.-х.н., Врио директора Федерального научного центра по пчеловодству, г. Рыбное, Россия

**Бурков Александр  
Иванович**

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

**Веселова Наталья  
Васильевна**

к.с.-х.н., ученый секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Ивановский  
Александр  
Александрович**

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

**Козлова Людмила  
Михайловна**

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

**Костенко Ольга  
Владимировна**

к.э.н., доцент, врио проректора по экономике и инновациям Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

**Рябова Ольга  
Вениаминовна**

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

**Устюжанин Игорь  
Александрович**

к.с.-х.н., директор ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Фигурин Валентин  
Алексеевич**

д.с.-х.н., г. Киров, Россия

**Шешегова  
Татьяна Кузьмовна**

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

**Широких  
Ирина Геннадьевна**

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

© 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

Certificate  
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

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

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

#### Headings

- REVIEW ARTICLE
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES  
(Plant growing, Fodder production, Storage and processing of agricultural production; Agriculture, agrochemistry, land improvement; Zootechny, Fur farming and hunting, Veterinary medicine, 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. Sci. Tech., 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. Agric. Sci., the senior lecturer, head of scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia

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

#### Editorial council

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Nikolay R. Andreev</b>    | Dr. Sci. Tech., corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia  |
| <b>Vygar A. Bagirov</b>      | Dr. Sci. Biol., 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  |
| <b>Aleksandr V. Baranov</b>  | Dr. Sci. Biol., the professor, Kostroma, Russia   |
| <b>Galina A. Batalova</b>    | Dr. Sci. Agric., the professor, academician of RAS, the deputy director on selection work, the head of Department of oats of the FARC North-East, Kirov, Russia   |
| <b>Alexander M. Guryanov</b> | Dr. Sci. Agric., the professor, the director of Mordovian Agricultural Research Institute, Saransk, Russia  |
| <b>Svetlana V. Degteva</b>   | Dr. Sci. Biol., the acting director of Institute of biology of Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia  |
| <b>Eduard D. Dzhavadov</b>   | Dr. Sci. in 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     |
| <b>Sergey P. Eremin</b>      | Dr. Sci. in Veterinary, professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia  |
| <b>Dmitriy A. Ivanov</b>     | Dr. Sci. Agric., the professor, corresponding member of RAS, the All-Russia scientific research institute of agricultural use of the reclaimed lands, Tver, Russia  |
| <b>Petr P. Kazakevich</b>    | Dr. Sci. Tech., the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus  |
| <b>Aleksandr I. Kostjaev</b> | Dr. Sci. in Economics, the professor, academician of RAS, the director of North-West scientific research institute of economy and the organisation of agriculture, St. Petersburg, Russia   |
| <b>Vladimir M. Kosolapov</b> | Dr. Sci. Agric., the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia   |
| <b>Ivan M. Kulikov</b>       | Dr. Sci. in Economics, the professor, academician of RAS, the director of the All-Russia breeding-and-technology institute of gardening and plant rearing, Moscow, Russia   |
| <b>Andrei V. Lednev</b>      | Dr. Sci. in Agriculture, 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 |
| <b>Li Yu</b>                 | The professor, the director of Institute of mycology of Jilin agrarian university, a foreign member of RAS, Changchun, China  |

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

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

16.10.2019.

Date of exit to light

31.10.2019.

Format 60x84<sup>1/8</sup>.

Offset paper.

Cond. pecc. I. 12,32.

Circulation 100 copies. Order 36.

Price available.

Printed from the layout Typography FGBNU FANTS Northeast. 610007, Kirov, Lenina str., 166a

- Viktor G. Mokhnatkin** Dr. Sci. Tech., the professor of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Galina N. Nikonova** Dr. Sci. in 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. Sci. in Veterinary, professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Kaisa Poutanen** Academy Professor, Dr.Sc. (Tech.), VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland
- Wazlaw Romanjuk** Dr. Sci. Tech., the professor, Tehnological-and-naturalists' institute, Warsaw, Poland
- Ivan.V. Savchenko** Dr. Sci. Biol., the professor, academician of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
- Aleksandr G. Samodelkin** Dr. Sci. Biol., the professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Vladimir G. Safonov** Dr. Sci. Biol., the professor, corresponding member of RAS, the professor, All-Russia Institute of Game and Fur Farming, Kirov, Russia
- Pavel N. Sisjagin** Dr. Sci. in Veterinary, the professor, corresponding member of RAS, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Vera I. Titova** Dr. Sci. in Agriculture, professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Anton N. Tokarev** Dr. Sci. in Veterinary, Head of the Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine", St. Petersburg, Russia
- Yu.A. Tsoy** Dr. Sci. Tech., the professor, corresponding member of RAS, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
- Changzhong Ren** President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China
- Gubeidulla S. Junusov** Dr. Sci. Tech., the professor, Agrarian-and-technological institute of Mari State University, the Honored worker of agriculture of Republic of Mary El, Yoshkar-Ola, Russia

#### Editorial Board

- Tatyana V. Agalakova** Cand. Biol. Sci., the senior researcher laboratory of veterinary immunology of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Anna S. Brandorf** Dr. Agric. Sci., Acting Director, Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia
- Aleksandr I. Burkov** Dr. Sci. Tech., the professor, the Honored inventor of the Russian Federation, the head of Laboratory of grain- and seed-cleaning machines of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Natalya V. Veselova** Cand. Agric. Sci., the scientific secretary of the scientific and organizational Department of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Aleksandr A. Ivanovsky** Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of veterinary biotechnology of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Lyudmila M. Kozlova** Dr. Agric. Sci., the head of Department of agriculture, agrochemistry and land improvement of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Olga V. Kostenko** Cand. Sci. in Economics, actina pro-rektor for Economy and Innovation of Vjatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Olga V. Ryabova** Cand. Biol. Sci., associate Professor of Microbiology, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Perm state pharmaceutical Academy", Perm, Russia
- Igor A. Ustjuzhanin** Cand. Agric. Sci., the director of FARC North-East, Kirov, Russia
- Valentin A. Figurin** Dr. Agric. Sci., Kirov, Russia
- Tatyana K. Sheshegova** Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of immunity and plants protection of the FARC North-East, Kirov, Russia
- Irina G. Shirokich** Dr. Sci. Biol., the head of Laboratory of genetics of the FARC North-East, Kirov, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЗОРЫ

- А. А. Блохин, Н. Н. Торопова, О. И. Захарова, О. А. Бузова*  
Гидроэпидемиологические аспекты индикации в моллюсках возбудителей  
инфекционных болезней (обзор)..... 427

### РАСТЕНИЕВОДСТВО

- О. С. Амунова*  
Влияние метеоусловий превегетации на урожайность и урожайные качества семян  
мягкой яровой пшеницы..... 437

### ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- Н. Р. Андреев, В. Г. Гольдштейн, Л. П. Носовская, Л. В. Адикаева, Е. О. Голионко*  
Голозерный овес – перспективное сырье для глубокой переработки..... 447

### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

- В. И. Титова, Л. Д. Варламова, Р. Н. Рыбин, Т. В. Андропова*  
Влияние жидкого свиного навоза на урожайность пшеницы, содержание и баланс  
элементов питания в светло-серой лесной почве лёгкого гранулометрического состава.. 456
- Л. М. Козлова, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов*  
Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения  
их продуктивности в условиях биологической интенсификации..... 467

### КОРМОПРОИЗВОДСТВО. КОРМЛЕНИЕ

- А. В. Филатов, Н. А. Шемуранова, А. Ф. Сапожников*  
Эффективность применения кормовой добавки Профорт коровам в период раздоя.... 478

### ЗООТЕХНИЯ

- Н. В. Кузьмина, В. И. Дмитриева, Д. Н. Кольцов, М. Е. Гонтов*  
Влияние гомозиготности по маркерным аллелям групп крови на продуктивность,  
воспроизводительные качества и долголетие коров. .... 488
- Т. Е. Денискова, А. В. Доцев, С. Н. Петров, М. С. Форнара, Х. Рейер, К. Вим-  
мерс, В. А. Багиров, Г. Брем, Н. А. Зиновьева*  
Геномная оценка и фенотипическая характеристика F2 ресурсной популяции овец.... 498

### ЗВЕРОВОДСТВО. ОХОТОВЕДЕНИЕ

- В. В. Колесников, Д. П. Стрельников, Н. С. Суханова*  
Методика трофейной оценки глухарей..... 508

### МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

- Е. М. Пучков, А. В. Галкин, И. В. Ущановский*  
Технология производства сорбентов из костры масличного льна..... 517

### ЮБИЛЕИ

- Лиханову Виталию Анатольевичу – 70 лет!..... 526

## CONTENTS

### REVIEWS

- Andrey A. Blokhin, Nadezhda N. Toropova, Olga I. Zakharova, Olga A. Burova*  
Hydro-epidemiological aspects of infectious agent indication in mollusks (review)..... 427

### PLANT GROWING

- Oksana S. Amunova*  
Influence of weather conditions during the pre-vegetation period on productivity and yield qualities of soft spring wheat seeds..... 437

### STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

- Nikolay R. Andreev, Vladimir G. Goldstein, Liliya P. Nosovskaya, Larisa V. Adikaeva, Evgeniya O. Golionko*  
Naked oat is promising raw material for deep grain processing..... 447

### AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

- Vera I. Titova, Larisa D. Varlamova, Roman N. Rybin, Tatyana V. Andronova*  
The effect of liquid pig manure on the wheat yield, the content and balance of nutrients in light-gray forest soil with light particle-size composition..... 456

- Lyudmila M. Kozlova, Eugenia N. Noskova, Fyodor A. Popov*  
Improvement of crop rotations aimed at increasing their efficiency and conserving soil fertility in conditions of biological intensification..... 467

### FODDER PRODUCTION. FEEDING

- Andrey V. Filatov, Natalia A. Shemuranova, Alexander F. Sapozhnikov*  
The efficiency of Profort additive in feeding cows during the period of increasing the milk yield..... 478

### ZOOTECHNY

- Nadegda V. Kuzmina, Valentina I. Dmitrieva, Dmitry N. Koltsov, Mihail E. Gontov*  
Influence of homozygosis by marker alleles of blood groups on the productivity, reproductive qualities and longevity of cows..... 488

- Tatiana E. Deniskova, Arsen V. Dotsev, Sergey N. Petrov, Margaret S. Fornara, Henry Reyer, Klaus Wimmers, Vugar A. Bagirov, Gottfried Brem, Natalia A. Zinovieva*  
Genomic assessment and phenotypic characteristics of F2 resource sheep population..... 498

### FUR FARMING AND HUNTING

- Vyacheslav V. Kolesnikov, Dmitriy P. Strelnikov, Natalya S. Sukhanova*  
The method of trophy assessment of capercaillies..... 508

### MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

- Evgeniy M. Puchkov, Aleksey V. Galkin, Igor V. Ushchapovsky*  
The technology of producing sorbents from linseed flax shive..... 517

- JUBILEE**..... 526

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.427-436>  
УДК: 619:591.2:574



## Гидроэпидемиологические аспекты индикации в моллюсках возбудителей инфекционных болезней (обзор)

© 2019. А. А. Блохин, Н. Н. Торопова, О. И. Захарова, О. А. Бурова ✉

Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

*В статье представлено обоснование использования методов гидроэпидемиологии при оценке риска распространения инфекционных болезней животных, связанных с водой. Авторы выделили шесть гидроэпидемиологических групп болезней: 1) вода является средой накопления возбудителя; 2) вода является средой передачи попавшего возбудителя болезни без его биологического накопления; 3) цикл развития возбудителя болезни непосредственно связан с водой и водными организмами; 4) болезни, передающиеся насекомыми, цикл развития которых связан с водой; 5) болезни, передающиеся водными и околоводными позвоночными животными; 6) болезни обитателей водоёмов. При этом показано, что водные организмы-фильтраторы (моллюски) аккумулируют в себе различные патогенные микроорганизмы, являющиеся возбудителями инфекционных болезней как человека, так и животных. Таким образом, моллюски могут служить тест-объектом гидроэпидемиологических исследований при оценке риска распространения инфекционных болезней в акваториях и околоводном комплексе, а также при непосредственном их употреблении в пищу.*

**Ключевые слова:** брюхоногие, двустворчатые, водная среда, бактерии, вирусы, инфекционные болезни, передача возбудителя вируса

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № 0615-2018-0001).

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

**Для цитирования:** Блохин А. А., Торопова Н. Н., Захарова О. И., Бурова О. А. Гидроэпидемиологические аспекты индикации в моллюсках возбудителей инфекционных болезней (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(5):427-436. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.427-436>

Поступила: 13.06.2019 Принята к публикации: 05.09.2019 Опубликовано онлайн: 18.10.2019

## Hydro-epidemiological aspects of infectious agent indication in mollusks (review)

© 2019. Andrey A. Blokhin, Nadezhda N. Toropova, Olga I. Zakharova, Olga A. Burova ✉

Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russian Federation

*The article presents the rationale for the use of hydro-epidemiology in assessing the risk of spreading water-related infectious diseases of animals. The authors distinguish six hydro-epidemiological groups of diseases: 1) water is the medium of pathogen accumulation; 2) water is the medium for transmission of the infection pathogen without its biological accumulation; 3) the development cycle of the causative agent is directly related to water and aquatic organisms; 4) diseases transmitted by insects having water-related development cycle; 5) diseases transmitted by aquatic and near-water vertebrates; 6) diseases of reservoir inhabitants. At the same time, it is shown that the aquatic filter-feeding bivalves (mollusks) accumulate in themselves various pathogenic microorganisms, which are the causative agents of infectious diseases of both man and animals. Thus, mollusks can serve as a test object for hydro-epidemiological study in assessing the risk of infectious diseases dissemination in water area and near-water complex as well as in using them directly for food.*

**Key words:** gastropods, bivalves, aquatic ecosystem, bacteria, viruses, infectious diseases, pathogen transmission

**Acknowledgement:** the research was carried out within the state assignment of Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme № 0615-2018-0001).

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

**For citation:** Blokhin A. A., Toropova N. N., Zakharova O. I., Burova O. A. Hydro-epidemiological aspects of infectious agent indication in mollusks (review). *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(5):427-436. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.427-436>

Received: 13.06.2019 Accepted for publication: 05.09.2019 Published online: 18.10.2019

Распространение особо опасных инфекционных болезней животных, обладающих выраженным трансграничным потенциалом, является актуальной проблемой современности. Складывающаяся в мире эпидемическая ситуация по болезням животных характеризуется распространением уже известных болезней на новые территории и заносом эмерджентных инфекционных болезней.

Инфекционные болезни, непосредственно или опосредованно связанные с водой, занимают особое место в эпидемиологическом профиле популяций неблагополучных территорий. Однако при этом роль акваторий и населяющих их организмов как в качестве объектов индикации контаминации водной среды, так и непосредственного механизма передачи возбудителя остается слабо изученной.

Поверхностные воды являются наиболее чувствительным звеном природной среды, поэтому проблема оценки эпидемических рисков, связанных с водой, представляется важным компонентом противозооотической работы [1, 2]. Гидробиологический анализ, будучи важнейшим элементом системы контроля загрязнения вод, позволяет оценивать качество поверхностных вод и донных отложений, определять трофические свойства воды, устанавливать направления изменения водных биоценозов, определять экологическое состояние водных объектов [3, 4, 5]. Как показывают мировые научные тенденции, сегодня возрастает интерес к гидроэпидемиологическим исследованиям [6, 7]. Гидроэпидемиология – новая отрасль знания, изучающая возникновение и распространение инфекционных болезней человека и животных, непосредственно или опосредованно связанных с водоемами [8, 9, 10]. К таким болезням можно отнести холеру, брюшную тиф (развитие микробов связано с водой), малярию (развитие комаров связано с водой), грипп птиц (перелетные водоплавающие птицы) и многие другие. В результате взаимодействия различных соактантов паразитарных систем между собой и другими объектами живой и неживой природы происходит контаминация последних возбудителями инфекционных болезней [11, 12].

**Цель исследований** – обобщение существующего опыта изучения моллюсков в каче-

стве тест-объектов при гидроэпидемиологических исследованиях.

Контаминация водной среды возбудителями болезней происходит различными путями: при спуске в водоёмы сточных вод канализации, стирке белья, водопое скота, при интродукции в акваторию и прибрежную зону инфицированных животных и птиц [13, 14, 15]. Кроме этого, верховыми водами возбудители заболеваний смываются с поверхности почв, контаминированных вирусами и бактериями. Дождь осаждает вирусы из воздуха. Попав в воду, микроорганизмы сохраняются различное время, а некоторые даже размножаются<sup>1</sup> [16, 17]. Скорость самоочищения зависит от биологических особенностей возбудителя, химического состава и температуры воды, степени аэрации, действия света, сапрофитной флоры и других факторов [18].

Изменения климата также провоцируют изменения гидрологического состояния территорий [19, 20], что сказывается на формировании новых рисков возникновения и распространения инфекционных болезней [21, 22]. Это требует разработки современных и эффективных способов быстрой оценки эпидемических рисков.

Примером влияния климатических и гидрологических изменений на эпидемическую и эпизоотическую обстановку является река Волга. Бассейн реки занимает территорию, площадь которой равна ½ площади Европы. Её питает более 150 крупных притоков, дельта реки имеет более 850 рукавов. По её течению построено 5 крупных водохранилищ. Пятикратное зарегулирование гидрологического режима способствует резкому замедлению её течения, образованию обширных акваторий водохранилищ с мелководьем заливов и множеством мелких водоёмов. Это создает условия для увеличения плотности гидробионтов и насекомых, что, в частности, выразилось в увеличении численности и видового разнообразия моллюсков, питающихся личинками кровососущих насекомых. Обширные пойменные луга густо заселены околородными птицами и животными. На берегах Волги расположены крупные и мелкие города и посёлки, где развито молочно-мясное и молочное скотоводство, свиноводство, птицеводство.

<sup>1</sup>Микробиология, вирусология: руководство к практическим занятиям: учебное пособие. Под ред. В. В. Зверева, М. Н. Бойченко. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2015. 360 с.

Описанные антропогенные, гидрологические и экологические факторы обуславливают эпидемические и эпизоотические риски. Так, образовавшиеся обширные площади пойменных территорий оказывают влияние на эпидемиологическую обстановку – возросло количество регистрируемых случаев заболеваний людей и животных дифиллоботриозом, описторхозом, фасциолёзом [23, 24, 25]. При обследовании 12 сельскохозяйственных предприятий Нижегородской области в разных региональных природных комплексах фасциолёз зарегистрирован в 80% случаев, кровопаразитарные инвазии в 100% [26, 27, 28]. Водный фактор передачи инвазии во время разливов рек и водоемов, особенно у гельминтов, играет важную роль в сохранении и распространении инвазии на другие экологические уровни.

Нами выделено шесть гидроэпидемиологических групп болезней:

1) инфекционные болезни, передающиеся при употреблении воды. При этом вода является средой накопления возбудителя (легионеллез, холера);

2) заболевания, передающиеся при употреблении воды. При этом вода является средой передачи попавшего возбудителя без его биологического накопления (лептоспироз, криптоспориоз, сальмонеллез, эшерихиоз, энтеровирусные инфекции и др.);

3) болезни, цикл развития возбудителей которых непосредственно связан с водой и водными организмами (фасциолёз, описторхоз, дифиллоботриоз, шистосомоз);

4) болезни, передающиеся насекомыми, цикл развития которых связан с водой (блютанг, нодулярный дерматит);

5) болезни, передающиеся в том числе водными и околоводными позвоночными животными (грипп птиц, туляремия);

6) заболевания обитателей водоёмов.

Данная классификация дополняет ранее предложенную классификацию по Bradley-Feachem [29] и, тем самым, расширяет представление о роли водоемов в эпидемическом и эпизоотическом процессе.

Болезни, особенно третьей, четвертой и пятой групп, вызываемые переносчиками, циклы онтогенеза которых связаны с водой, наиболее чувствительны к изменяющимся условиям окружающей среды. Поэтому влияние глобального изменения климата на распространение таких болезней должно быть в центре внимания научного сообщества [7, 13]. Не

смотря на усилия по климатическому моделированию и эпидемиологическим исследованиям [30], мало что известно о потенциальных рисках, связанных с климатом, гидрологическим состоянием территорий и передачей болезней насекомыми и моллюсками. Очевидно, что необходима разработка методологии оценки рисков распространения болезней, связанных с водой (нодулярный дерматит, блютанг, африканская чума лошадей и т. п.).

Не меньший интерес представляют болезни, связанные с водными или околоводными позвоночными животными. Особое место здесь занимает грипп птиц. Во многом это связано с особенностями болезни, которые заключаются в передаче вируса гриппа на большие расстояния преимущественно водоплавающими перелетными птицами. Эпидемиология гриппа птиц прочно связана с водоплавающей птицей и, следовательно, с бассейнами рек. Так, в 2018 году только в бассейне Волги зафиксировано 57 вспышек гриппа птиц, что составляет 53,7% от всего числа вспышек в Российской Федерации [31].

Водоёмы заселены гидробионтами, и среди этого разнообразия видов обитают моллюски, которые являются мощными фильтраторами, процеживая за сутки от 25 до 1000 литров воды. В обеспечении структурной устойчивости и стабильности функционирования экосистем моллюски играют важную роль. Являясь биофильтраторами огромного объема воды, моллюски аккумулируют в своих тканях и органах микроорганизмы. В связи с этим, большой интерес представляет изучение эпидемиологии инфекционных заболеваний с участием *Mollusca* [32, 33]. Это особенно актуально в отношении вопросов изучения инфекционных болезней человека и сельскохозяйственных животных (в том числе рыб и птиц), которые представляют значительную угрозу здоровью населения, сельскому хозяйству и аквакультуре [34].

Различные моллюски (тип *Mollusca*) имеют большое экономическое значение для рыбоводства и птицеводства – класс *Gastropoda* (брюхоногие), аквакультуры – класс *Bivalvia* (двустворчатые) [35]. Искусственное разведение в разных частях мира двустворчатых моллюсков – мидий, устриц и грешков обеспечивает ежегодный дополнительный прирост и составляет значительную часть продуктов питания [36].

Из-за специфичности питания: поедания растительных остатков и останков погибших животных, фильтрации водной взвеси в организм моллюсков попадают различные виды возбудителей болезней [37, 38]. В органах и тканях двустворчатых моллюсков (класс *Bivalvia*) и прудовиков (класс *Gastropoda*) ученые, применяя современные методы исследований [39, 40], обнаружили множество видов возбудителей болезней, опасных для животных и человека [41]. Так, в моллюсках выявлены вирус гепатита В [42], аренавирус [43], полиовирус [44, 45]. У моллюска *Lymnaea truncatula* (промежуточного хозяина *Fasciola hepatica*) обнаружен иридо-вирус, который был выявлен в различных популяциях и образцах с частотой встречаемости от 1,6 до 87,0% [46]. Моллюсков *L. Truncatula* при плотности популяции более 50 экз./м<sup>2</sup> часто можно обнаружить в местах выпаса скота [47]. По данным отчета Всемирной Организации Здравоохранения, только за три декады 2012 года в мире зарегистрировано 15000 случаев фасциолеза у лиц, проживающих в 40 странах, в том числе в 19 государствах Европы, и к настоящему времени ситуация не улучшается<sup>2,3</sup> [48].

В Хорватии и Польше в двустворчатых моллюсках, используемых в питании человека, выявлены норовирусы. Данные норовирусы явились причиной гастроэнтеритов у употреблявших их людей [49, 50, 51]. В южных районах штата Керала в Индии у разных видов моллюсков зарегистрировано наличие ротавируса, представляющего опасность для человека и животных как причины инфекционных гастроэнтеритов [52, 53, 54]. Глобальное распространение промышленной аквакультуры привело к появлению новых вирусов, инфицирующих водные организмы. Поэтому использование традиционных культур клеток и серологических методов для идентификации вирусов, особенно некультивируемых, при отсутствии антител для их идентификации представляет серьезную проблему. Однако ПЦР-диагностика открывает широкие перспективы для пересмотра роли и места микроорганизмов

в жизни моллюсков [55, 56]. Зарубежные исследования свидетельствуют о выявлении в моллюсках новых вирусов из семейств *Picornaviridae*, *Papovaviridae*, *Birnaviridae*, *Retroviridae*, *Reoviridae* [46, 54, 57].

Обнаруженные в моллюсках вирусы и вызываемые патогенами заболевания, указанные в 10-м отчете международного комитета по таксономии вирусов (10th Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses<sup>4</sup>), показаны в таблице. Из данных таблицы видно, что они представлены как РНК- (в 67% из обследованных *Mollusca*), так и ДНК-содержащими (33%) вирусами.

В моллюсках выявили и бактериальные патогены [35, 58]. Так, при микробиологическом исследовании образцов 5 видов пищевых моллюсков, широко используемых в Хорватии и типичных для рациона людей в Средиземноморье, был обнаружен *Vibrio parahaemolyticus* [50, 59, 60]. Бактериологические исследования проводили зимой и летом, используя в каждый сезон по 60 проб согласно микробиологическим стандартам для продуктов в Хорватии [61, 62, 63]. *V. parahaemolyticus* был выделен в пробах, отобранных в оба сезона года. При этом в восточных устрицах (*Crassostrea virginica*) обнаружили *Vibrio parahaemolyticus* и *Vibrio vulnificus*. Установлено, что устрицы концентрируют в своих тканях штаммы *Vibrio* при температуре 22°C в течение 24 часов [65, 64]. *Vibrio anguillarum* (возбудитель вибриоза морских рыб) присутствовал в естественных водоемах и моллюсках [64, 65].

При исследовании микрофлоры зарывающихся двустворчатых моллюсков залива Петра Великого установлено наличие сульфитредуцирующих клостридий, галофильных вибрионов, псевдомонад и бактерий группы кишечной палочки [66]. *Escherichia coli* также была обнаружена в устрицах и мидиях. В проливе Георгия (Северная Америка) и прибрежной зоне Японии в устрицах и гребешках зарегистрирована *Nocardia crassostreae* [16]. В искусственно культивируемых мидиях в бухте Троица Японского моря обнаружена *Listeria monocytogenes* [48].

<sup>2</sup>Всемирная организация здравоохранения. Официальный сайт. Страны. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.euro.who.int/ru/countries/russian-federation> (дата обращения: 15.05.2019).

<sup>3</sup>Всемирная организация здравоохранения. Официальный сайт. Публикации. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.euro.who.int/ru/publications> (дата обращения: 7.05.2019).

<sup>4</sup>The ICTV Report. Virus Taxonomy: The Classification and Nomenclature of Viruses. URL: [https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv\\_online\\_report/](https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_online_report/)

## ОБЗОРЫ / REVIEWS

Таблица – Вирусы, обнаруженные в моллюсках, и вызываемые ими болезни /  
Table – Viruses found in mollusks and diseases caused by them

<i>Семейство вирусов, тип вириона / Virus family, virion type</i>	<i>Болезни, вызываемые представителями семейства патогенных вирусов / Diseases caused by representatives of the family of pathogenic viruses</i>	<i>Восприимчивые виды / Susceptible species</i>	<i>Пути передачи вируса / Virus transmission routes</i>
<i>Arenaviridae</i> РНК / RNA	Лимфоцитарный хориоменингит, Ласса, Мачупо, Аргентинская лихорадка / Lymphocytic choriomeningitis, Lassa fever, Machupo, Argentine hemorrhagic fever.	Человек / Human.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.
<i>Birnaviridae</i> РНК / RNA	Инфекционный некроз поджелудочной железы рыб / Infectious pancreatic necrosis of fish.  Вирус инфекционной бурсальной болезни птиц / Infectious bursal disease of birds.	Рыбы, моллюски и ракообразные. Взрослые особи – пожизненные носители возбудителя / Fish, mollusks, and shellfish. Adult specimen are pathogen carriers for life.  Птицы, насекомые / Birds, insects.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.  Горизонтальный / Horizontally.
<i>Caliciviridae</i> РНК / RNA	Norovirus, вызывает гастроэнтерит / Norovirus, causes gastroenteritis.	Человек / Human.	Передаётся фекально-орально; реализуется водным, пищевым и контактным путём / Routes of transmission: fecal-oral, water, food and contact.
<i>Hepadnaviridae</i> ДНК / DNA	Гепатит В / Hepatitis B.	Человек, белка, сурок / Human, squirrel, marmot.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.
<i>Iridoviridae</i> ДНК / DNA	Иридовирусы, вызывают: жаберный некроз карпа, некроз эритроцитов рыб / Iridoviruses cause branchial necrosis of carp, red blood cells necrosis of fish.	Выделены у рыб, амфибий, насекомых, имеющих водную стадию в цикле своего развития / Isolated from fish, amphibians, insects with life cycles associated with water.	Вирусы москитов - трансовариально, остальные – горизонтально / Mosquito viruses - transovarial transmission - the rest - horizontally.
<i>Papovaviridae</i> ДНК / DNA	Папилломатозы / Papillomatosis.	Человек, шимпанзе, макаки, коровы, олени, собаки, лошади, овцы, слоны, лоси, опоссумы, мыши, черепахи, зяблики, попугаи, морские и пресноводные рыбы / Papillomas in human, chimpanzees, macaques, cows, deer, dogs, horses, sheep, elephants, moose, possums, mice, turtles, finches, parrots, saltwater and freshwater fish.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.
<i>Picornaviridae</i> РНК / RNA	Полиомиелит человека А, А24, В1 / Polio in human A, A24, B1. Риновирус человека 1А; крупного рогатого скота и лошадей / Rhinovirus of human 1A; cattle and horses. Гепатит А обезьян / Hepatitis A of monkey. Вирусы ящура / Foot and mouth disease viruses. Пикорнавирусы птиц и пчёл / Picornaviruses of birds and bees.	Человек / Human.  Человек, КРС и лошади / Human, cattle, and horses.  Обезьяны / Monkeys.  Позвоночные / Vertebrates.  Птицы, пчёлы / Birds, bees.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.
<i>Reoviridae</i> РНК / RNA	Болезни желудочно-кишечного тракта, в т.ч. энтериты у детей / Gastrointestinal disorders, including enteritis in children.	Человек. Естественные хозяева: приматы, жвачные грызуны, птицы, рыбы, растения, насекомые. <i>Rotavirus</i> обнаружены у свиней и уток / Human. Natural hosts: primates, ruminants, rodents, birds, fish, plants, insects. Rotavirus detected in pigs and ducks.	Горизонтальный / Horizontally.
<i>Retroviridae</i> РНК / RNA	Онковирусы млекопитающих типа С, вирус ретикулоэндотелиоза, иммунодефицита человека 1,2, обезьян, КРС, кошек, вирус висна-маэди, пенящий вирус человека, обезьян, птиц и рыб / Oncoviruses in mammal type C, virus reticuloendotheliosis, HIV in humans 1,2, in monkeys, cattle, cats, visna-maedi virus, foamy virus in human, monkeys, birds and fish.	Позвоночные / Vertebrates.	Вертикальный и горизонтальный / Vertically and horizontally.

**Выводы.** Использование моллюсков ввиду их широкого распространения и особенностей питания для индикации контаминации акваторий микроорганизмами является перспективным и доступным способом оценки эпидемических рисков при болезнях, связанных с водой. Анализ зарубежных и отечественных литературных источников свидетельствует об аккумуляровании моллюсками вирусов из семейств: *Arenaviridae*, *Birnaviridae*,

*Caliciviridae*, *Hepadnaviridae*, *Iridoviridae*, *Papovaviridae*, *Picornaviridae*, *Reoviridae*, *Retroviridae*; бактерий из родов: *Vibrio*, *Escherichia*, *Nocardia*, *Listeria* и др.

Тема оценки потенциальных рисков, связанных с изменениями климата, гидрологическим состоянием территорий и передачей возбудителей болезней насекомыми и моллюсками актуальна, перспективна и требует дальнейшего изучения.

### References

1. Martinezmmanzanares E., Morinigo M. A., Castro D., Balebona M. C., Sanchez J. M., Borrego J. J. Influence of the fecal pollution of marine-sediments on the microbial content of shellfish. *Marine Pollution Bulletin*. 1992;24 (7):342-349.
2. Olalemi A., Purnell S., Caplin J., Ebdon J., Taylor H. The application of phage-based faecal pollution markers to predict the concentration of adenoviruses in mussels (*Mytilusedulis*) and their overlying waters. *Journal of Applied Microbiology*. 2016;121(4):1152-1162. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13222>
3. Лихачёва Е. В., Лаженцева Л. Ю. Характеристика микрофлоры зарывающихся двустворчатых моллюсков залива Петра Великого. Актуальные проблемы технологии живых систем: сб. материалов I Междунар. научн.-техн. конф. молодых ученых 21-23 декабря 2005 года. Владивосток: Тихоокеан. гос. экон. ун-т, 2005. С. 30-32.
4. Likhacheva E. V., Lazhentseva L. Yu. *Kharakteristika mikroflory zaryvayushchikhsya dvustvorchatykh mollyuskov zaliva Petra Velikogo*. [Characterization of the microflora of burrowing bivalve mollusks of Peter the Great Bay]. *Aktual'nye problemy tekhnologii zhivyykh sistem: sb. materialov I Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. molodykh uchennykh 21-23 dekabrya 2005 goda*. [Actual problems of technology of living systems: Proceedings of the 1st Intern. scientific and technical Conference of young scientists, 21-23 December, 2005]. Vladivostok: *Tikhookean. gos. ekon. un-t*, 2005. pp. 30-32.
5. Rondelaund Daniel, Barthe Dominique. Observations epidemiologiques sur l'iridovirose de *Lymnaea truncatula*, mollusque vecteur de *Fasciola hepatica*. *C. r. Acad. Sci, Ser. 3*. 1992;314(13):609-612.
6. Haiwen Xie, Hongshan Hao, Nan Xu, Xinxiu Liang, Dingxue Gao, Yaru Xu, Yue Gao, Huchun Tao, Minghung Wong. Pharmaceuticals and personal care products in water, sediments, aquatic organisms, and fish feeds in the Pearl River Delta: Occurrence, distribution, potential sources, and health risk assessment. *Science of the total Environment*. 2019;659:230-239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.222>
7. Walsh Michael G., Webb Cameron. Hydrological features and the ecological niches of mammalian hosts delineate elevated risk for Ross River virus epidemics in anthropogenic landscapes in Australia. *Parasites & Vectors*. 2018;11:192. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2776-x>
8. Hohl Alexander, Vaclavik Tomas, Meentemeyer Ross K. Go with the flow: geospatial analytics to quantify hydrologic landscape connectivity for passively dispersed microorganisms. *International Journal of Geographical Information Science*. 2014;28(8):1626-1641. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.854900>
9. Githeko A. K., Ototo E. N., Yan Guiyun. Progress towards understanding the ecology and epidemiology of malaria in the western Kenya highlands: Opportunities and challenges for control under climate change risk. *Acta Tropica*. 2012;121 (1):9-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.10.002>
10. Morris George Paterson, Reis Stefan, Beck Sheila Anne, Fleming Lora Elderkin, Adger William Neil, Benton Timothy Guy, Depledge Michael Harold. Scoping the proximal and distal dimensions of climate change on health and wellbeing. *Environmental Health*. 2017;16(SI):69-76. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0329-y>
11. Perez-Saez Javier, Mande Theophile, Larsen Joshua. Classification and prediction of river network ephemerality and its relevance for waterborne disease epidemiology. *Advances in Water Resources*. 2017;110:263-278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.10.003>
12. Topic Popovic N., Benussi Skukan A., Dzidara P., Coz-Rakovac R., Strunjak-Perovic I., Kozacinski L., Jadan M., Brlek-Gorski D. Microbiological quality of marketed fresh and frozen seafood caught off the Adriatic coast of Croatia. *Veter. Med*. 2010;55(5):233-241. DOI: <https://doi.org/10.17221/2997-VETMED>
13. Сюрин В. Н., Самулейко А. Я., Соловьёв Б. В., Фомина Н. В. Вирусные болезни животных. М.: ВНИТИБП, 1998. 928 с.
14. Syurin V. N., Samuleyko A. Ya., Solov'ev B. V., Fomina N. V. *Virusnye bolezni zhivotnykh*. [Viral diseases of animals]. Moscow: VNITIBP, 1998. 928 p.
15. He Ke, Hain Ethan, Timm Anne, Tarnowskiet Mitchell, Blaney Lee. Occurrence of antibiotics, estrogenic hormones, and UV-filters in water, sediment, and oyster tissue from the Chesapeake Bay. *Science of the total Environment*. 2019;650:3101-3109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.021>

14. Gyawali Pradip, Croucher Dawn, Ahmed Warish, Devane Megan, Hewitt Joanne. Evaluation of pepper mild mottle virus as an indicator of human faecal pollution in shellfish and growing waters. *Waterresearch*. 2019;154:370-376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.003>
15. Bonnail Estefania, Riba Inmaculada, Alessandra Aloisede Sebara, Ángel Del Valls T. Sediment quality assessment in the Guadalquivir River (SW, Spain) using caged Asian clams: A biomarker field approach. *Science of the total Environment*. 2019;650(2):1996-2003. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.346>
16. Carella F., Carrasco N., Andree K. B., Lacuesta B., Furones D., De Vico G. Nocardiosis in Mediterranean bivalves: First detection of *Nocardia crassostreae* in a new host *Mytilus galloprovincialis* and in *Ostrea edulis* from the Gulf of Naples (Italy). *J. Invertebr. Pathol.* 2015;114:324-328. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24140500>
17. Егорова И. Ю., Селянинов Ю. О., Воронин М. С. Мониторинг листерий в водной фауне Иваньковского водохранилища. *Ветеринария*. 2009;(8):29-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12930954>
- Egorova I. Yu., Selyaninov Yu. O., Voronin M. S. *Monitoring listeriy v vodnoy faune Ivan'kovskogo vodokhranilishcha*. [Monitoring of listerias in the aquatic fauna of the Ivankovo reservoir]. *Veterinariya = Veterinary*. 2009;(8):29-31. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12930954>
18. Demesquita M. M., Evison L. M., West P. A. Removal of fecal indicator bacteria and bacteriophages from the common mussel (*Mytilus-Edulis*) under artificial depuration conditions. *Journal of Applied Bacteriology*. 1991;70 (6):495-501.
19. McDowell W. G., Benson A. J., Byers J. E. Climate controls the distribution of a widespread invasive species: implications for future range expansion. *Freshwater Biology*. 2014;59(4):847-857. DOI: <https://doi.org/10.1111/fwb.12308>
20. Winder M., Jassby A. D., Mac Nally R. Synergies between climate anomalies and hydrological modifications facilitate estuarine biotic invasions. *Ecology Letters*. 2011;14(8):740-757. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01635.x>
21. Ferreira-Rodriguez N., Fandino L., Pedreira A., Pardo I. First evidence of asymmetric competition between the non-native clam *Corbicula fluminea* and the native freshwater mussel *Unio delphinus* during a summer heat wave. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*. 2018;28 (5):1105-1113. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2964>
22. Ferreira-Rodriguez N., Fernandez I., Cancela M. L., Pardo I. Multibiomarker response shows how native and non-native freshwater bivalves differentially cope with heat-wave events. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*. 2018;28 (4):934-943. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2884>
23. Алексеева Н. Фасциолёзы сельскохозяйственных животных. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2008;(6):15-18.
- Alekseeva N. *Fastsiolezy sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh*. [Fascioliasis of farm animals]. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh*. 2008;(6):15-18. (In Russ.).
24. Горохов В. В. Вода – фактор передачи инвазии при гельминтозах. *Ветеринария*. 2004;(10):4-5.
- Gorokhov V. V. *Voda – faktor peredachi invazii pri gel'mintozakh*. [Water is a factor of invasion transmission at helminthiasis]. *Veterinariya = Veterinary*. 2004;(10):4-5. (In Russ.).
25. Сазанов А. М. Роль человека в эпизоотологии и эпидемиологии фасциолёза. Гельминтозоознозы – меры борьбы и профилактика: Тез. докл. науч. конф. 4-5 окт. 1994. М., 1994. С. 140-142.
- Sazanov A. M. *Rol' cheloveka v epizootologii i epidemiologii fastsioleza*. [The role of man in the epidemiology and epidemiology of fascioliasis]. *Gel'mintozoznozy – mery bor'by i profilaktika: Tez. dokl. nauch. konf. 4-5 okt. 1994*. [Helminthiasis – control measures and prevention: Theses of scientific conf., 4-5 October, 1994]. Moscow, 1994. pp. 140-142.
26. Горчаков В. В., Душкин В. А., Скира В. Н. Методические рекомендации по применению биологических методов профилактики фасциолёза. Н. Новгород, 2005. 38 с.
- Gorchakov V. V., Dushkin V. A., Skira V. N. *Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu biologicheskikh metodov profilaktiki fastsioleza*. [Guidelines for the use of biological methods for the prevention of fascioliasis]. N. Novgorod, 2005. 38 p.
27. Горчаков В. В., Воротников В. П. Пастбищная профилактика фасциолёза: растительный моллюскоцид из аира обыкновенного. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;(6):60-64. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24484213>
- Gorchakov V. V., Vorotnikov V. P. *Pastbishchnaya profilaktika fastsioleza: rastitel'nyy mollyuskotsid iz aira obyknovennogo*. [Pasture prophylaxis of fascioliasis: plant molluscicide from calamus (*Acorus calamus*)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(6):60-64. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24484213>
28. Горчаков В. В., Косорлукова З. Я. Моллюскоцидные свойства дуба обыкновенного. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;(6):55-58. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375875>
- Gorchakov V. V., Kosorlukova Z. Ya. *Mollyuskotsidnye svoystva duba obyknovennogo*. [Molluscicidal properties of the common oak]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(6):55-58. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32375875>

29. Bostoen K., Kolsky P., Hunt C. Improving urban water and sanitation services: health, access and boundaries. 2007. 235 p.
30. Gatto Marino, Mari Lorenzo, Bertuzzo Enrico, Casagrandi Renato, Righetto Lorenzo, Rodriguez-Iturbe Ignacio, Rinaldo Andrea. Generalized reproduction numbers and the prediction of patterns in waterborne disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012;109 (48):19703-19708. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1217567109>
31. Грипп кур (классическая чума птиц, экссудативный тиф, брауншвейгская болезнь кур). Россельхознадзор. Эпизоотическая ситуация. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.fsvps.ru/fsvps/iac/illness/flu.html> (дата обращения: 23.05.2019).
- Gripp kur (klassicheskaya chuma ptits, eksksudativnyy tif, braunshveygskaya bolezni kur)*. [Flu of chickens (classical plague of birds, typhoid fever, Brown-Swiss chicken disease)]. *Rossel'khoz nadzor. Epizooticheskaya situatsiya*. [Epizootic situation.]. Available at: <http://www.fsvps.ru/fsvps/iac/illness/flu.html> (accessed 23.05.2019).
32. Gallardo B., Aldridge D. C. Inter-basin water transfers and the expansion of aquatic invasive species. *Water Research*. 2018;143:282-291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.056>
33. Paganelli D., Pandolfi A., Sconfietti R., Marchini A., Vilizzi L. Potential invasiveness by non-indigenous macrozoobenthos in the secondary hydrographic system of a temperate-climate river catchment. *Ecological Indicators*. 2018;88:274-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.037>
34. Chang-Ho Kang, Yujin Shin, Seok Cheol Jang, Hong Sik Yu, Su Kyung Kim, Sera An, Kunba-wui Park. Characterization of *Vibrioparahaemolyticus* isolated from oysters in Korea: Resistance to various antibiotics and prevalence of virulence genes. *MARINE POLLUTION BULLETIN*. 2017;118(1-2):261-266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.070>
35. Мягков А. С., Алабугина Т. В. Биология, промысел и ветеринарно-санитарная экспертиза моллюсков. *Ветеринария*. 2003;(8):46-48.
- Myagkov A. S., Alabugina T. V. *Biologiya, promysel i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza mollyuskov*. [Biology, fishing and veterinary-sanitary examination of mollusks]. *Veterinariya = Veterinary*. 2003;(8):46-48. (In Russ.).
36. Лагуткина Л. Ю., Пономарёв С. В. Органическая аквакультура как перспективное направление развития рыбохозяйственной отрасли (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018;(2(53)):326-336. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobology.2018.2.326rus>
- Lagutkina L. Yu., Ponomarev S. V. *Organicheskaya akvakul'tura kak perspektivnoe napravlenie razvitiya rybkhozyaystvennoy otrasli (obzor)*. [Organic aquaculture as promising trend of the fish industry development (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;(2(53)):326-336. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobology.2018.2.326rus>
37. Ендоренко П. Эпизоотология фасциолеза. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2008;(6):18-22.
- Endorenko P. *Epizootologiya fastsioleza*. [Epizootology of fascioliasis]. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2008;(6):18-22. (In Russ.).
38. Hellmér M., Paxéus N., Magnius L., Enache L., Arnholm B., Johansson A., Bergström T., Norder H. Detection of Pathogenic Viruses in Sewage Provided Early Warnings of Hepatitis A Virus and Norovirus Outbreaks. Schaffner DW, ed. *Applied and Environmental Microbiology*. 2014;80(21):6771-6781. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01981-14>
39. Cleary Daniel F. R., Becking Leontine E., Polonia Ana R. M., Freitas Rossana M., Gomes Newton C. M. Composition and predicted functional ecology of mussel-associated bacteria in Indonesian marine lakes. *Antonie Vanleeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*. 2015;107 (3):821-834. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10482-014-0375-1>
40. Dore W. J., Henshilwood K., Lees D. N. Evaluation of F-specific RNA bacteriophage as a candidate human enteric virus indicator for bivalve molluscan shellfish. *Applied and Environmental Microbiology*. 2000;66 (4):1280-1285. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1280-1285.2000>
41. Bighiu Maria Alexandra, Halden Anna Norman, Goedkoop Willem, Ottoson Jakob. Assessing microbial contamination and antibiotic resistant bacteria using zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Science of the total Environment*. 2019;650 (2):2141-2149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.314>
42. Olsen A., Frankena K., Bodker R., Toft N., Thamsborg S. M., Enemark H. L., Halasa T. Prevalence, risk factors and spatial analysis of liver fluke infections in Danish cattle herds. *Parasites & Vectors*. 2015;8:160. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0773-x>
43. Zhang Zhiguo, Ding Sufang, Wang Jie, Qiu Bingsheng, Pei Meiyun. New arenavirus – the causative agent of plague *Hyrio psiscmingii*. *Actamicrobiol*. 1987;27(2):116-120.
44. Bemiss John A., Logan Margaret M., Sample Jennifer D., Richards Gary P. A method for the enumeration of poliovirus in selected molluscan shellfish. *J. Virol. Meth*. 1989;26(2):209-218.
45. Christine M. Nicholson, Gillian D. Lewis, Margaret W. Loutit. Survey of Human pathogenic Bacteria and Viruses in Cocklt beds at Otakou, Otago Harbor, New-Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 1989;23(4):529-532. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288330.1989.9516389>

46. Alavandi S. V., Poornima M. Viral Metagenomics: A Tool for Virus Discovery and Diversity in Aquaculture. *Indian journal of virology: an official organ of Indian Virological Society*. 2012;23(2):88-98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13337-012-0075-2>
47. Круглов Н. Д. Моллюски семейства прудовиков (*Lumnae idea Gastropoda Pulmonata*) Европы и Северной Азии. Смоленск: Изд-во СГПУ, 2005. 507 с.  
Kruglov N. D. *Mollyuski semeystva prudovikov (Lumnaeidae Gastropoda Pulmonata) Evropy i Severnoy Azii*. [Mollusks of the family Prudovik (*Lumnaeidae Gastropoda Pulmonata*) of Europe and North Asia]. Smolensk: *Izd-vo SGPU*, 2005. 507 p.
48. Carlos J. A. Campos, David N. Lees. Environmental Transmission of Human Noroviruses in Shellfish Waters. *Appl Environ Microbiol*. 2014. Jun; 80 (12): 3552-3561. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4054135/Vsemirnaya\\_organizatsiya\\_zdravookhraneniya\\_ofitsial'nyy\\_sayt\\_Publikatsii](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4054135/Vsemirnaya_organizatsiya_zdravookhraneniya_ofitsial'nyy_sayt_Publikatsii). [World Health Organization. Official site. Publications]. Available at: <http://www.euro.who.int/ru/publications> (accessed: 7.05.2019).
49. Françoise S. Le Guyader, Sylvain Parnaudeau, Robert L. Detection and Quantification of Noroviruses in Shellfish. *Appl Environ Microbiol*. 2009. Feb; 75(3):618-624. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2632116/>
50. Bigoraj E., Chrobocinska M., Kwit E. Norovirus contamination of bivalve molluscs as a cause of gastroenteritis. *Med. Weter.* 2012;68(4):210-213. URL: <https://www.researchgate.net/publication/287914886>
51. Michalski M., Osek J. Contamination of raw bivalve molluscs available in Poland between 2009 and 2013 with marine biotoxins. *J Vet Res*, 2016; 60: 447-451. DOI: <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0067>
52. Mohan V., Rawat Sh., Lokesh K. M., Mohan H. V., Avinash Reddy D., Kumar A., Bhilegaonkar K. N. Comparison of three methods for concentration of rotavirus from artificially spiked shell fish samples. *Veterinary World*. 2014;7(7):463-466. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2014.463-466>
53. Mohan V., Rawat S., Lokesh K. M., Mohan H. V., Reddy A., Kumar A., Bhilegaonkar K. N. Prevalence of Rotavirus in shellfish from Southern Kerala. *Veterinary World*. 2014;7(10):821-824. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2014.821-824>
54. Munang'andu H. M., Mugimba K. K., Byarugaba D. K., Mutoloki S., Evensen O. Current Advances on Virus Discovery and Diagnostic Role of Viral Metagenomics in Aquatic Organisms. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8:406. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00406>
55. Mills A. M., Ward M. E., Heyl T. P., Van Dover C. L. Parasitism as a potential contributor to massive clam mortality at the Blake Ridge Diapir methane-hydrate seep. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 2005;85 (6):1489-1497. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315405012683>
56. Rodrigues Clara F., Webster Gordon, Cunha Marina R., Duperron Sébastien, Weightman Andrew J. Chemosynthetic bacteria found in bivalve species from mud volcanoes of the Gulf of Cadiz. *Fems Microbiology Ecology*. 2010;73 (3):486-499. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00913.x>
57. Obbard D. J., Dudas G. The genetics of host-virus coevolution in invertebrates. *Current Opinion in Virology*. 2014; 8:73-78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2014.07.002>
58. Bullock G. L., Conroy D. A., Snieszko S. F. Bacterial diseases of fishes. T. F. H. Publications. Neptune City. New Jersey. 1971. 285 p.
59. Microbiologists meet do defeat waterborne parasite. *New Sci*. 1989;122:1658. 22 p.
60. Graham Alastair. *Gastropoda. Origin Major Invertebrate Groups*. Proc. Symp. 1978, Londone. 1979. pp. 359-365.
61. Watkins J., Marcola Barbara H. Bacterial recovery from water, sewage and sewage effluents. Recovery of pathogens from sewage and wastewater. *Revival Injures Microbes*, Londone. 1984. 377 p.
62. Gomez-Leon J., Villamil L., Lemos M. L., Novoa B., Figueras A. Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from aquacultured carpet shell clam (*Ruditapes decussatus*) larvae associated with mass mortalities. *Appl. Environ. Microbiol*. 2005;71:98-104. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15640176>
63. Nishiguchi M. K. Temperature Affects Species Distribution in Symbiotic Populations of *Vibrio* spp. *Applied and Environmental Microbiology*. 2000;66(8):3550-3555. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10919820>
64. Dubert J, Barja J. L., Romalde J. L. New Insights into Pathogenic Vibrios Affecting Bivalves in Hatcheries: Present and Future Prospects. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8:762. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00762>
65. Dawkins G., Luxton M., Bishop C. Transmission of liquorice rot of carrots by slugs. *J. Mollusc, Stud*. 1985;51 (1):83-85.
66. Лаженцева Л. Ю. Продукты из гидробионтов в питании населения. Актуальные проблемы технологии живых систем: сб. материалов I Междунар. научн.-техн. конф. молодых ученых 21-23 декабря 2005 года. Под общ. ред. Ю. Д. Шмидта. Владивосток: Тихоокеан. гос. экон. ун-т, 2005. С. 121-125.  
Lazhentseva L. Yu. *Produkty iz gidrobiontov v pitanii naseleniya*. [Products from hydrobionts in the diet of the population]. *Aktual'nye problemy tekhnologii zhivyykh sistem: sb. materialov I Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. molodykh uchennykh 21-23 dekabrya 2005 goda*. [Actual problems of technology of living systems: Proceedings of the 1<sup>st</sup> Intern. scientific and technical Conf. of young scientists, 21-23 December, 2005]. *Pod obshch. red. Yu. D. Shmidta*. Vladivostok: *Tikhookean. gos. ekon. un-t*, 2005. pp. 121-125.

**Сведения об авторах:**

**Блохин Андрей Александрович**, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603098, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>**, e-mail: and.bloxin2010@yandex.ru,

**Торопова Надежда Николаевна**, младший научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603098, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>**,

**Захарова Ольга Игоревна**, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603098, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>**,

✉ **Бурова Ольга Александровна**, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603098, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9436-2085>**, e-mail: burovaolga@list.ru.

**Information about the authors:**

**Andrey A. Blokhin**, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Head of the Laboratory of the Department of epizootology and risk assessment associated with animal health, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute - Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, 3, Veterinarnaya Street, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation, 606034, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>**, e-mail: and.bloxin2010@yandex.ru,

**Nadezhda N. Toropova**, junior researcher, the Department of epizootology and risk assessment associated with animal health, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute - Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, 3, Veterinarnaya Street, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation, 606034, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>**,

**Olga I. Zakharova**, researcher, the Department of epizootology and risk assessment associated with animal health, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute - Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, 3, Veterinarnaya Street, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation, 606034, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>**,

✉ **Olga A. Burova**, researcher, the Department of epizootology and risk assessment associated with animal health, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute - Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, 3, Veterinarnaya Street, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation, 606034, e-mail: nnovgorog@vniivvim.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9436-2085>**, e-mail: burovaolga@list.ru.

✉ - Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.437-446>  
УДК 633.11:581.1.:581.142



## Влияние метеоусловий превегетации на урожайность и урожайные качества семян мягкой яровой пшеницы

© 2019. О. С. Амунова ✉

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

*В серии полевых и лабораторных опытов 2014...2018 гг. изучали 11 генотипов мягкой яровой пшеницы. Лабораторная часть включала учет всхожести семян и оценку физиологических параметров проростков (число зародышевых корней, массу сухого вещества корней и ростков и их соотношение (индекс RSR)). Полевая часть исследования включала фенологические наблюдения, оценку генотипов по продуктивности и урожайности. Средняя урожайность пшеницы в годы исследования составила 1,93...4,92 т/га и зависела от метеоусловий в период налива зерна. Признак «масса 1000 семян» формировался под влиянием генотипа (68,1%), доля влияния метеоусловий составила 11,8%. Установлено, что продолжительность репродуктивного периода мягкой яровой пшеницы в Кировской области должна составлять не менее 40 суток. Сокращение продолжительности репродуктивного периода приводит к снижению всхожести семян. Семена, формирование и развитие которых проходило при оптимальной температуре (16 °C), большую часть запасных веществ семени при прорастании направляли на развитие надземной части (индекс RSR = 0,70). В этих условиях сорта с более низким значением корневого индекса характеризовались высокими значениями элементов структуры продуктивности. При повышенной (на 2...4 градуса) среднесуточной температуре воздуха на материнских растениях формировались семена, способные прорасти значимо большим (на 6,6...9,0%) числом зародышевых корней. При прорастании таких семян пластические вещества распределялись между ростком и зародышевыми корнями равномерно (индекс RSR = 0,94...0,98). Усиление притока ассимилятов в корневую систему проростка мы связываем с тем, что процесс формирования семян на материнских растениях проходил в близких к стрессовым условиям, и адаптированные семена больше запасных веществ направляли на развитие корней.*

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum L.*, урожайность, всхожесть, масса 1000 семян, метеорологические условия, превегетация, проросток, индекс RSR, элементы структуры продуктивности

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № 0767-2019-0093).

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

**Для цитирования:** Амунова О. С. Влияние метеоусловий превегетации на урожайность и урожайные качества семян мягкой яровой пшеницы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):437-446. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.437-446>

Поступила: 06.06.2019

Принята к публикации: 27.09.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## Influence of weather conditions during the pre-vegetation period on productivity and yield qualities of soft spring wheat seeds

© 2019. Oksana S. Amunova ✉

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

*Eleven genotypes of soft spring wheat were studied in a series of field and laboratory experiments in 2014 - 2018. The laboratory test included accounting for seed germination and assessing the physiological parameters of seedlings (number of seminal roots, dry matter mass of roots and shoots and their ratio (RSR index)). The field tests included phenological observations, assessment of genotypes by productivity and average yield. The average yield of wheat during the years of study was 1.93-4.92 t/ha and depended on weather conditions during the period of grain formation. The trait "1000-grain mass" was formed under the influence of the genotype (68.1%), the portion of influence of weather conditions was 11.8%. It has been established that the duration of the reproductive period of soft spring wheat in the Kirov region should be at least 40 days. Reducing the duration of the reproductive period leads to a decrease in seed germination capacity. Seeds the formation and development of which took place at the optimum temperature of 16 °C, by germination spent the most part of seed reserve substances for the development of the aboveground part of the plant (RSR index = 0.70). Under these conditions, the varieties with a lower root index were characterized by high values of the elements of yield structure. At the increased average daily air temperature (by 2-4 °C), seeds that could germinate with a significantly higher number of seminal roots (6.6-9.0%) developed on the maternal plants. During the germination of such seeds, the plastic substances distributed evenly between the shoots and*

*seminal roots (RSR index = 0.94-0.98). The increased influx of assimilates to root system of seedlings could be explained by the fact that the process of seed formation on the maternal plants took place under conditions close to stressful and the adapted seeds spent more reserve substances for root development.*

**Key words:** *Triticum aestivum L., yield, germination capacity, 1000-grain mass, weather conditions, pre-vegetation, seedling, RSR index, productivity structure components*

**Acknowledgement:** The research was carried out within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0093).

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

**For citation:** Amunova O. S. Influence of weather conditions during the pre-vegetation period on productivity and yield qualities of soft spring wheat seeds. *Agrarnaya nauka Evro Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):437-446. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.437-446>

Received: 06.06.2019

Accepted for publication: 27.09.2019

Published: 18.10.2019

Тысячелетняя практика земледельцев свидетельствует о влиянии условий репродукции семян на их урожайные качества. Исследованиями установлено [1, 2], что в каждой экологической зоне при выращивании растений одного и того же генотипа формируются разные по урожайным качествам семена. Качество посевного материала зависит от условий формирования семян на материнском растении – с момента оплодотворения и первых клеточных делений образовавшейся зиготы до созревания<sup>1</sup> [3]. Семена с наилучшими урожайными качествами формируются в благоприятных условиях роста и развития материнских растений. Регламентируют развитие растений – погодные условия.

Яровая мягкая пшеница – одна из наиболее ценных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Волго-Вятском регионе. В структуре зернового клина, по данным Департамента сельского хозяйства Кировской области, она занимает 10...12%. Яровая пшеница предъявляет высокие требования к уровню плодородия и кислотности почв, активно реагирует на изменения экологических условий в рамках агроландшафта [4]. В Кировской области преобладают малоплодородные подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Они отличаются повышенной кислотностью, малым содержанием гумуса и низкой обеспеченностью микроэлементами [5]. Погодные условия области характеризуются неравномерным распределением тепло- и влагоресурсов как по годам, так и в течение вегетационного периода. В последние годы отмечена тенденция к увеличению частоты и продолжительности засух как ранневесенних, так и устойчивых. Обеспеченность питательными элементами, обводненность территории, температура почвы и воздуха, микробиологическая деятельность почвенной микрофлоры

создают условия для нарастания корневой и вегетативной массы растений [6, 7] и, в конечном итоге, играют важную роль в формировании урожайности.

Условия репродукции семян меняются каждый год, поскольку экологические факторы, действуя на материнские растения, модифицируют сам наследственный аппарат их семян [8]. Показано, что у растений существует групповая направленная изменчивость, индуцируемая агроэкологическими условиями выращивания, запоминаясь в семенах и передаваемая следующему поколению в виде репродуктивной памяти<sup>2</sup> [9]. Сигнальные макромолекулы, вызывающие модификацию урожайных качеств семян, возникают в корневой системе и передаются через стебель в меристемы, половые клетки и сохраняются в семенах [8]. Ткани, окружающие зародыш, формируют семенную оболочку и дополнительные семенные структуры, влияющие на прорастание семян, изменчивость генотипов в онтогенезе и их адаптационные возможности [10].

Гидротермические факторы, минеральное питание и прочие экологические факторы, при которых развивались материнские растения, существенно влияют на параметры последующего поколения, поэтому обычно экологические последствия изучают либо у проростков, либо у ювенильных растений [11, 12, 13]. Исследования влияния материнских фенотипических эффектов на потомственные растения последующих репродукций немногочисленны [11]. К тому же отсутствует единая точка зрения на степень и механизмы влияния условий превегетации (вегетации растений предыдущего поколения) на адаптивность вегетирующих растений [14]. Этим и обусловлена актуальность подобных исследований.

<sup>1</sup>Ступин А. С. Основы семеноведения. СПб: Лань, 2014. 384 с.

<sup>2</sup>Анци Дж. Сельскохозяйственная экология. М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. 320 с.

**Цель работы** – выявить закономерности проявления материнского фенотипического эффекта у растений мягкой яровой пшеницы и особенности формирования урожайных качеств семян в метеоусловиях, отличных от оптимальных.

**Материал и методы.** Объектом для исследования были 11 генотипов мягкой яровой пшеницы селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Полевой опыт закладывали на опытном участке ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (с. Красное) в 2014...2018 гг. Почвы опытного поля дерново-подзолистые среднесуглинистые сформированы на элювии пермских глин. Содержание в почве подвижного фосфора – 166 мг/кг, обменного калия – 175 мг/кг, гумуса 2,02%. Предшественник – чистый пар. Посев проходил в оптимальные сроки, семена сеяли в физиологически спелую почву с нормой высева 6 млн всхожих зерен на 1 га. В период вегетации все наблюдения проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур<sup>3</sup>. Структуру продуктивности сортов пшеницы анализировали по 20 растениям с учетных площадок.

Всхожесть семян определяли в лабораторных условиях. Лабораторная оценка генотипов пшеницы в фазу проростков (число зародышевых корней, сухая масса корней и ростков) включала учет физиологических параметров семян, репродуцированных в условиях разных лет (2015...2017 гг.). Параллельно оценивали «корневой индекс», или root:shoot ratio (RSR), как соотношение сухой массы корней и ростков. Содержание белка в зерне определяли на приборе «Inframatic 8620».

Данные лабораторных и полевых опытов обрабатывали статистически с использованием пакетов программ Microsoft Office Excel 2007.

**Результаты и их обсуждение.** Вегетативный период онтогенеза злаковых культур характеризуется развитием вторичных корней, формированием стеблей и колоса. В этот период мягкая яровая пшеница сильно реагирует на температуру воздуха, обеспеченность влагой. Оптимальной температурой для развития растений в период от всходов до стеблевания считают 7...12 °С, в фазу колошения – 15...16 °С [15]. Недостаток влаги и высокая температура воздуха угнетают рост междоузлий, приводят к сокращению размера листьев и длины коло-

са, провоцируют образование в колосе недоразвитых и стерильных цветков.

Репродуктивный период начинается цветением и заканчивается спелостью зерновки. В этот период дифференцируется зародыш, в зерновку поступают пластические вещества. При созревании семян аминокислоты под влиянием соответствующих ферментов превращаются в белки. Если в этот период выпадают осадки, то в семенах усиливается синтез крахмала. Зерно, содержащее больше эндосперма, как известно, характеризуется высокой натурой. Оптимумом репродуктивного периода считают 16 °С. Более высокие значения температуры воздуха приводят к сокращению поступления в зерновку пластических веществ, в результате чего семена остаются щуплыми. При пониженных температурах процесс созревания зерновки затягивается.

Метеорологические условия в период проведения исследования характеризовались неравномерным температурным режимом и количеством атмосферных осадков (табл. 1). Данные о погодных условиях взяты с сайта Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды<sup>4</sup>.

Сочетание параметров, характеризующих метеоусловия вегетации, привело к варьированию сроков наступления фаз онтогенеза и их продолжительности. В результате длительность вегетационного периода мягкой яровой пшеницы составила в разные годы 84...90 суток.

Высокая среднесуточная температура и сильнейший недостаток влаги в начале вегетации в 2014 г. отрицательно сказались на энергии кущения, часть растений погибла. Стеблевание пшеницы проходило при пониженных температурах и большом количестве атмосферных осадков, вызвавших появление дополнительных побегов (подгона). Низкая (относительно климатической нормы) температура воздуха и незначительное количество осадков, сопровождавшие репродуктивный период развития, замедлили налив зерна и созревание сортов всех групп спелости. Увеличение продолжительности периода «колошение – восковая спелость» отрицательно повлияло на качественные показатели зерна.

<sup>3</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М., 1971. 248 с.

<sup>4</sup>Кировский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pogoda43.ru/статьи/климат.html> (дата обращения: 24.04.2019).

*Таблица 1 – Характеристика метеоусловий вегетации мягкой яровой пшеницы (2014...2018 гг.) (г. Киров) /  
Table 1 – Characteristic of weather conditions of growing season of soft spring wheat (2014...2018) (Kirov)*

Показатель / Indicator	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
<i>Вегетативный период / Vegetative period</i>					
Среднесуточная температура, °С / Daily air temperature, °С	16,8	16,8	15,0	11,4	15,1
Сумма осадков, мм / Sum of precipitation, mm	113,0	79,3	76,9	191,6	142,9
Сумма эффективных температур, °С / Sum of effective temperatures, °С	649,5	882,6	697,5	717,9	668,7
Число суток / Number of days	42	50	47	56	52
<i>Репродуктивный период / Reproductive period</i>					
Среднесуточная температура, °С / Daily air temperature, °С	17,0	15,9	19,3	17,8	19,6
Сумма осадков, мм / Sum of precipitation, mm	59,0	128,6	119,6	88,4	105,8
Сумма эффективных температур, °С / Sum of effective temperatures, °С	467,7	625,4	711,7	572,0	606,5
Число суток / Number of days	47	40	35	32	32
<i>Вегетационный период / Growing period</i>					
Число суток / Number of days	89	90	82	88	84

Высокая среднесуточная температура воздуха в сочетании с равномерной увлажненностью в вегетативный период онтогенеза пшеницы в 2015 г. способствовали кущению растений и закладке высокопродуктивного колоса. Генеративный период проходил в условиях избыточного увлажнения и пониженных температур. Увеличение продолжительности фазы налива и созревания зерна способствовало повышению массы 1000 зерен и общей урожайности, но отрицательно отразилось на свойствах белка.

Вегетация растений в 2016 г. проходила при повышенной (относительно средней многолетней) температуре воздуха и значительно сокращенном количестве осадков (выпадали, в основном, в виде ливней). Сумма эффективных температур на 35% превысила климатическую норму. Жаркая и сухая погода привела к недостаточной влагообеспеченности растений, что способствовало уменьшению числа зерен в колосе, прерыванию налива зерна и, как следствие, снижению урожайности пшеницы более чем на 30%.

Погодные условия 2017 г. характеризовались избыточным количеством осадков и недостатком тепла, особенно в первую половину вегетации. Это благоприятно отразилось на общей кустистости растений, однако спровоцировало распространение листовых болезней. Сильные ливни повлекли частичное полегание растений. Репродуктивный период проходил преимущественно в благоприятных условиях.

Метеоусловия вегетации в 2018 г. характеризовались оптимальным сочетанием тепла и влаги: отклонение суммы осадков от климатической нормы составило 6%, температуры воздуха +0,6 °С. Сумма эффективных температур на 11% превысила показатель многолетней средней.

Условия вегетации мягкой яровой пшеницы в 2014, 2015 и 2018 гг. можно оценить, в целом, как удовлетворительные для роста и развития растений, 2016 г. характеризовался засушливостью, 2017 г. – излишней увлажненностью.

Признак «урожайность» интегрирует действие всех факторов на растительный организм во время его развития, а величина урожая есть результат «компромисса» продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам [16]. Общая характеристика 11 генотипов пшеницы по признаку «урожайность» (2014...2018 гг.) представлена на рисунке 1.

За пять лет наблюдений наибольшая средняя урожайность (38,9 ц/га) отмечена у селекционной линии С-65, при этом варибельность признака была ниже, чем у большинства исследованных генотипов. Это указывает на генетическую «гибкость» линии С-65 и наличие компенсаторной способности, потому что, как известно, чем выше показатель средней урожайности, тем выше степень соответствия между генотипом и различными средовыми факторами.

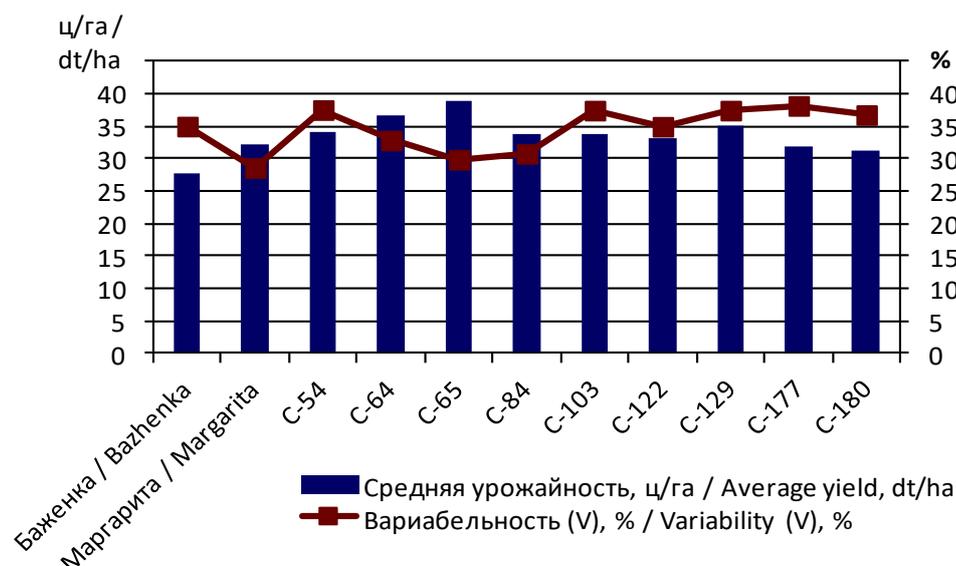


Рис. 1. Средняя урожайность сортов мягкой яровой пшеницы, ц/га /  
Fig. 1. Average productivity of soft spring wheat varieties, dt/ha

Величина урожайности зависит от совокупности агроклиматических, эдафических, биотических и других факторов. Анализ парных корреляций между урожайностью мягкой яровой пшеницы и параметрами, характеризующими метеосостояние вегетации, позволил выявить их сопряженность. Урожайность исследованных сортов достоверно отрицательно коррелировала (при  $p \leq 0,05$ ) со среднесуточной температурой

воздуха, сопровождавшей репродуктивный период развития растений ( $r = -0,883$ ).

Наиболее урожайными были 2014, 2015 гг. – средняя урожайность изученных генотипов составила соответственно 49,4 и 42,3 ц/га, а масса 1000 зерен по выборке соответствовала значениям 43,7 и 46,3 г, при этом межсортная вариабельность признаков была незначительной (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность и крупнозерность сортов мягкой яровой пшеницы (2014...2018 гг.) /  
Table 2 – Productivity and 1000-grain mass of soft spring wheat varieties (2014...2018)

Показатель / Indicator	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Урожайность, ц/га / Yield capacity, dt/ha	49,4±1,5	42,3±1,3	19,3±1,7	33,3±1,1	23,0±0,5
Максимальная урожайность, ц/га / Max yield capacity, dt/ha	55,0	50,2	26,1	40,1	25,1
Минимальная урожайность, ц/га Min yield capacity, dt/ha	41,4	33,5	12,5	27,1	20,0
V, %	9,8	10,3	21,7	11,0	7,0
Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g	43,7±1,0	46,3±1,0	41,6±1,2	38,5±0,8	38,4±1,1
Максимальная масса 1000 зерен, г / Max 1000-grain mass, g	48,8	51,8	49,0	43,2	45,6
Минимальная масса 1000 зерен, г / Min 1000-grain mass, g	36,2	40,8	35,0	34,3	32,0
V, %	7,9	7,0	9,9	7,2	9,7
$r_{xy}$	0,650*	0,743*	0,768*	0,715*	0,295

\* – статистически значимо при  $p \leq 0,05$  / \* – significant at  $p \leq 0,05$

Незначительная (7,0%) межсортная вариабельность по урожайности отмечалась в 2018 г. Величина признака варьировала в пределах 20,0...25,1 ц/га и была почти в два

раза ниже показателей, отмеченных в 2014 г. Неурожайным был 2016 год: средняя урожайность генотипов пшеницы в опыте составила 19,3 ц/га, при максимальном значении 26,1 ц/га

и минимальном – 12,5 ц/га. Изменчивость признака в условиях этого года была значительной, коэффициент вариации составил 21,7%.

Несмотря на низкую урожайность, в 2016 г. сформировалось достаточно крупное зерно – показатель «масса 1000 семян» имел значение 41,6 г и статистически значимо уступал только среднему значению, отмеченному в 2015 г. (табл. 2). В целом по годам изменчивость признака «масса 1000 семян» была незначительной ( $V = 7,4\%$ ). Однофакторный дисперсионный анализ признака показал, что доля влияния условий среды в его формировании составила 11,8%, наибольший вклад внес генотип (68,1%).

Крупнозерность пшеницы сопряжена с урожайностью, однако сила связи между данными признаками в разные годы различна (табл. 2). Более тесная связь параметров выявлена в годы с нетипичными для Кировской области метеоусловиями. Например, в засушливом 2016 г. коэффициент корреляции урожайности с массой 1000 зерен имел максимальное в исследовании значение ( $r = 0,768$ ), в излишне увлажненном 2017 г. связь между признаками также была сильной ( $r = 0,715$ ).

Крупность зерна – один из признаков, по которому диагностируют урожайность сорта на следующий год. Коэффициенты корреляции между этими признаками действительно имеют положительные значения, но сила связи

различна. Так, урожайность пшеницы в 2015, 2017 гг. была достоверно (при  $p \leq 0,05$ ) связана с параметром «масса 1000 семян», сформированным в условиях предыдущего года ( $r = 0,876$  и  $0,777$  соответственно). Наиболее высокой урожайностью в 2016 г. характеризовались те генотипы, которые в условиях превегетации синтезировали в зернах меньше белка ( $r = -0,723$ ), а поскольку масса 1000 зерен отрицательно коррелировала с содержанием белка ( $r = -0,709$ ), можно считать, что данный параметр косвенно связан с урожайностью. Сопряженность урожайности сортов в 2018 г. с массой 1000 семян и содержанием белка в зерне, репродуцированном в 2017 г., недостоверна.

Условия репродукции семян повлияли на их всхожесть. Репродуктивный период пшеницы в годы исследования длился 32...47 суток (табл. 1). Исследование показало, что лабораторная всхожесть выше у семян, которые сформировались в 2014, 2015 гг. В эти годы период налива зерна продолжался более 40 суток, и растения имели достаточно времени для накопления в семенах запасных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, от которых в значительной степени зависит протекание физиолого-биохимических процессов при их прорастании. На рисунке 2 отражена зависимость всхожести семян пшеницы от содержания белка и крупности зерновок (масса 1000 зерен).

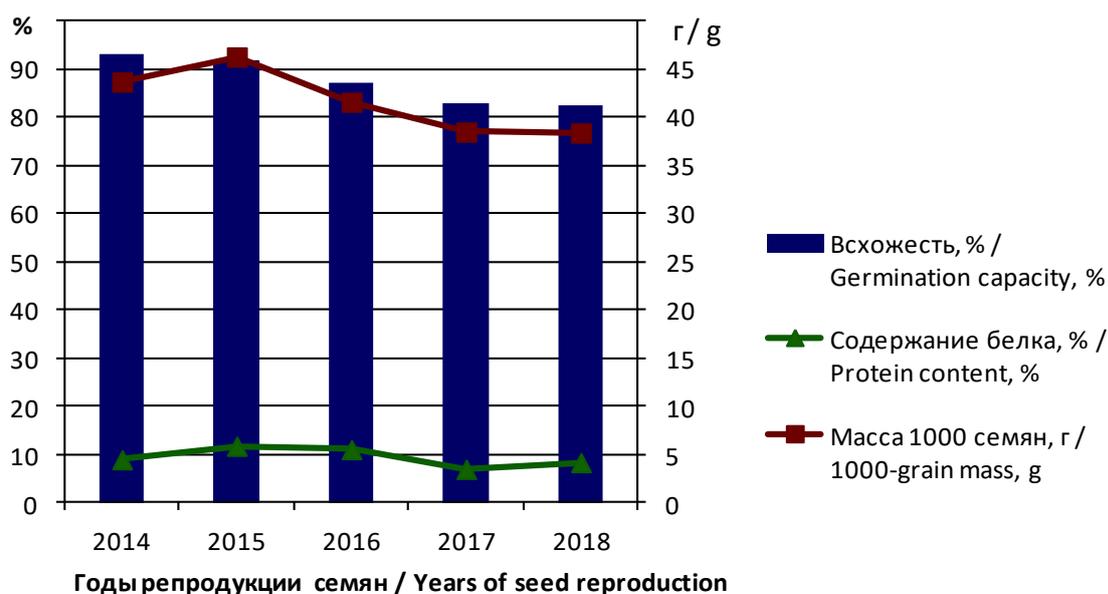


Рис. 2. Зависимость всхожести мягкой яровой пшеницы от крупности семян и содержания в них белка /  
Fig. 2. Dependence of germination capacity of spring wheat on 1000-grain mass and protein content

Сокращение репродуктивного периода из-за преобладания высоких среднесуточных температур привело к преждевременной спелости и усыханию зерна, в результате чего отмечено снижение абсолютного веса зерновки и уменьшение в ней доли белка, что впоследствии привело к снижению всхожести семян. Коэффициент корреляции между продолжительностью репродуктивного периода материнских растений и лабораторной всхожестью семян достоверно высокий ( $r = 0,955$ ).

Метеоусловия периода формирования и

созревания зерновок повлияли на параметры развития проростков пшеницы. Сравнительный анализ проростков, развившихся из семян 2015...2017 гг., позволил выявить некоторые особенности. Во-первых, семена 2015 г., налив которых проходил при оптимальной для данного периода температуре воздуха ( $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и достаточном увлажнении, сформировали мощные ростки (вес ростка статистически значимо превосходил значения других лет) и относительно слабую корневую систему (наименьшее в опыте число зародышевых корней и их сухой вес) (табл. 3).

*Таблица 3 – Ростковые показатели развития проростков пшеницы в перерасчете на одно растение / Table 3 – Growth indicators of development of wheat seedlings per one plant*

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Год репродукции / Year of reproduction</i>	<i>Среднее в опыте / Average in test</i>	<i>Предел межсортового варьирования / Limit of intervarietal variation</i>	<i>V, %</i>
Число зародышевых корней, шт. / Number of seminal roots, pcs.	2015	4,36±0,09	3,85...4,84	6,7
	2016	4,79±0,09	4,28...5,31	6,5
	2017	4,62±0,09	4,21...5,19	6,7
Сухой вес зародышевых корней, мг / Dry mass of seminal roots, mg	2015	5,12±0,20	3,98...6,09	13,2
	2016	6,47±0,19	5,36...7,60	9,5
	2017	5,97±0,21	4,84...7,38	11,6
Сухой вес ростка, мг / Dry mass of a shoot, mg	2015	7,71±0,34	5,45...9,01	15,7
	2016	6,89±0,18	6,03...7,60	8,7
	2017	6,17±0,19	5,08...7,03	10,4
Сухой вес проростка, мг / Dry mass of a seedling, mg	2015	12,33±0,42	9,53...14,53	11,4
	2016	13,35±0,32	11,46...14,91	7,8
	2017	12,14±0,37	10,10...13,94	10,1
RSR (root-soot ratio)	2015	0,70±0,05	0,49...1,04	21,5
	2016	0,94±0,03	0,80...1,05	9,1
	2017	0,98±0,03	0,83...1,14	9,8

Во-вторых, более высокие температуры, сопровождавшие репродуктивный период вегетации пшеницы, спровоцировали закладку в зародыше семени дополнительных корешков. Семена, сформированные при среднесуточной температуре воздуха, на 2...4 градуса превышающей оптимальное значение, проросли значимо большим числом зародышевых корней (на 6,0...9,9% соответственно). Как следствие, проростки имели более мощную корневую систему, которая по весу на 16,6...26,4% превысила показатель 2015 г. Считается [17, 18], что при повышенных температурах воздуха усиливается передвижение из вегетативных органов в семена фосфора и витаминов группы В, стимулирующих впоследствии их прорастание. Хорошо сформированная корневая система и довольно мощный росток, развив-

шиеся из семян 2016 г. репродукции, статистически значимо увеличили вес проростка на 8,0...10,0% по сравнению с показателями двух других лет. При этом межсортовая вариабельность признака «вес проростка» у генотипов пшеницы, вегетирующих в 2016 г., была незначительной ( $V = 7,8\%$ ).

Отмечено, что вес сухого вещества корней достоверно коррелировал с температурой воздуха репродуктивного периода вегетации ( $r = 0,997$ ). На массу ростков сильное влияние оказало количество осадков, выпавших в период налива и созревания зерна ( $r = 0,998$ ).

Важное биологическое значение имеет процесс перераспределения ресурсов семени между надземной и подземной частями растения. Его оценивают из соотношения сухой

массы корней и ростков. Индекс root-oot ratio (RSR) показывает интегрированный ответ растения на условия среды. Условия проращивания семян 2015...2017 гг. репродукции были одинаковыми – процесс проводили в лабораторных условиях (в термостате), однако индекс RSR имел разные значения (табл. 3). Наименьшее среднее по выборке значение индекса RSR отмечено у проростков 2015 г. репродукции. Обычно такое происходит при улучшении условий минерального питания, когда растению нет необходимости тратить много энергии на поиск необходимых элементов, и основная часть пластических веществ переносится в надземные органы. Распределение пластических веществ между корнями и ростками у проростков 2016, 2017 гг. репродукции происходило примерно поровну: значения индекса RSR имели близкие к единице значения. Усиление притока ассимилятов в корневую систему проростка, скорее всего, было связано

с тем, что формирование семян проходило при недостаточной влагообеспеченности материнских растений и семена, адаптированные к этим условиям, больше биомассы распределяли в сторону корневой системы.

Незначительная вариабельность индекса RSR у проростков, развившихся из семян 2016, 2017 гг. репродукции, указывает на схожую реакцию исследованных генотипов пшеницы на метеоусловия превегетации, что затрудняет их адекватную оценку. Значительная вариабельность корневого индекса (21,5%) у проростков, развившихся из семян 2015 г., позволила выявить специфическую реакцию сортов на метеоусловия. Так, у селекционной линии С-65 значительная часть ассимилятов зерновки была направлена на формирование ростка (RSR = 0,49). Это позволило растениям данного генотипа формировать в условиях 2016 г. максимальные значения элементов структуры продуктивности (табл. 4).

**Таблица 4 – Характеристика элементов структуры продуктивности селекционных линий мягкой яровой пшеницы (2016 г.) /**

**Table 4 – Characteristic of productivity structure elements in breeding lines of soft spring wheat (2016)**

<i>Элемент структуры продуктивности / The element of productivity structure</i>	<i>Среднее в опыте / Average in test</i>	<i>С-65</i>	<i>С-177</i>
Кустистость, шт. / Tilling capacity, pcs.	1,40	1,60	1,35
Продуктивная кустистость, шт. / Productive tilling capacity, pcs.	1,19	1,30*	1,15
Длина главного колоса, см / Length of the main ear, cm	7,97	8,80*	8,10
Масса главного колоса, г / Mass of the main ear, g	1,90	2,42*	1,68*
Число зерен главного колоса, шт. / Number of grains in the main ear, pcs.	35,31	42,25*	33,55*
Масса зерна главного колоса, г / Mass of grain in the main ear, g	1,47	1,93*	1,29*
Масса зерна с растения, г / Grain mass per plant, g	1,65	2,33*	1,41*
Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g	40,83	45,20*	37,50*

\* – статистически значимо (при  $p \leq 0,05$ ) / \* – significant at  $p \leq 0.05$

У линии С-177 пластические вещества семени во время прорастания поровну распределились между надземной и подземной частями проростка (индекс RSR = 1,04). Анализ элементов структуры продуктивности растений этого генотипа показал, что большинство параметров были значимо ниже средних по опыту значений. Таким образом, генотипы пшеницы, прорастающие более мощными ростками, имеют более высокие значения элементов продуктивности растений. Это позволяет выделить их среди других селекционных образцов.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что метеоусловия превегетации существенно повлияли на урожайные качества

семян мягкой яровой пшеницы. Высокой всхожестью характеризовались семена, формирование и созревание которых длилось более 40 суток. За это время в зернах накопилось необходимое для развития последующего поколения растений количество питательных веществ. Сокращение репродуктивного периода пшеницы привело к снижению абсолютного веса зерновки, уменьшению в ней доли белка и, как следствие, снижению всхожести семян.

Метеоусловия, при которых проходило развитие материнских растений, а, в частности температурный режим в период формирования и созревания семян, существенно повлияли на параметры проростков. Развитие материнских растений в условиях повышенных сред-

несуточных температур предопределило способность семян равномерно распределять пластические вещества между надземной и подземной частями проростка, значимо увеличивая при этом число зародышевых корней. При оптимальной среднесуточной температуре

формировались семена, у которых значительная часть запасных веществ при прорастании расходовалась на развитие ростка. Сорты с более мощными ростками характеризовались высокими значениями элементов структуры продуктивности.

#### Список литературы

1. Алешенко П. И. Как повысить урожай и качество семян яровой пшеницы в засушливых условиях. Селекция и семеноводство. 1985;(4):48-49.
2. Киндрук Н. А., Сечняк Л. К., Слюсаренко О. К. Экологические основы семеноводства и прогнозирования урожайных качеств семян озимой пшеницы. Киев: Урожай, 1990. 181 с.
3. Захарова Н. Н. Урожайные свойства семян яровой мягкой пшеницы [Электронный ресурс]. Концепт: научно-методический электронный журнал. 2013;3:521-525. Режим доступа: <https://e-koncept.ru/2013/53106.htm> (дата обращения:17.04.2019).
4. Медведев И. Ф., Сиренко Ф. В., Ефимова В. И., Деревягин С. С. Динамика развития корневой системы яровой пшеницы в условиях активного проявления засух и различной обеспеченности элементами питания растений. Достижения науки и техники АПК. 2013;(8):6-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20236854>
5. Шихова Л. Н., Егошина Т. Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях Северо-Востока Европейской части России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2004. 262 с.
6. Прокина Л. Н. Отзывчивость яровой пшеницы на внесение макро- и микроудобрений в условиях юга нечерноземной зоны. Достижения науки и техники АПК. 2011;(7):31-33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16543408>
7. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018;6(2):356. DOI: <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000356>
8. Бабицкий А. Ф. Режим влажности почвы при выращивании пшеницы модифицирует продуктивные качества ее семян. Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке. 2011. Т. 4. Ч. 1. С. 373-380.
9. Кашулин П. А., Калачева И. В. Экологическое значение квазидвухлетних осцилляций в динамике наземных экосистем. Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докл. Междунар. конф. Ч. 3. Сыктывкар, 2007. С. 37-39.
10. Стефанова Н. А. Влияние материнского фенотипа на посевные качества семян яровой пшеницы. Доклады Российской академии с.-х. наук. 1998;(3):8-10.
11. Карпова Л. В. Посевные качества и урожайные свойства семян яровой твердой пшеницы. Аграрная наука. 2002;(3):13-15.
12. Гусакова Л. П., Лыкова Н. А. Определение оптимальных условий формирования семян в многофакторном эксперименте. Зерновое хозяйство. 2004;(4):14-16.
13. Лыкова Н. А., Попов А. И., Топаж А. Г., Хомяков Ю. В. Совершенствование методики сортоиспытания зерновых культур. В сб.: Регулируемая агроэкосистема в растениеводстве и экофизиологии: АФИ 75 лет. СПб., 2007. Ч. 4. С. 222-231.
14. Лыкова Н. А. Адаптивность злаков (*Poaceae*) в связи с условиями превегетации и вегетации. Сельскохозяйственная биология. 2008;43(1):48-54.
15. Пинчук Л. Г., Кондратенко Е. П., Коршиков Ю. А., Долгодворов В. Е. Продуктивность яровой пшеницы в условиях юго-востока Западной Сибири. Зерновое хозяйство. 2006;(5):13-17.
16. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. М.: Колос, 1984. 344 с.
17. Березкин А. Н., Малько А. М., Смирнова Л. А., Исламов М. Н., Горбачев И. В., Березкина Л. Л. Факторы и условия развития семеноводства в Российской Федерации. М.: РГАУ-МСХА, 2006. 302 с.
18. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г. Посевные качества и полевая всхожесть семян яровой мягкой пшеницы. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016;(4(36)):17-23. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2016-4-17-23>

#### References

1. Aleshchenko P. I. *Kak povysit' urozhay i kachestvo semyan yarovoy pshenitsy v zasushliviyykh usloviyakh*. [How to increase the yield and quality of spring wheat seeds in arid conditions]. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1985;(4):48-49. (In Russ.).
2. Kindruk N. A., Sechnyak L. K., Slyusarenko O. K. *Ekologicheskie osnovy semenovodstva i prognozirovaniya urozhaynykh kachestv semyan ozimoy pshenitsy*. [Ecological basis of seed production and forecasting of yield qualities of winter wheat seeds]. Kiev: *Urozhay*, 1990. 181 p.
3. Zakharova N. N. *Urozhaynye svoystva semyan yarovoy myagkoy pshenitsy*. [Yielding properties of spring soft wheat seeds]. *Kontsept: nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal*. 2013;3:521-525. (In Russ.). URL: <https://e-koncept.ru/2013/53106.htm> (accessed:17.04.2019).

4. Medvedev I. F., Sirenko F. V., Efimova V. I., Derevyagin S. S. *Dinamika razvitiya kornevoy sistemy yarovoy pshenitsy v usloviyakh aktivnogo proyavleniya zasukh i razlichnoy obespechennosti elementami pitaniya rasteniy*. [Dynamics of development of spring wheat root system in highly drought conditions and by various supply of plants with nutrients]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2013;(8):6-10. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20236854>
5. Shikhova L. N., Egoshina T. L. *Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Severo-Vostoka Evropeyskoy chasti Rossii*. [Heavy metals in soils and plants of the North-East of the European part of Russia]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2004. 262 p.
6. Prokina L. N. *Otzyvchivost' yarovoy pshenitsy na vnesenie makro- i mikroudobreniy v usloviyakh yuga nechernozemnoy zony*. [Responsiveness of spring wheat to the application of macro- and micro fertilizers in the conditions of the south of the nonchernozem zone]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2011;(7):31-33. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16543408>
7. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum L.*) Seed: A Review on Selected Factors. *Advances in Crop Science and Technology*. 2018;6(2):356. DOI: <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000356>
8. Babitskiy A. F. *Rezhim vlazhnosti pochvy pri vyrashchivanii pshenitsy modifitsiruet produktivnye kachestva ee semyan*. [The regime of soil moisture in wheat cultivation modifies the productive qualities of seeds]. *Kul'turnye rasteniya dlya ustoychivogo sel'skogo khozyaystva v XXI veke*. [Crops for sustainable agriculture in the twenty-first century]. 2011. T. 4. Ch. 1. pp. 373-380.
9. Kashulin P. A., Kalacheva I. V. *Ekologicheskoe znachenie kvazidvukhletnikh ostsillyatsiy v dinamike nazemnykh ekosistem*. [Ecological significance of quasi-biennial oscillations in the dynamics of terrestrial ecosystems]. *Sovremennaya fiziologiya rasteniy: ot molekul do ekosistem: materialy dokl. Mezhdunar. konf.* [Modern plant physiology: from molecules to ecosystems: Proceedings of the International Conference]. Ch. 3. Syktyvkar, 2007. pp. 37-39.
10. Stefanova N. A. *Vliyanie materinskogo fenotipa na posevnye kachestva semyan yarovoy pshenitsy*. [Influence of maternal phenotype on sowing qualities of spring wheat seeds]. *Doklady Rossiyskoy akademii s.-kh. nauk = Reports of the Russian Academy of agricultural sciences*. 1998;(3):8-10. (In Russ.).
11. Karpova L. V. *Posevnye kachestva i urozhaynye svoystva semyan yarovoy tverdoy pshenitsy*. [Sowing qualities and yielding properties of spring durum wheat seeds]. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2002;(3):13-15. (In Russ.).
12. Gusakova L. P., Lykova N. A. *Opreделение optimal'nykh usloviy formirovaniya semyan v mnogofaktornom eksperimente*. [Determination of optimal conditions for seed formation in a multifactorial experiment]. *Zernovoe khozyaystvo*. 2004;(4):14-16. (In Russ.).
13. Lykova N. A., Popov A. I., Topazh A. G., Khomyakov Yu. V. *Sovershenstvovanie metodiki sortoispytaniya zernovykh kul'tur*. [Improving the methods of variety testing of grain crops]. *V sb.: Reguliruemaya agroekosistema v rastenievodstve i ekofiziologii: AFI 75 let*. [In the collection: Regulated agroecosystem in crop production and ecophysiology: API is 75 years]. Saint-Petersburg, 2007. Part. 4. pp. 222-231.
14. Lykova N. A. *Adaptivnost' zlakov (Poaceae) v svyazi s usloviyami prevegetatsii i vegetatsii*. [Adaptability of cereals (*Poaceae*) due to pre-vegetation and vegetation conditions]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2008;43(1):48-54. (In Russ.).
15. Pinchuk L. G., Kondratenko E. P., Korshikov Yu. A., Dolgodvorov V. E. *Produktivnost' yarovoy pshenitsy v usloviyakh yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri*. [Productivity of spring wheat in the South-East of Western Siberia]. *Zernovoe khozyaystvo*. 2006;(5):13-17. (In Russ.).
16. Boroevich S. *Printsipy i metody selektsii rasteniy*. [Principles and methods of plant breeding]. Moscow: *Kolos*, 1984. 344 p.
17. Berezkin A. N., Mal'ko A. M., Smirnova L. A., Islamov M. N., Gorbachev I. V., Berezkina L. L. *Faktory i usloviya razvitiya semenovodstva v Rossiyskoy Federatsii*. [Factors and conditions of seed production development in the Russian Federation]. Moscow: *RGAU-MSKhA*, 2006. 302 p.
18. Zakharova N. N., Zakharov N. G. *Posevnye kachestva i polevaya vskhozhest' semyan yarovoy myagkoy pshenitsy*. [Sowing qualities and field germination of spring soft wheat seeds]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2016;(4(36)):17-23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2016-4-17-23>

**Сведения об авторах:**

✉ **Амунова Оксана Сергеевна**, кандидат биол. наук, научный сотрудник 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/0000-0001-8560-840X>**.

**Information about the authors:**

✉ **Oksana S. Amunova**, PhD in Biology, researcher, 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/0000-0001-8560-840X>**.

✉ - Для контактов / Corresponding author

# ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.447-455>  
УДК 633.13:664.785



## Голозерный овес – перспективное сырье для глубокой переработки

© 2019. Н. Р. Андреев, В. Г. Гольдштейн ✉, Л. П. Носовская, Л. В. Адикаева,  
Е. О. Голионко

Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов –  
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем  
им. В. М. Горбатова» РАН, Московская область, Российская Федерация

Исследованиями, проведенными в ВНИИ крахмалопродуктов, разработан технологический режим применения целлюлолитических ферментов для снижения вязкости зерновой пульпы, полученной при измельчении замороженного в растворе метабисульфита натрия зерна голозерного овса. В результате обработки экспериментальных данных определены оптимальные технологические параметры процесса: расход ферментного препарата *Viscoferm 200* з/т зерна и продолжительность ферментации при постоянном перемешивании в течение 2,5 ч при pH 4,6 и температуре 50 °С. В лабораторных условиях изучали возможность переработки крахмал образцов зерна голозерного овса Вятский, Першерон, 857h05, 766 h05 селекции ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого». Технологической оценкой, основанной на переработке зерна в лабораторных условиях методом «завод на столе», установлено, что выход крупнозернистого крахмала А при переработке голозерного овса с применением целлюлолитических ферментов составил 51,4-53,9%, т.е. более высокий, чем у пленчатого овса, ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале. Установлено низкое содержание крахмала в мезге (7,7-8,7% СВ мезги) в сравнении с результатами, полученными при переработке пленчатого овса, ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале (11,2-13,9% СВ мезги). Выход мезги при переработке голозерного овса составил 7,3-8,8% СВ зерна, а при переработке других видов зерна 10,3-17,5% СВ зерна. Выход мелкозернистого крахмала Б при переработке исследуемых сортов голозерного овса составил 19,2-20,8% СВ зерна – меньше, чем у аналогичного показателя, полученного при переработке пленчатого овса и пшеницы, но больше, чем при переработке ржи и тритикале. Выделенный углеводно-белковый концентрат, включающий крахмал Б и белки, рекомендован для использования вместе с экстрактом и мезгой в качестве компонента для производства кормов.

**Ключевые слова:** овес (*Avena sativa*), рожь (*Secale cereale*), тритикале (*Triticosecale*), пшеница (*Triticum*), крахмал А, крахмал Б, углеводно-белковый концентрат, мезга, экстракт, фермент, некрахмальные полисахариды

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В. М. Горбатова» (тема №0606 – 2014 – 0002).

Авторы выражают благодарность, заместителю директора по селекционной работе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» академику РАН Баталовой Галине Аркадьевне за консультативную помощь и предоставленные для исследования образцы голозерного овса.

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

**Для цитирования:** Андреев Н. Р., Гольдштейн В. Г., Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Голионко Е. О. Голозерный овес – перспективное сырье для глубокой переработки. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):447-455. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.447-455>

Поступила: 14.06.2019 Принята к публикации: 26.09.2019 Опубликовано онлайн: 18.10.2019

## Naked oat is promising raw material for deep grain processing

© 2019. Nikolay R. Andreev, Vladimir G. Goldstein ✉, Liliya P. Nosovskaya,  
Larisa V. Adikaeva, Evgeniya O. Golionko

All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbatov Federal  
Research Center for Food Systems of RAS, Moscow region, Russian Federation

During the research conducted at the All-Russian Research Institute for Starch Products there has been developed a technological mode of using cellulolytic enzymes to reduce the viscosity of grain pulp obtained by grinding naked oat grains soaked in a sodium metabisulphite solution. As the experimental data had been processed, the optimum technological paramete-

ters of the process were determined: the consumption of the enzyme preparation Viscoferm was 200 g/t of grain and the duration of fermentation by constant stirring for 2.5 hours at pH 4.6 and temperature 50°C. Under laboratory conditions there has been studied the possibility of starch processing of naked oat grain samples Vyatka, Percheron, 857h05, 766 h05 varieties grown in the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky. Technological assessment based on grain processing in the laboratory using the “plant on the table” method has shown that the yield of coarse-grained starch A in the processing of naked oat using cellulolytic enzymes is 51.4-53.9%, i.e. higher than that of filmy oats, rye Falenskaya 4 and Vyatka 2, wheat and triticale. Low starch content in fiber (7.7-8.7% dry substances DS of fiber) was found in comparison with the results obtained from the processing of filmy oats, Falenskaya and Vyatka 2 rye varieties, wheat and triticale (11.2 - 13.9% DS of fiber). Fiber output by the processing of naked oats is 7.3 - 8.8% DS of grain, by the processing of other types of grain 10.3 - 17.5% DS of grain. The yield of small-grain starch B in the processing of the studied varieties of naked oat is 19.2 - 20.8% DS of grain, that is higher than this value obtained by processing of filmy oats and wheat, but lower than by processing of rye and triticale. Isolated carbohydrate-protein concentrate, including starch B and proteins, is recommended for use with the extract and fiber as a component for the production of feed.

**Key words:** oat (*Avena sativa*), rye (*Secale cereale*), triticale (*Triticosecale*), wheat (*Triticum*), starch A, starch B, carbohydrate-protein concentrate, fiber, extract, enzyme, non-starch polysaccharides

**Acknowledgement:** the research was carried out within the state assignment of Gorbатов Research Center for Food Systems (theme № 0606 – 2014 – 0002).

The authors are grateful to Galina Batalova, academician of RAS, Deputy Director for Breeding Work of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky for advisory assistance and samples of naked oats provided for the research.

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

**For citation:** Andreev N. R., Goldstein V. G., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Golionko E. O. Naked oat is promising raw material for deep grain processing. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):447-455. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.447-455>

Received: 14.06.2019

Accepted for publication: 26.09.2019

Published online: 18.10.2019

Главными показателями качества зерна для его последующей глубокой переработки являются содержание белков и крахмала. Эти показатели зависят от плодородия почвы, сорта и внесенных в почву удобрений [1]. А при равных вышеперечисленных условиях на массовую долю белка и крахмала в зерне оказывают влияние влажность и температура почвы. В засушливые годы массовая доля белка в зерне увеличивается, а во влажные увеличивается массовая доля крахмала [2].

Массовая доля белка, масла, крахмала и клетчатки в зерне голозерного овса превышает показатели пленчатых образцов [3, 4]. У голозерных разновидностей овса посевного *A. sativa L. var. chinensis, inermis, maculata* содержание белка составляет 15,46±0,47% (min 13,3%, max 18,2%); крахмала – 64,2±0,99% (min 58,4%, max 68,8%); масла – 7,07±0,26% (min 6%, max 8,5%). В то время как у пленчатых образцов этого же вида показатели оказались значительно ниже: белка – 9,48±0,12% (min 7,8%, max 13,3%); крахмала – 48,77±0,33% (min 41,1%, max 54%) [3].

При переработке голозерного овса существенное влияние оказывает примесь пленчатых сортов, которая составляет от 1 до 6% в зависимости от генотипа зерна [5].

Исследованы 7 сортов овса голозерного в качестве сырья для производства крахмала.

Выделены наиболее перспективные сорта овса голозерного 857h05 и 766h05 с высоким содержанием крахмала в зерне – 62,4 и 63,0% соответственно. Данные сорта характеризовались более низкой массовой долей белка – 16,6 и 16,3% СВ [6]. Сорта овса так же, как и другие зерновые культуры (пшеница, рожь, ячмень, тритикале) обладают бимодальной дисперсностью крахмалов: крупнозернистый крахмал А содержит более крупные гранулы крахмала, более 10 мкм. Разная удельная масса гранул крахмала А и частиц белка позволяют производить крахмал А с минимальной массовой долей белка. Крахмал Б содержит гранулы крахмала менее 10 мкм, поэтому крахмал Б при переработке зерна получают с высокой массовой долей белка.

Исследованы некрахмальные полисахариды (β-глюканы и арабиноксиланы) зерна 15 перспективных и двух районированных сортов голозерного овса, а также одного широко распространенного районированного пленчатого сорта. Массовая доля β-глюканов изменялась в зависимости от исследуемого сорта с 3,2 до 3,7%, а арабиноксиланов с 5,1 до 7,9% СВ [7]

Голозерные формы овса имеют большее общее содержание указанного полисахарида по сравнению с пленчатыми, но последние содержат больше нерастворимых β-глюканов.

Выполненная сравнительно идентификация генов, участвующих в биосинтезе β-глюканов зерновых культур, и созданная первая генетическая карта открывают новые возможности для улучшения показателей качества зерна и получаемых из него пищевых продуктов [8].

Исследованиями по извлечению β-глюканов установлено, что сочетание щелочного и ферментативного способов выделения β-глюкана из зерна овса голозерного шлифованного и овсяных отрубей эффективней щелочного метода [8, 9].

Необходимо отметить, что массовая доля белка в зерне голозерного овса может достигать 20% с массовой долей лизина, аргинина, лизина, валина, превышающей массовую долю этих аминокислот в пленчатых сортах овса [10, 11, 12]. Высокая питательная ценность зерна голозерного овса позволяет эффективно использовать его в качестве сырья для производства пищевых продуктов [13, 14, 15] и корма для моногастрических животных [4, 16].

**Цель исследований** – определение возможности использования голозерного овса в качестве сырья для разработки технологии

извлечения крахмала и белка с последующей глубокой переработкой этих продуктов.

**Материалы и методы.** Объектами исследований являлись голозерный овес сортов Вятский, Першерон, 857h05 и 766h05 урожая 2015 г., овес пленчатый не сортовой (ГОСТ Р 53901), озимая рожь сорта Фаленская 4 и Вятка 2 селекции ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» (ныне ФНБНУ ФАНЦ Северо-Востока), зерно пшеницы не сортовой (ГОСТ Р 52554), зерно тритикале сорта Корнет селекции Федерального Ростовского аграрного научного центра.

Определение крахмала – ГОСТ 10845 «Зерно и продукты его переработки». Определение влажности – ГОСТ 29143 «Зерно и зернопродукты. Определение влажности». Определение сухих веществ по ГОСТ 31640 «Корма. Методы определения сухих веществ». Переработка крахмалосодержащего сырья методом «завод на столе» [17].

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований четырех наиболее перспективных по содержанию крахмала сортов голозерного овса урожая 2015 г. приведены в таблице 1.

*Таблица 1 – Массовая доля крахмала и белка в зерне голозерного овса / Table 1 – Mass fraction of starch and protein in the grain of naked oats*

<i>Сорт / Variety</i>	<i>Массовая доля крахмала в зерне, % СВ / Mass fraction of starch in grain, % DS</i>	<i>Массовая доля белка в зерне, % СВ / Mass fraction of protein in grain, % DS</i>
Вятский / Vyatskiy	71,8	10,97
Першерон / Persheron	67,4	13,27
857h05	70,5	11,73
766h05	70,9	13,20

В исследуемых образцах зерна голозерного овса массовая доля крахмала (67,4-71,8%) и белка (11,0-13,3%) приближается к аналогичным показателям пшеницы и кукурузы, что значительно превышает эти показатели в предыдущих исследованиях по переработке голозерного овса урожая 2013 г. на крахмал [6]. Вероятно, генотипический фактор (сортовая принадлежность), внесение удобрений и погодные условия оказывают существенное влияние на массовую долю крахмала и белка в зерне голозерного овса [1, 2]. Это весьма существенные показатели, если рассматривать зерно овса как сырье для глубокой переработки.

Проведена технологическая оценка исследуемых образцов голозерного овса, овса пленчатого, озимой ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале.

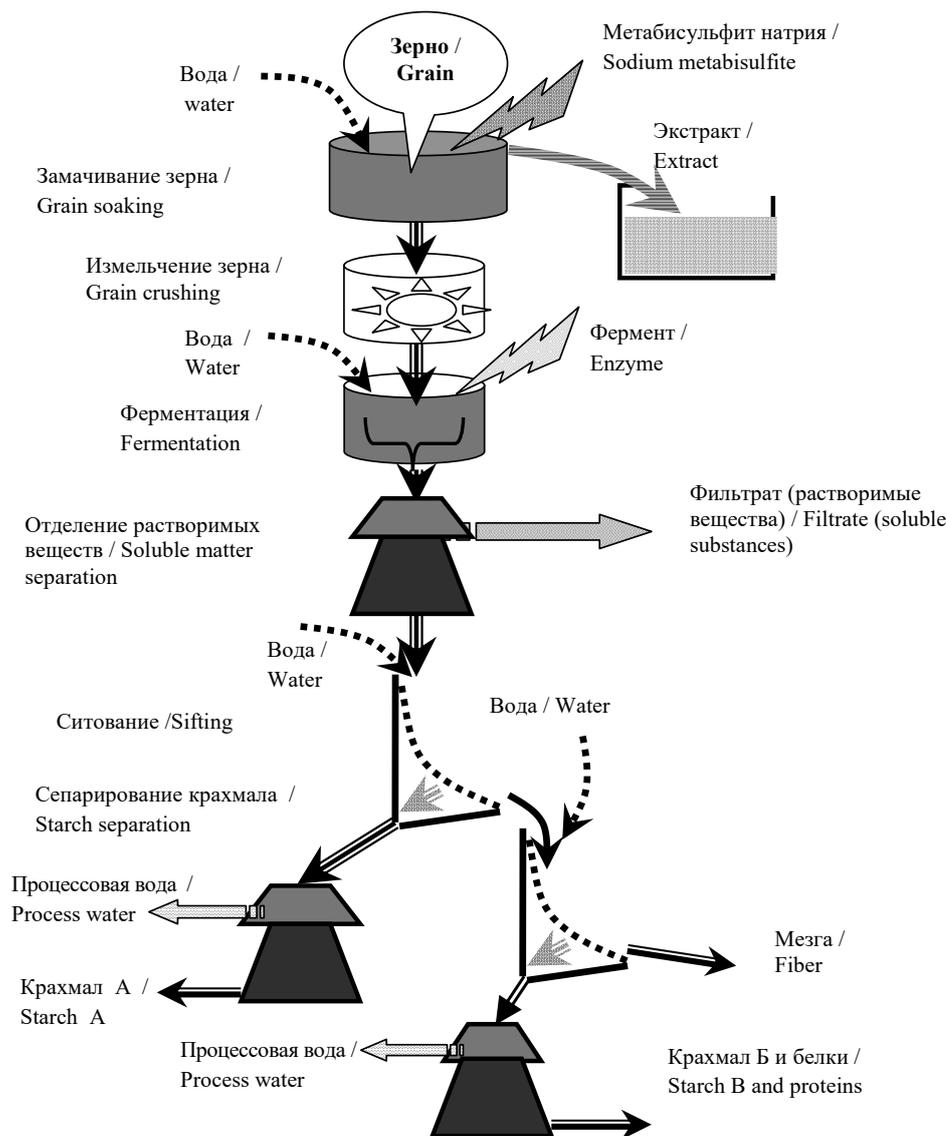
Схема переработки зерна в лабораторных условиях на крахмал и побочные продукты показана на рисунке 1. Зерно замачивали в растворе метабисульфита натрия концентрацией SO<sub>2</sub> 0,23% при температуре 48-50 °С в течение 24 ч, замочную воду (жидкий экстракт) отделяли от зерна.

Замоченное зерно измельчали в блендере Braun в течение 3 мин. В полученную измельченную массу зерна вводили ферментный препарат Viscoferm (из расчета 200 г/т зерна) и ферментировали при постоянном перемешивании в течение 2,5 ч при pH 4,6 и температуре 50 °С.

Отделение растворимых веществ от зерновой массы проводили центрифугированием на лабораторной центрифуге ОС-6М при 4000 об/мин в течение 5 мин. Углеводно-

белковый концентрат обезвоживали на лабораторной центрифуге ОС-6М при 5000 об/мин в

течение 15 мин. Полученные продукты – мезгу, крахмал А и крахмал Б высушивали при  $50 \pm 2$  °С.



*Рис. 1. Технологическая схема переработки зерна на лабораторной установке «завод на столе» / Fig. 1. Technological scheme of grain processing with the laboratory setup “plant on the table”*

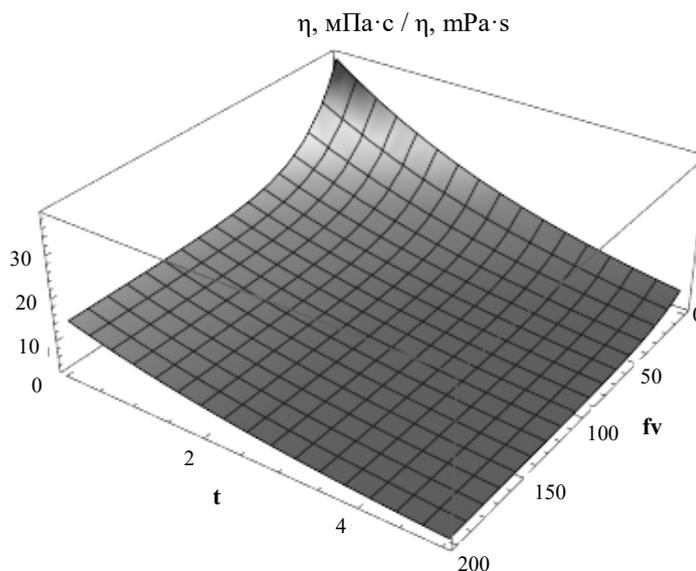
Исследованиями, проведенными во ВНИИ крахмалопродуктов, определена практическая целесообразность применения целлюлолитических ферментов, используемых при термостатировании зерновой пульпы [18], полученной при измельчении зерна, замоченного в растворе метабисульфита натрия.

При перемешивании измельченного зерна (зерновой пульпы) под действием осмотических сил, температуры и сил механического воздействия (перемешивания) происходит растворение некрахмальных полисахаридов (пентозанов,  $\beta$ -глюканов), дополни-

тельно увеличивающих вязкость зерновой массы. Высокая вязкость и пенообразование, вызванные растворением некрахмальных полисахаридов, приводят к потерям крахмала с побочными продуктами (мезга, углеводно-белковый концентрат). Кроме того, присутствие некрахмальных полисахаридов в процессовой воде не позволяет ее использование в технологическом процессе. Для снижения вязкости зерновой пульпы применяют ферментные препараты целлюлолитического действия. Основными факторами эффективного действия ферментного препарата

являются продолжительность ферментации, дозировка, температура, рН и интенсивное перемешивание. Исследованиями установлена

возможность значительно снизить вязкость в зерновой пульпе, полученной в результате мокрого помола (рис. 2).



*Рис. 2. Изменение вязкости измельченного зерна ( $\eta$ , мПа·с) от продолжительности ферментации ( $t$ , ч), и концентрации ферментного препарата Viscoferm ( $fv$ , г/т зерна) /*

*Fig. 2. The change in the viscosity of the crushed grain ( $\eta$ , mPa·s) according to the duration of fermentation ( $t$ , h), and the concentration of the enzyme preparation Viscoferm ( $fv$ , g/t of grain)*

В результате обработки экспериментальных данных с использованием программ TableCurve3D 4.0 и Mathematica 10.3 определены оптимальные технологические параметры процесса: расход ферментного препарата Viscoferm 200 г/т зерна и продолжительность ферментации при постоянном перемешивании в течение 2,5 ч при рН 4,6, температуре 50 °С и достижении вязкости зерновой пульпы до 5 мПа·с.

Результаты лабораторной переработки образцов голозерного овса, овса пленчатого, озимой ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале при одинаковых условиях проведения опытов приведены на рисунке 3.

На основании полученных экспериментальных данных выход крахмала А при переработке голозерного овса 51,4-53,9% более высокий, чем у пленчатого овса, ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале. Выход мезги при переработке голозерного овса составляет 7,3-8,8% СВ зерна, а при переработке других видов зерна 10,3-17,5% СВ, что возможно связано с более тонкой оболочкой зерновки и соответственно с меньшими энергозатратами на её разрушение после замачивания зерна.

Следует также отметить низкое содержание крахмала в мезге (7,7-8,7% СВ мезги) в сравнении с результатами массовой доли крахмала в мезге, полученными при переработке пленчатого овса, ржи Фаленская 4 и Вятка 2, пшеницы и тритикале (11,2-13,9% СВ мезги).

Углеводно-белковый концентрат, включающий крахмал Б и белки, при переработке исследуемых сортов голозерного овса 19,2-20,8% СВ зерна меньше, чем у аналогичного показателя, полученного при переработке пленчатого овса и пшеницы, но больше, чем получается при переработке ржи и тритикале. Массовая доля крахмала в углеводно-белковом концентрате при переработке голозерного овса составила 28-33,8% СВ углеводно-белкового концентрата, что соответствует этому показателю, полученному при переработке зерна тритикале и существенно меньше, чем получено при переработке ржи, пшеницы и пленчатого овса.

Выход экстракта при переработке зерна голозерного овса соответствует результатам, полученным при переработке пшеницы и пленчатого овса, но меньше, чем у ржи и тритикале. Это объясняется меньшим переходом растворимых веществ в водный раствор при замачивании. Массовая доля сухих

веществ в процессовой воде несущественно отличалась при переработке всех исследуемых зерновых культур и составляла 3-5%, как потери СВ при переработке зерна методом «завод на столе».

Углеводно-белковый концентрат (крахмал Б и белки), мезга и экстракт, полученные при переработке голозерного овса, могут быть использованы в качестве компонентов для производства кормового продукта.

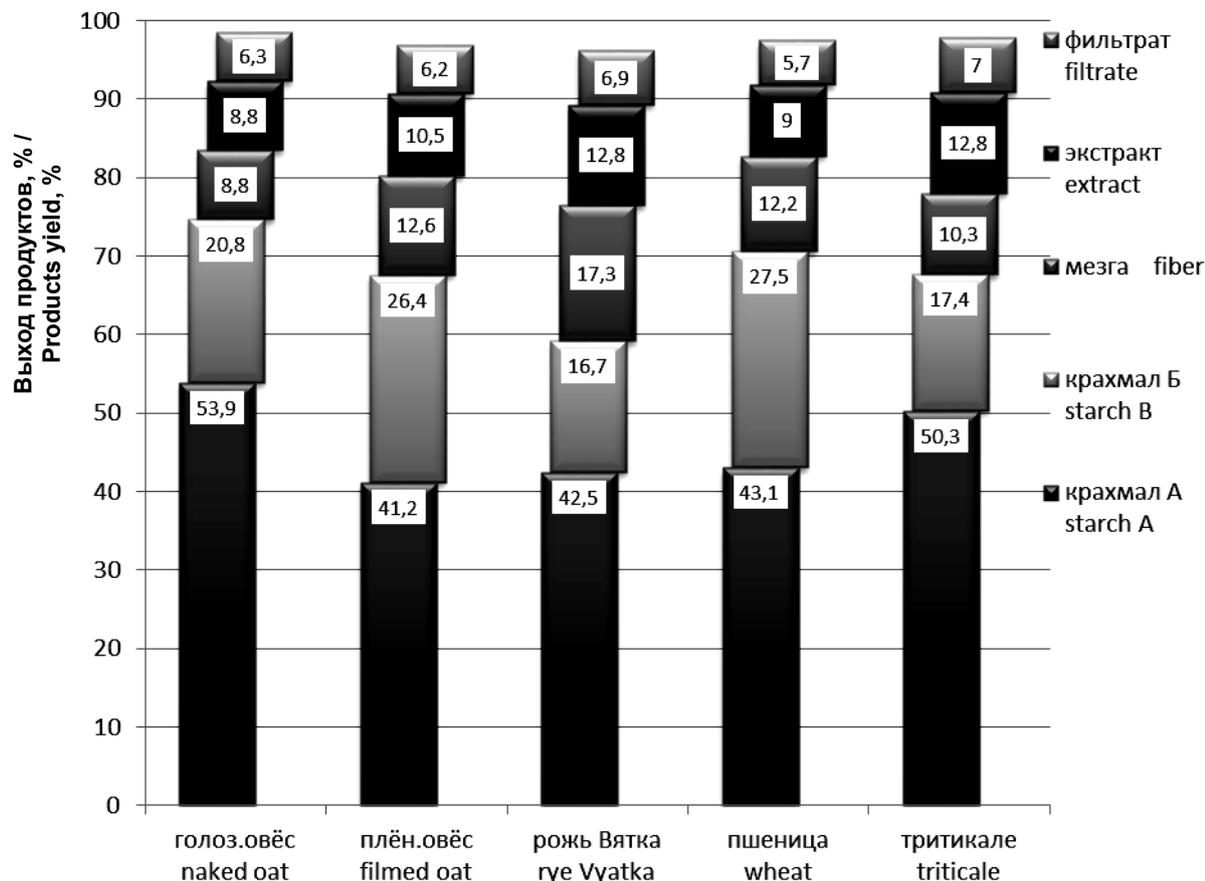


Рис. 3. Выход крахмала А и побочных продуктов, полученных при переработке голозерного и пленчатого овса, ржи Вятка, пшеницы и тритикале /

Fig. 3. The yield of starch A and by-products obtained during the processing of naked and filmy oats, rye Vyatka, wheat and triticale

**Выводы.** Голозерный овес может использоваться как сырье для производства крахмала и крахмалопродуктов, т. к. выход извлекаемого при переработке крахмала А превосходит этот показатель, полученный при переработке других зерновых культур (пленчатого овса, ржи, тритикале и пшеницы).

Биотехнологический процесс переработки голозерного овса на крахмал и побочные продукты с использованием целлюлолитиче-

ского фермента может использоваться как первичная ступень для создания эффективного производства новых продуктов питания на основе извлеченных из углеводно-белкового концентрата и экстракта овсяных белков.

Побочные продукты, полученные при переработке голозерного овса, крахмал Б и экстракт, могут быть использованы для производства кормового продукта по аналогии с производством крахмала из зерна пшеницы.

#### Список литературы

1. Абашев В. Д., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Жук С. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество голозерного овса сорта Першерон. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(1):52-57. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/192>
2. Салимов Дж., Эргашев А., Абдулоев А. Влияние экологических факторов на продуктивность и содержание крахмала и белка в зерне различных сортов пшеницы. *Вестник Таджикского национального*

университета. Серия естественных наук. 2015;(1-5-2):23-28. Режим доступа: <http://es.vestnik-tnu.com/index.php/ru/arkhiv-zhurnala.html>

3. Варгач Ю. И., Хорева В. И., Лоскутов И. Г. Содержание белка, масла и крахмала в зерновках голозерных и пленчатых форм овса. Плодоводство и ягодоводство России. 2017;51:67-71. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32381806>

4. Biel W., Bobko K. Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. Journal of Cereal Science. 2009;49(3):413-418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.01.009>

5. Kirkkari A.-M., Peltonen-Sainio P., Lehtinen P. Dehulling capacity and storability of naked oat. Agricultural and Food Science. 2004;13(1):198-211. DOI: <https://doi.org/10.2137/1239099041837969>

6. Андреев Н. Р., Баталова Г. А., Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Гольдштейн В. Г., Шевченко С. Н. Оценка технологических свойств некоторых сортов голозерного овса, как сырья для производства крахмала. Зернобобовые и крупяные культуры. 2016;(1 (17)):83-89. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25800914>

7. Красильников В. Н., Гаврилюк И. П., Баталова Г. А., Афонин Д. В., Попов В. С., Сергеева С. С., Лоскутов И. Г., Губарева Н. К. Пищевые волокна и авенины зерна голозерных сортов овса новой селекции. Международный научно-исследовательский журнал. 2017;1-2(55):111-116. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.183>

8. Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание  $\beta$ -глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(4):646-657. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.646rus>

9. Гематдинова В. М., Канарский А. В., Канарская З. А., Сметанская И. И. Влияние щелочной и ферментативной обработки зерна овса и овсяных отрубей на выход бета-глюкана. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. Пищевая промышленность. 2017;79(3):164-168. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-3-164-168>

10. Путятин Ю. В., Серая Т. М., Маркевич Д. В., Таврыкина О. М. Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в продукции основных сельскохозяйственных культур. Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2014; (3):60-68. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23480981>

11. Zarkadas C. G., Ziran Yu., Burrows V. D. Protein Quality of Three New Canadian-Developed Naked Oat Cultivars Using Amino Acid Compositional Data. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1995;43(2):415-421. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00050a030>

12. Petkov K., Biel W., Kowieska A., Jaskowska I. The composition and nutritive value of naked oat grain (*Avena sativa* var. *nuda*). Journal Of Animal And Feed Sciences. 2001; 10(2):303-307. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/70113/2001>

13. Байтова С. Н., Касьянова Л. А., Нуриева Т. А. Оценка качества крупяных продуктов из овса голозерного. Механика и технологии. 2015;(4 (50)):107-113. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25452437>

14. Волкова О. В., Бирюков М. М. Овес голозерный – перспективное сырье для кондитерской промышленности. Агропродовольственная политика России. 2013;(9(21)):46-47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21015014>

15. Банкина Т. Ф., Телих К. М. Голозерный овес голозерный – ценная продовольственная и кормовая культура. Кормопроизводство. 2000;(2):14-15.

16. Hackett R. A comparison of husked and naked oats under Irish conditions. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 2018; 57:1-8. DOI: <https://doi.org/10.1515/ijaf-2018-0001>

17. Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Гольдштейн В. Г. Изучение использования инновационной низкопентозанной озимой ржи как сырья для производства крахмала и крахмалопродуктов. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(7):83-85. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10720>

18. Филиппова Н. И., Лукин Н. Д., Носовская Л. П., Лapidус Т. В. Способ производства крахмала: пат. № 2415872 Российская Федерация. № 2009148433/13; заявл. 28.12.2009; опубл. 10.04.2011. Бюл. № 10. 8 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37468989>

### References

1. Abashev V. D., Popov F. A., Noskova E. N., Zhuk S. N. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo golozernogo ovsa sorta Persheron*. [The effect of mineral fertilizers on the yield and quality of Percheron naked oat variety]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(1):52-57. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/192>

2. Salimov Dzh., Ergashev A., Abduloev A. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na produktivnost' i sodержanie krakhmala i belka v zerne razlichnykh sortov pshenitsy*. [The influence of environmental factors on the productivity and starch and protein content in the grain of various wheat varieties]. *Vestnik tadzhikskogo natsional'nogo universiteta. Seriya estestvennykh nauk* = The Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. 2015;(1-5-2):23-28. (In Russ.). URL: <http://es.vestnik-tnu.com/index.php/ru/arkhiv-zhurnala.html>

3. Vargach Yu. I., Khoreva V. I., Loskutov I. G. *Soderzhanie belka, masla i krakhmala v zernovkakh golozernykh i plenchatykh form ovsa*. [The content of protein, oil and starch in the grains of naked and membranous forms of oats]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2017;51:67 - 71. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32381806>
4. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*. 2009;49(3):413-418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2009.01.009>
5. Kirkkari A.-M., Peltonen-Sainio P., Lehtinen P. Dehulling capacity and storability of naked oat. *Agricultural and Food Science*. 2004;13(1):198-211. DOI: <https://doi.org/10.2137/1239099041837969>
6. Andreev N. R., Batalova G. A., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Gol'dshteyn V. G., Shevchenko S. N. *Otsenka tekhnologicheskikh svoystv nekotorykh sortov golozernogo ovsa, kak syr'ya dlya proizvodstva krakhmala*. [Evaluation of the technological properties of some varieties of naked oat, as raw materials for the production of starch]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2016;(1 (17)):83-89. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25800914>
7. Krasil'nikov V. N., Gavril'yuk I. P., Batalova G. A., Afonin D. V., Popov V. S., Sergeeva S. S., Loskutov I. G., Gubareva N. K. *Pishchevye volokna i aveniny zerna golozernykh sortov ovsa novoy seleksii*. [Dietary fiber and avenins of grain of naked oat varieties of new selection]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* = International Research Journal. 2017;1-2(55):111-116. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.183>
8. Loskutov I. G., Polonskiy V. I. *Selektsiya na sodержание  $\beta$ -glyukanov v zerne ovsa kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya, syr'ya i furazha*. [Breeding for  $\beta$ -glucans in the grain of oats as a promising direction for the production of healthy food, raw materials and fodder]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2017;52(4):646-657. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.4.646rus>
9. Gematdinova V. M., Kanarskiy A. V., Kanarskaya Z. A., Smetanskaya I. I. *Vliyanie shchelochnoy i fermentativnoy obrabotki zerna ovsa i ovsyanykh otrubey na vykhod beta-glyukana*. [The effect of alkaline and enzymatic processing of oat grain and oat bran on the yield of beta-glucan]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. Pishchevaya promyshlennost'* = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(3):164-168. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-3-164-168>
10. Putyatin Yu. V., Seraya T. M., Markevich D. V., Tavrykina O. M. *Sravnitel'nyy analiz sostava nezamenimyykh aminokislot v produktsii osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Comparative analysis of the composition of essential amino acids in the production of main agricultural crops]. *Vesti Natsyonal'nay Akademii Navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk*. 2014; (3):60-68. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23480981>
11. Zarkadas C. G., Ziran Yu., Burrows V. D. Protein Quality of Three New Canadian-Developed Naked Oat Cultivars Using Amino Acid Compositional Data. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43(2):415-421. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00050a030>
12. Petkov K., Biel W., Kowieska A., Jaskowska I. The composition and nutritive value of naked oat grain (*Avena sativa* var. nuda). *Journal Of Animal And Feed Sciences*. 2001; 10(2):303-307. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/70113/2001>
13. Baitova S. N., Kas'yanova L. A., Nurieva T. A. *Otsenka kachestva krupyanykh produktov iz ovsa golozernogo*. [Evaluation of the quality of cereal products from bare oats]. *Mekhanika i tekhnologii* = Mechanics & Technologies. 2015;(4 (50)):107-113. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25452437>
14. Volkova O. V., Biryukov M. M. *Oves golozernyy – perspektivnoe syr'e dlya konditerskoy promyshlennosti*. [Naked oat is perspective raw material for the confectionery industry]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* = Agri-Food Policy in Russia. 2013;(9(21)):46-47. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21015014>
15. Bankina T. F., Telikh K. M. *Golozernyy oves golozernyy – tsennaya prodovol'stvennaya i kormovaya kul'tura*. [Naked oat is a valuable food and feed crop]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2000;(2):14-15. (In Russ.).
16. Hackett R. A comparison of husked and naked oats under Irish conditions. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2018; 57:1-8. DOI: <https://doi.org/10.1515/ijafr-2018-0001>
17. Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Gol'dshteyn V. G. *Izuchenie ispol'zovaniya innovatsionnoy nizkopentozannoy ozimoy rzhi kak syr'ya dlya proizvodstva krakhmala i krakhmaloproduktov*. [Study of the use of innovative low-foamed winter rye as a raw material for the production of starch and starch products]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(7):83-85. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10720>
18. Filippova N. I., Lukin N. D., Nosovskaya L. P., Lapidus T. V. *Sposob proizvodstva krakhmala* [Method of starch production]: pat. no. 2415872. 2011. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37468989>

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

---

*Сведения об авторах:*

**Андреев Николай Руфеевич**, член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопродуктов – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, д. 11, п. Красково, Московская обл., Российская Федерация, 140051, e-mail: vniik@arrisp.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8312-8135>**,

✉ **Гольдштейн Владимир Георгиевич**, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, д. 11, п. Красково, Московская обл., Российская Федерация, 140051, e-mail: vniik@arrisp.ru, e-mail: 6919486@mail.ru,

**Носовская Лилия Петровна**, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, д. 11, п. Красково, Московская обл., Российская Федерация, 140051, e-mail: vniik@arrisp.ru,

**Адикаева Лариса Владимировна**, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, д. 11, п. Красково, Московская обл., Российская Федерация, 140051, e-mail: vniik@arrisp.ru,

**Голионко Евгения Олеговна**, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, ул. Некрасова, д. 11, п. Красково, Московская обл., Российская Федерация, 140051, e-mail: vniik@arrisp.ru

*Information about the authors:*

**Nikolay R. Andreev**, corresponding member of RAS, DSc in Engineering, scientific director of All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasov street, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: vniik@arrisp.ru,

✉ **Vladimir G. Goldstein**, PhD in Engineering, leading researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasov street, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: vniik@arrisp.ru, e-mail: 6919486@mail.ru,

**Liliya P. Nosovskaya**, senior researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasov street, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: vniik@arrisp.ru,

**Larisa V. Adikaeva**, researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasov street, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: vniik@arrisp.ru,

**Evgeniya O. Golionko**, junior researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products – Branch of V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, 11, Nekrasov street, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: vniik@arrisp.ru

✉- Для контактов / Corresponding author

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /  
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT**<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.456-466>

УДК 631.862:631.815.2:631.816.1:633.1

**Влияние жидкого свиного навоза на урожайность пшеницы, содержание и баланс элементов питания в светло-серой лесной почве лёгкого гранулометрического состава**© 2019. В. И. Титова , Л. Д. Варламова, Р. Н. Рыбин, Т. В. Андропова  
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Нижний Новгород, Российская Федерация

*Исследования проведены в производственных условиях Нижегородской области на светло-серых лесных почвах лёгкого гранулометрического состава на площади 550 га, где в качестве органического удобрения ежегодно в дозах 60 и 90 т/га соответственно используется жидкий свиной навоз (ЖСН) крупного свиноводческого комплекса. Усреднённая характеристика ЖСН: содержание сухого вещества 9,5%, рН 7,7 ед., азота 0,22%, фосфора 0,11 и калия 0,12%. Культуры – озимая и яровая пшеницы сорта Московская 39 и Эстер соответственно. Установлено, что доза ЖСН 60 т/га в среднем за два года исследований обеспечила среднюю урожайность пшеницы на уровне 3,00-3,75 т/га, в дозе 90 т/га – до 4,75 т/га. Окупаемость удобрений в звене севооборота «озимая пшеница → яровая пшеница» при дозе ЖСН 60 т/га составила 5,41 кг зерна в расчете на 1 кг действующего вещества навоза, при дозе 90 т/га – 4,57 кг/кг. Во всех полях сложился положительный баланс элементов питания, но более уравновешенным он был при дозе внесения ЖСН 60 т/га и урожайности 3,0 т/га зерна ежегодно, или при дозе внесения ЖСН 90 т/га и урожайности пшеницы 4,75 т/га. При этом расчётное поступление калия в почву происходит более низкими темпами, чем азота и фосфора. Внесение 120 т ЖСН в сумме за два года на супесчаной и 180 т/га – на легкосуглинистой почве обеспечило повышение содержания подвижных соединений фосфора на 5-22 мг/кг, калия – на 11-30 мг/кг при коэффициентах вариации 28-57% и 21-49% соответственно.*

**Ключевые слова:** жидкая фракция свиного навоза, доза, продуктивность зерновых, плодородие почв, окупаемость**Благодарности:** работа выполнена по госбюджетной тематике в соответствии с комплексным тематическим планом научных исследований Нижегородской ГСХА (тема № 0120.0 805769).**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Титова В. И., Варламова Л. Д., Рыбин Р. Н., Андропова Т. В. Влияние жидкого свиного навоза на урожайность пшеницы, содержание и баланс элементов питания в светло-серой лесной почве лёгкого гранулометрического состава. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):456-466. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.456-466>

Поступила: 24.07.2019

Принята к публикации: 04.09.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

**The effect of liquid pig manure on the wheat yield, content and balance of nutrients in light-gray forest soil with light particle-size composition**© 2019. Vera I. Titova , Larisa D. Varlamova, Roman N. Rybin,  
Tatyana V. Andronova

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russian Federation

*The research has been carried out under production conditions on light gray forest soils with light particle-size composition at an area of 550 hectares where liquid pig manure (LPM) of a large pig breeding complex is annually used as an organic fertilizer at doses of 60 and 90 t/ha. The average characteristics of LPM are as follows: dry matter content is 9.5%, pH 7.7 units, nitrogen 0.22%, phosphorus 0.11%, and potassium 0.12%. The cultivated grain crops were presented by winter and spring wheat varieties, Moskovskaya 39 and Esther, respectively. It has been established that at the dose of 60 t/ha LPM for two years of research at an average a mean wheat yield was 3.0-3.75 t/ha, and at the dose of 90 t/ha - up to 4.75 t/ha. The return on investments for fertilizers in the "winter wheat → spring wheat" crop rotation link at the dose of 60 t/ha of LPM was 5.41 kg of grain per 1 kg of active substance of manure, at the dose of 90 t/ha - 4.57 kg / kg. A positive balance of nutritional elements developed on all fields, but it was better balanced when the dose of LPM was 60 t/ha and the yield was 3.0 t/ha of grain annually, or when the LPM dose was 90 t/ha and the yield of wheat was 4.75 t/ha. In this case, the estimated potassium supply of soil occurs at a lower rate than that of nitrogen and phosphorus. The application of 120 t of LPM during two years in total on loamy sand and of 180 t/ha on light loamy soil provided an increase in the content of mobile phosphorus compounds by 5-22 mg/kg, and potassium - by 11-30 mg/kg with a variation coefficient of 28-57% and 21-49%, respectively.*

**Keywords:** liquid fraction of pig manure, dose, productivity of grain crops, soil fertility, return of investments

**Acknowledgement:** the work was done on state budget topics in accordance with the comprehensive thematic research plan of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (state registration number of the theme 0120.0 805769).

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

**For citation:** Titova V. I., Varlamova L. D., Rybin R. N., Andronova T. V. The effect of liquid pig manure on the wheat yield, the content and balance of nutrients in light-gray forest soil with light particle-size composition. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):456-466. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.456-466>

Received: 24.07.2019

Accepted for publication: 04.09.2019.

Published online: 18.10.2019

Известно, что качественное состояние почв сельскохозяйственного назначения зависит от целого ряда факторов как природных, связанных с особенностями почвообразования, так и антропогенных, определяемых набором возделываемых культур и их урожайностью, способом обработки почвы, количеством и составом используемых агрохимикатов, включая органические и минеральные удобрения. Именно органические удобрения рассматривают как ведущий фактор устойчивого развития экологически сбалансированных адаптивно-ландшафтных систем земледелия [1]. Внесение этих удобрений позволяет реутилизировать элементы, отчуждаемые из почвы и вносимых минеральных удобрений растениями; улучшить физические, физико-химические и биологические свойства почв; увеличить продуцирование диоксида углерода, повышая тем самым эффективность фотосинтеза растений [2].

Следует отметить, что по мере развития животноводческой отрасли существенно менялся перечень основных используемых в сельском хозяйстве органических удобрений и, соответственно, их состав и удобрительная ценность. В настоящее время в практике земледелия преобладают бесподстилочные формы навоза, свойства которых определяются видом и возрастом животных, качеством и количеством кормов, технологическими особенностями их получения и хранения [3, 4]. При этом особенно активно развивается отрасль свиноводства, а Нижегородская область в этом вопросе занимает ведущие позиции.

Несмотря на экологические проблемы, возникающие при утилизации органосодержащих отходов [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], наблюдения, проводимые непосредственно в хозяйствах, показывают, что применение свиного навоза может существенно повышать урожайность сельскохозяйственных культур [13, 14, 15, 16], а также характеристики почвы, определяющие её плодородие. Среди последних чаще всего отмечают положительное влияние навоза на основные агрохимические показатели почв и повышение их устойчивости к загрязнению тяжёлыми металлами [9, 10, 14, 17, 18, 19], что в сильной степени зависит

от исходной характеристики почв и органического удобрения.

**Цель исследований** – оценка влияния разных доз жидкой фракции свиного навоза (ЖСН) на содержание подвижных соединений фосфора и калия в почве и урожайность пшеницы.

В задачи исследования в этой связи входило определение содержания подвижного фосфора и калия в светло-серой лесной почве легкого гранулометрического состава при внесении ЖСН в дозах 60 и 90 т/га, расчет баланса этих элементов и окупаемости разных доз ЖСН прибавкой урожая озимой и яровой пшениц.

**Материал и методы.** Исследования проведены на базе промышленного свиноводческого комплекса, работающего с 2016 года. В соответствии с технологией содержания животных на предприятии образуется бесподстилочный навоз, который в дальнейшем разделяется на твердую фракцию свиного навоза (ТСН) и жидкую (ЖСН), на которую приходится основная масса отходов. ТСН в хозяйстве используют ограниченно, в том числе на арендуемых землях. Жидкую фракцию навоза после хранения в лагунах по системе трубопроводов, с использованием дополнительных перекачивающих насосов, распределяют по полям и вносят в почву с использованием техники марки «Agrometer». Усреднённая характеристика ЖСН: содержание сухого вещества 9,5%, рН 7,7 ед., содержание азота 0,22%, фосфора 0,11 и калия 0,12%.

Для оценки влияния утилизации свиного навоза на продуктивность сельскохозяйственных культур и основные агрохимические показатели почвы были выбраны несколько полей, различающихся между собой по дозам внесения жидкого свиного навоза, а также по гранулометрическому составу почв. В полях 103 и 105 (площадь полей 55 и 175 га соответственно) жидкую фракцию навоза вносили в дозе 60 т/га/год; в полях 104 и 107 (площадь полей 100 и 90 га) – в дозе 90 т/га/год. Почва светло-серая лесная, в полях 103, 104 и 105 – супесчаная, в поле 107 – легкосуглинистая. Агрохимическая характеристика полей приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика полей и уровень действительно возможного урожая (ДВУ) озимой и яровой пшеницы за счет почвенного плодородия /

Table 1 – Agrochemical characteristics of the fields and the level of the truly possible yield (TLY) of winter and spring wheat due to soil fertility

№ поля / № field	Агрохимические показатели / Agrochemical indicators				ДВУ для озимой пшеницы, т/га / the level of the truly possible yield (TLY) of winter wheat, t/ha			ДВУ для яровой пшеницы, т/га / the level of the truly possible yield (TLY) of spring wheat, t/ha		
	pH <sub>kcl</sub>	гумус, % / humus, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>мин</sub> / N <sub>mineral</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N <sub>мин</sub> / N <sub>mineral</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг/кг / mg/kg								
103	5,4	1,30	66	110	0,650	1,485	2,200	0,609	1,188	1,359
105	5,2	2,00	106	121	1,000	1,590	2,420	0,937	1,272	1,495
104	5,1	1,95	105	69	0,975	1,575	1,656	0,914	1,260	0,974
Среднее* / Average value	5,2	1,87	99	103	0,932	1,568	2,150	0,871	1,250	1,311
107	5,0	2,20	111	135	1,100	1,665	2,700	1,030	1,332	1,668

\* Средневзвешенное значение с учетом площади поля для супесчаных почв / average value taking into account the area of the field for sandy soils

Отбор почвенных проб проводили 5 сентября 2018 г. в соответствии с ГОСТ 28168-89, содержание в почве подвижных соединений фосфора и калия определяли по ГОСТ Р 54650-2011. Результаты анализов обработаны методом вариационной статистики с определением размаха варьирования, ошибки средней арифметической и коэффициента вариации признака, а также средневзвешенного значения<sup>1</sup>. Для оценки количественного изменения анализируемых агрохимических показателей под воздействием ЖСН использовали результаты агрохимического обследования почв, проведён-

ного в 2012 г. В период до 2016 г. на указанных участках удобрения не вносили, известкование не проводили, поля не обрабатывались.

**Результаты и их обсуждение.** Одним из основных факторов оценки эффективности применения удобрений является уровень урожайности возделываемых культур, поскольку главная, хотя и не единственная цель использования удобрительных материалов – повышение продуктивности посевов. Сведения по урожайности культур и количеству внесённого органического удобрения (ЖСН) в анализируемых полях приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сведения по внесению удобрений и урожайности культур /

Table 2 – Information on the use of fertilizers and crop yields

№ поля / № field	2017 г.			2018 г.		
	культура / crop	урожайность, т/га / product- ivity, t/ha	доза навоза, т/га / manure dose, t/ha	культура / crop	урожайность, т/га / product- ivity, t/ha	доза навоза, т/га / manure dose, t/ha
103	Озимая пшеница / Winter wheat	3,0	60	Озимая пшеница / Winter wheat	3,0	60
105	Озимая пшеница / Winter wheat	3,5	60	Яровая пшеница / Spring wheat	4,0	60
104	Озимая пшеница / Winter wheat	3,0	90	Озимая пшеница / Winter wheat	3,0	90
107	Озимая пшеница / Winter wheat	4,5	90	Яровая пшеница / Spring wheat	5,0	90

<sup>1</sup>Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.

Как следует из данных таблицы 2, в 2017 году во всех полях выращивали озимую пшеницу сорта Московская 39, урожайность которой колебалась в пределах 3,0-4,5 т/га. Отмечено, что урожайность определялась не только количеством внесенного удобрения, но и свойствами самой почвы. Так, в полях 103 и 104 она была одинаковой (3,0 т/га) при дозах, различающихся в 1,5 раза; для дозы 60 т/га разница в уровне урожайности культуры в полях 103 и 105 составила 0,5 т/га, а для дозы 90 т/га (поля 104 и 107) – 1,5 т/га. В 2018 году озимую пшеницу выращивали в полях 103 и 104, урожайность её осталась на уровне предыдущего года – в пределах 3,0 т/га. В полях 105 и 107 возделывали яровую пшеницу сорта Эстер, урожайность которой значительно превысила урожайность озимой пшеницы. Повышение дозы ЖСН с 60 до 90 т/га обеспечило увеличение выхода товарной продукции данной культуры на 25%.

Учитывая, что в производственных условиях контрольного варианта (поля без применения удобрений) нет, за величину, которая могла бы характеризовать потенциальную возможность почв к созданию урожая, взята величина действительно возможного уровня урожайности. Он рассчитан с учетом усредненных коэффициентов использования элементов питания из почвы<sup>2</sup> для озимой и яровой пшениц (табл. 1) по данным агрохимической характеристики почвы на 2012 год.

Принимая во внимание агрохимические показатели, можно констатировать, что светло-серые лесные почвы характеризуются невысоким естественным плодородием. Содержание гумуса в среднем по полям с супесчаной почвой составляет 1,87%, а в поле 107 (легкосуглинистая почва) – 2,2%. По содержанию подвижных соединений фосфора и калия супесчаная почва характеризуется как среднеобеспеченная, а легкосуглинистая почва имеет повышенную обеспеченность этими элементами. При сельскохозяйственном использовании таких почв без должной компенсации выносимых растениями элементов постепенно будет происходить истощение почв, сопровождающееся снижением урожайности возделываемых культур.

Как показали наши расчёты, без дотаций извне урожайность озимой пшеницы на супесчаной почве не превысит 0,93 т/га, а яровой пшеницы – 0,87 т/га при лимитировании получения товарной продукции именно азотом.

В случае повышения содержания минеральных форм азота, что в период вегетации культуры весьма вероятно за счет активизации микробиологических процессов, расчетная действительно возможная урожайность озимой пшеницы на супесчаной почве может достичь величины 1,57-2,15 т/га, а яровой – 1,25-1,31 т/га. Урожайность зерна на легкосуглинистой светлосерой лесной почве может быть несколько выше – 1,67-2,70 т/га по озимой и 1,33-1,67 т/га по яровой пшенице. При этом в реальных условиях производства влияние на синтез зерна будут оказывать и другие условия, и факторы. Например, по свидетельству В. В. Конончука с соавт. [20], на получение урожая положительно влияет появление новых сортов культурных растений и общее повышение технологической дисциплины, что, безусловно, актуально и для условий хозяйства, анализируемого в данной статье.

Агрономическую эффективность использования удобрений в сельскохозяйственном производстве обычно оценивают по прибавке урожая, полученной за счет внесения удобрений. При этом расчеты можно вести как на физическую массу внесенных удобрений (применительно к органическим удобрениям), так и в расчете на единицу элементов питания, внесенных с удобрениями (прибавка урожая в расчете на 1 кг NPK в составе органического удобрения). Результаты расчетов окупаемости питательных веществ ЖСН урожаем возделываемых культур в среднем за 2 года приведены в таблице 3.

При расчете прибавки урожая от внесенного ЖСН использовали сведения по долевого участию удобрений в формировании прибавки, которым обычно пользуются в подобных случаях для производственных условий<sup>3</sup>. Исходя из вида возделываемых культур, долевого участия удобрений в формировании урожая принято равным 34% от средней урожайности в полях 103 и 104 (озимая пшеница в оба года исследований) и 39% в полях 105 и 107 (озимая пшеница в 2017 г., яровая пшеница в 2018 г.). Это сопоставимо с опубликованными в открытой печати данными. По свидетельству китайских ученых [21], вклад химических удобрений в увеличение сельскохозяйственной продукции оценивается в 32-50%. Здесь же следует отметить, что при внесении NPK в количестве более чем 205 кг/га для озимой пшеницы и 220 кг/га – для яровой, нормативная окупаемость 1 кг питательных веществ составляет 4,2 кг зерна<sup>4</sup>.

<sup>2</sup>Справочник агронома-эколога. Нижний Новгород: НГСХА, Нижегородский НИИСХ РАСХН, 2012. 75 с.

<sup>3</sup>Там же. С. 53-54

<sup>4</sup>Справочник агронома-эколога. 2012. С. 53

Таблица 3 – Окупаемость удобрений прибавкой урожая культур, среднее за 2017-2018 гг. / Table 3 – Fertilizer payback by crop yield increase, average value for 2017-2018

№ поля / № field	Доза внесения удобрений / Dose of fertilizer application					Урожайность / productivity		Оплата NPK прибавкой урожая, кг/кг / Payment of NPK in yield increase, kg/kg
	ЖСН, т/га / liquid pig manure, t/ha	N	P	K	NPK	среднее, т/га / average, t/ha	прибавка от удобрений, кг/га / the increase from the fertilizers, kg/ha	
		в действ. в-ве, кг/га / in the active substance, kg/ha						
103	60	132	66	72	270	3,00	1020	3,78
105	60	132	66	72	270	3,75	1462	5,41
104	90	198	99	108	405	3,00	1020	2,52
107	90	198	99	108	405	4,75	1852	4,57

Расчеты показали, что оплата питательных веществ, внесенных с фактической дозой ЖСН, прибавкой урожая сельскохозяйственных культур существенно варьировала. В среднем за два года большая отдача получена в звене озимая пшеница→яровая пшеница: при дозе 60 т/га она составила 5,41 кг/кг д. в., при дозе 90 т/га – 4,57 кг/кг д. в., что сопоставимо с отмечаемыми в литературе [22]. Таким образом, с агрономической точки зрения на светло-серых лесных почвах легкого гранулометрического состава эффективным будет внесение жидкого свиного навоза дозой 60 т/га, обеспечивающее получение урожайности зерновых культур не ниже 3,75 т/га, а при использовании ЖСН в дозе 90 т/га – 4,75 т/га пшеницы.

Как в экологическом отношении, так и с позиций агрохимии, очень важным является учёт баланса элементов питания, который складывается в каждом поле после уборки полученного урожая. В хозяйстве подобные расчёты делают с использованием нормативных (справочных) данных по удельному выносу элементов питания<sup>5</sup> и данных по количеству элементов, внесённых с фактической дозой свиного навоза.

Как следует из расчетов (табл. 4), за период 2017-2018 гг. во всех полях сложился положительный баланс элементов питания. Согласно расчётам, накопление элементов в почве повышается с увеличением дозы удобрения, т. е. внесение 90 т/га ЖСН теоретически обеспечило более интенсивный баланс, чем использование 60 т/га за счёт большего поступления в почву NPK. В то же время, уровень уро-

жайности определяет количество отчуждаемых из почвы элементов, поэтому с повышением выхода продукции интенсивность баланса снижается. Максимальное накопление основных элементов питания происходило в почве поля 104, где при внесении ЖСН в дозе 90 т/га оба года выращивали озимую пшеницу с ежегодной урожайностью 3,0 т/га. Минимальный положительный баланс отмечен в поле 105, где получены достаточно высокие урожаи озимой (2017 г.) и яровой (2018 г.) пшениц при сравнительно низкой дозе внесения жидкого свиного навоза 60 т/га. Более уравновешенным можно считать баланс элементов питания, складывающийся в поле 103 (доза внесения ЖСН 60 т/га, урожайность по 3,0 т/га зерна ежегодно) и поле 107 (урожайность 4,75 т/га в среднем за год при дозе внесения ЖСН 90 т/га). Следует также отметить, что расчётное поступление в почву калия происходит более низкими темпами, чем азота, поскольку внесение K<sub>2</sub>O в составе ЖСН в 1,8 раза меньше, чем азота и фосфора, что связано с более активным отчуждением культурами калия по сравнению с P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Теоретические расчёты, основанные на балансе элементов в почве и потребности в удобрениях для повышения запаса подвижных соединений фосфора и калия на определённую величину<sup>6</sup>, позволили определить возможный прирост их содержания в почве. Так, содержание фосфора в почве полей 103 (супесчаная) и 107 (легкосуглинистая) может возрасти на 10-12 мг/кг, в поле 105 – на 7-8 мг/кг, в поле 104 – на 20-21 мг/кг; для калия эти цифры соответственно составят 9-10, 3-4 и 19-25 мг/кг.

<sup>5</sup>Там же. С. 11-13

<sup>6</sup>Там же. С. 28

Таблица 4 – Баланс элементов питания в почве, кг/га (в сумме за период 2017-2018 гг.) /  
Table 4 – The balance of nutrients in the soil, kg/ha (in total for the period 2017-2018)

№ поля / № field	Внесено / Introduced			Вывос / Removal			Баланс / Balance		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
103	264	132	144	180	48	78	84	84	66
105	264	132	144	249	73	122	15	59	22
104	396	198	217	180	48	78	216	150	138
107	396	198	217	295	86	144	101	112	72

Оценивая фактическое изменение содержания подвижных форм фосфора и калия, следует учитывать, что почвы анализируемых участков характеризуются легким гранулометрическим составом (преимущественно супесчаные), что делает возможным активное перераспределение калия по почвенному профилю, в то время как фосфор будет преимущественно аккумулироваться в пахотном слое. Однако, отличаясь высокой способностью к химическому закреплению в почвах, особенно кислых, накопление подвижных форм фосфора фактически должно быть более низким.

Анализируя данные по содержанию фосфора в почве, отмечаем существенное его варьирование как по полям, так и в рамках конкретного поля (табл. 5). Результаты анали-

за почвенных проб свидетельствуют, что внесение жидкой фракции свиного навоза в сумме за 2 года в количестве 120 т/га обеспечило в поле 103 повышение концентрации подвижного фосфора на 5 мг/кг почвы, что в 2 раза ниже расчётной величины. В то же время в поле 105 содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> повысилось на 22 мг/кг к уровню 2012 года (21%), что выше расчётной величины в 3 раза. Однако коэффициент вариации показателя «содержание подвижного фосфора в почве» и ошибка средней арифметической в этом поле очень высоки (57%). Это свидетельствует о ярко выраженной нестабильности фосфатного состояния почвы, причиной чего могла стать неравномерность распределения органического удобрения по поверхности почвы [23].

Таблица 5 – Динамика содержания подвижных форм фосфора в почве, мг/кг /  
Table 5 – The dynamics of the content of mobile forms of phosphorus in the soil, mg/kg

№ поля / № field	ЖСН, т/га / liquid pig manure, t/ha	2012 г.	2018 г.		
			M±m	lim	V, %
103	120	66	71±32	44-86	28
105	120	106	128±46	44-284	57
104	180	105	103±39	58-165	36
107	180	111	125±38	71-201	36
Средневзвешенное / average value		101	114	-	-

Примечания: для табл. 5 и 6: общий объем выборки (n) в 2018 г. равен 45 объединенным образцам, что составляет 8, 18, 10 и 9 образцов соответственно для полей 103, 105, 104 и 107 /  
Note for table 5 and 6: the total sample size (n) in 2018 equals to 45 combined samples, which is 8, 18, 10 and 9 samples for fields 103, 105, 104 and 107, respectively

Внесение ЖСН в количестве 180 т/га (в сумме за 2 года) также неоднозначно сказалось на изменении содержания подвижных фосфатов в почве. Так, в поле 104 содержание доступного растениям фосфора осталось на исходном уровне, хотя в соответствии с балансом и теоретическим расчётом возможного его изменения, именно в этом поле должно было

наблюдаться максимальное увеличение концентрации P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В то же время, в поле 107 прирост содержания подвижных фосфатов составил 14 мг/кг (13% к исходному содержанию фосфора в почве), находясь на уровне расчётного (10-12 мг/кг) повышения. Одной из причин столь разного действия ЖСН на содержание подвижного фосфора в почве является

гранулометрический состав почв этих полей (в поле 104 – супесчаный гранулометрический состав, в поле 107 – легкосуглинистый) и, соответственно, характеристика почвенного поглощающего комплекса. Так, в условиях супесчаной почвы при высокой дозе ЖСН (90 т/га) возможна миграция подвижного фосфора по профилю вплоть до 25-30 см и глубже.

Изменения содержания в почве доступного растениям калия были более значимыми, чем изменения концентрации фосфора

(табл. 6). Согласно полученным данным, содержание подвижных соединений калия при внесении ЖСН в количестве 120 т/га в поле 103 повысилось на 11 мг/кг, что практически соответствует теоретическим расчётам, а в поле 105 – на 29 мг/кг (31% к показателю 2012 года), что существенно превышает теоретические расчёты. При этом следует отметить и тот факт, что степень пространственной неоднородности по данному показателю в поле 105 существенно выше, чем в поле 103.

Таблица 6 – Динамика содержания подвижных форм калия в почве, мг/кг/

Table 6 – The dynamics of the content of mobile forms of potassium in the soil, mg/kg

№ поля / № field	ЖСН, т/га / liquid pig manure, t/ha	2012 г.	2018 г.		
			M±m	lim	V, %
103	120	99	110±37	87-142	21
105	120	92	121±28	58-207	36
104	180	77	69±34	29-108	47
107	180	105	135±56	77-272	49
Средневзвешенное / Average value		92	110	-	-

Внесение ЖСН в количестве 180 т/га (по 90 т/га в течение двух лет) по-разному сказалось на содержании подвижного калия в почве. Так, в поле 104 содержание  $K_2O$  стало ниже величины 2012 года на 8 мг/кг, или 10%, хотя расчётный баланс калия в почве положительный, причём более интенсивный, чем в остальных полях. В то же время, в почве поля 107 количество доступного растениям калия, напротив, возросло на 30 мг/кг (29% к показателю 2012 года), что в 3 раза больше расчётной величины. Оценивая полученные результаты, следует учитывать различия между этими полями (104 и 107). Они состоят в гранулометрическом составе почв (супесчаные и легкосуглинистые соответственно) и урожайности культур, выращиваемых в данных полях. Учитывая, что в более тяжёлых почвах ёмкость поглощения выше, большее количество калия могло перейти в ППК, сохраняясь в пахотном слое, тогда как для супесчаной почвы вероятность вымывания в низлежащие слои более выражена. Кроме того, в поле 104 в 2018 году возделывалась озимая пшеница, а в поле 107 – яровая пшеница с урожайностью зерна 3,0 и 5,0 т/га соответственно. Естественно, что масса измельченной соломы после уборки этих культур, оставшаяся в поле, была разной. Учитывая высокое содержание калия именно в побочной

продукции зерновых культур, можно предположить, что в поле 107 в почву из растительных остатков поступило в 1,5 раза большее количество калия, чем в почву поля 104.

Нельзя не отметить для этих полей и очень высокую вариабельность в содержании подвижного калия, приближающуюся в данном случае к 50%, дополнительно свидетельствующую о пестроте поля в обеспеченности калием, что могло быть следствием именно неравномерности распределения соломы по поверхности почвы при уборке зерновых. То есть, фактическое содержание доступных растениям соединений калия в пахотном слое почвы будет определяться не только дозой удобрения, но и видом возделываемых культур, их урожайностью, соотношением основной и побочной продукции, влияющих на соотношение между отчуждением и возвратом элементов в почву, а также гранулометрическим составом почв, определяющим возможность миграции по профилю и/или закрепления элементов в верхнем слое.

#### **Выводы.**

1. Действительно возможная урожайность озимой пшеницы, рассчитанная по запасам основных элементов питания в светлосерой лесной почве, составила 0,93 т/га для супесчаной разновидности и 1,10 т/га для лег-

косуглинистой почвы, при лимитировании получения товарной продукции азотом.

2. Применение жидкой фракции свиного навоза (содержание сухих веществ 9,5%) крупного свиного комплекса в дозе 60 т/га в среднем за два года исследований позволяет сформировать урожайность пшеницы на уровне 3,0-3,75 т/га, в дозе 90 т/га – до 4,75 т/га. Окупаемость удобрений при дозе навоза 60 т/га составила 5,41 кг, при дозе 90 т/га – 4,57 кг зерна в расчете на 1 кг действующего вещества навоза.

3. Насыщенность жидким свиным навозом 75 т/га в звене севооборота «озимая пшеница → яровая пшеница» обеспечивает безде-

фицитный баланс основных элементов питания, интенсивность которого повышается с увеличением дозы удобрения и снижается по мере роста урожайности. Однако более уравновешенным баланс был при дозе внесения ЖСН 60 т/га и урожайности 3,0 т/га зерна ежегодно, а также при дозе внесения ЖСН 90 т/га и урожайности пшеницы 4,75 т/га.

4. Внесение 120 т ЖСН в сумме за два года на супесчаной и 180 т/га – на легкосуглинистой почвах обеспечило повышение содержания подвижных соединений фосфора на 5-22 мг/кг, калия – на 11-30 мг/кг при коэффициенте вариации 28-57 и 21-49% соответственно.

### *Список литературы*

1. Чекмарёв П. А., Родионов В. Я., Лукин С. В. Опыт использования органических удобрений в Белгородской области. Достижения науки и техники АПК. 2011;(2):3-5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/opyt-ispolzovaniya-organicheskikh-udobreniy-v-belgorodskoy-oblasti>
2. Попов П. Д. ВНИПТИОУ – история создания и первый этап научно-исследовательской деятельности. Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии. М.: РАСХН-ВНИПТИОУ, 2002. С. 27-39.
3. Мерзлая Г. Е., Щеголева И. В., Леонов М. В. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур. Перспективное свиноводство: теория и практика. 2012;(6):3-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18354401>
4. Velthof Gerard L., Nelemans Jaap A., Oenema Oene, Kuikman Peter J. Gaseous nitrogen and carbon losses from pig manure derived from different diets. Journal of Environmental Quality. 2005;34(2):698-706. URL: <https://www.pubfacts.com/detail/15758122/Gaseous-nitrogen-and-carbon-losses-from-pig-manure-derived-from-different-diets>
5. Тютюнов С. И., Соловиченко В. Д., Навольнева Е. В. Использование свиных стоков в качестве органических удобрений. Международный научно-исследовательский журнал. 2015;(10-3(41)):76-79. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2015.41.028>
6. Новицкий И. Промышленное свиноводство и окружающая среда. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/promyshlennoe-svinovodstvo-i-okruzhayu/> (дата обращения: 4.07.2016).
7. Домашенко Ю. Е., Суржко О. А. Ресурсо-экологические аспекты снижения воздействия на природную среду животноводческих отходов. Окружающая среда и здоровье: сб. статей IV Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2007. С. 74-76.
8. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и лучшие доступные методы их решения. Региональная экология. 2017;(1(47)):37-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29392588>
9. Титова В. И., Караксин В. Б., Гейгер Е. Ю. Промышленное свиноводство и экология: проблемы существования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2003. 201 с.
10. Дабахова Е. В., Титова В. И., Гейгер Е. Ю., Корченкина Н. А. Оценка воздействия утилизации отходов на состояние агроэкосистемы и проблемы нормирования. Агрохимический вестник. 2011;(2):13-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16218533>
11. Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Экологические проблемы отрасли свиноводства в России. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017;(92):166-175. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30258923>
12. Vu T. K. V., Tran M. T., Dang T. T. S. A survey of manure management on pig farms in Northern Vietnam. Livestock Science. 2007;112(3):288-297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.008>
13. Shen Yujun, Pengyue Zhang, Lixin Zhao, Haibo Meng, Hongsheng Cheng Component analysis of volatile organic compounds and determination of key odor in pig manure aerobic fermentation process. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2016;32(4):205-210. URL: <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2016/00000032/00000004/art00029;jsessionid=gajd0e7ctngpe.x-ic-live-01>

14. Барановский И. Н., Бабенко М. В. Влияние фракций свиного навоза на питательный режим дерново-подзолистой почвы и продуктивность зернотравяного звена севооборота. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2014;(2):С. 40-48. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21691464>
15. Шишов А. Д., Николаева Т. А., Гришанов С. Л. Агрехимические свойства дерново-подзолистой почвы при применении бесподстилочного свиного навоза. Плодородие. 2010;(4 (55)):33-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15206387>
16. Варламова Л. Д. Сравнительная агрономическая оценка разных форм свиного навоза. Агрехимия и экология: история и современность: материалы Междунар. научн.-практ. конф. Т. 2. Н. Новгород, 2008. С. 69-72.
17. Барановский И. Н., Павлоцкий А. В. Влияние бесподстилочного навоза и помёта гумусовый режим дерново-подзолистой почвы и её продуктивность. Плодородие. 2010;(6(57)):12-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15320667>
18. Rotkittikhun P., Chaoyarat R., Kruatrachue M., Pokethitoyook P., Baker A J M. Growth and lead accumulation by the grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaena maxima* in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: A glasshouse study. *Chemosphere*. 2007;66(1):45-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.038>
19. Шишов А. Д., Николаева Т. А., Гришанов С. Л. Влияние бесподстилочного свиного навоза на урожайность зелёной массы ячменя в условиях Новгородской области. Фундаментальные исследования. 2011;(4):66-69. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15594761>
20. Конончук В. В., Штырхунов В. Д., Назарова Т. О., Тимошенко С. М., Соболев С. В. Величины оптимальной обеспеченности зерновых культур азотным питанием и затраты азота удобрений на их формирование в центре Нечерноземной зоны России. Агрехимия. 2018;(11):33-42. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36429696>
21. Liu J., Diamond J. China's environment in a globalization world. *Nature*. 2005. Vol. 435. pp. 1179-1186.
22. Окорков В. В., Фенова О. А., Окоркова Л. А. Удобрение и продуктивность севооборотов на серых лесных почвах Верхневолжья. Агрехимия. 2018;(2):56-70. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32656266>
23. Иванов А. И., Конашенков А. А. Агрехимические последствия неравномерного внесения навоза в овощном севообороте. Агрехимия. 2012;(6):66-72. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17868491>

### References

1. Chekmarev P. A., Rodionov V. Ya., Lukin S. V. *Opyt ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy v Belgorodskoy oblasti*. [Experience in the use of organic fertilizers in the Belgorod region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2011;(2):3-5. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/opyt-ispolzovaniya-organicheskikh-udobreniy-v-belgorodskoy-oblasti>
2. Popov P. D. *VNIPTIOU – istoriya sozdaniya i pervyy etap nauchno-issledovatel'skoy deyatel'nosti. Ispol'zovanie organicheskikh udobreniy i bioresursov v sovremennom zemledelii*. [VNIPTIOU-the history of creation and the first stage of research activities. Use of organic fertilizers and bioresources in modern agriculture]. Moscow: *RASKhN-VNIPTIOU*, 2002. pp. 27-39.
3. Merzlaya G. E., Shchegoleva I. V., Leonov M. V. *Ispol'zovanie svinogo navoza dlya udobreniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [The use of pig manure for fertilizing crops]. *Perspektivnoe svinovodstvo: teoriya i praktika*. 2012;(6):3-9. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18354401>
4. Velthof Gerard L., Nelemans Jaap A., Oenema Oene, Kuikman Peter J. Gaseous nitrogen and carbon losses from pig manure derived from different diets. *Journal of Environmental Quality*. 2005;34(2):698-706. URL: <https://www.pubfacts.com/detail/15758122/Gaseous-nitrogen-and-carbon-losses-from-pig-manure-derived-from-different-diets>
5. Tyutyunov S. I., Solovichenko V. D., Navol'neva E. V. *Ispol'zovanie svinnykh stokov v kachestve organicheskikh udobreniy*. [Use of swine effluents as organic fertilizers]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Research Journal*. 2015;(10-3(41)):76-79. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2015.41.028>
6. Novitskiy I. *Promyshlennoe svinovodstvo i okruzhayushchaya sreda*. [Industrial pig farming and environment]. URL: <https://xn--80ajgpcpbhks4a4g.xn--p1ai/articles/promyshlennoe-svinovodstvo-i-okruzhayu/> (accessed: 4.07.2016).
7. Domashenko Yu. E., Surzhko O. A. *Resurso-ekologicheskie aspekty snizheniya vozdeystviya na prirodnyuyu sredu zhivotnovodcheskikh otkhodov*. [Resource and environmental aspects of reducing the impact on the natural environment of livestock waste]. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: sb. statey IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Environment and health: collection of articles of the 4th All-Russian scientific and practical Conference]. Penza, 2007. pp. 74-76.

8. Bryukhanov A. Yu., Vasil'ev E. V., Shalavina E. V. *Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodstva i luchshie dostupnye metody ikh resheniya*. [Problems of ensuring ecological safety of animal husbandry and the best available methods of their solution]. *Regional'naya ekologiya = Regional Ecology*. 2017;(1(47)):37-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29392588>
9. Titova V. I., Karaksin V. B., Geyger E. Yu. *Promyshlennoe svinovodstvo i ekologiya: problemy sosushchestvovaniya*. [Industrial pig farming and ecology: problems of coexistence]. Nizhny Novgorod: *Izd-vo VVAGS*, 2003. 201 p.
10. Dabakhova E. V., Titova V. I., Geyger E. Yu., Korchenkina N. A. *Otsenka vozdeystviya utilizatsii otkhodov na sostoyanie agroekosistemy i problemy normirovaniya*. [Assessment of the impact of waste disposal on the state of agroecosystem and problems of rationing]. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*. 2011;(2):13-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16218533>
11. Shalavina E. V., Vasil'ev E. V. *Ekologicheskie problemy otrasli svinovodstva v Rossii*. [Environmental problems of pig industry in Russia]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2017;(92):166-175. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30258923>
12. Vu T. K. V., Tran M. T., Dang T. T. S. A survey of manure management on pig farms in Northern Vietnam. *Livestock Science*. 2007;112(3):288-297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.008>
13. Shen Yujun, Pengyue Zhang, Lixin Zhao, Haibo Meng, Hongsheng Cheng Component analysis of volatile organic compounds and determination of key odor in pig manure aerobic fermentation process. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2016;32(4):205-210. URL: <https://www.ingentaconnect.com/content/tcsae/tcsae/2016/00000032/00000004/art00029;jsessionid=gajd0e7ctngpe.x-ic-live-01>
14. Baranovskiy I. N., Babenko M. V. *Vliyaniye fraktsiy svinogo navoza na pitatel'nyy rezhim dervno-podzolistoy pochvy i produktivnost' zernotravyanogo zvena sevooborota*. [Influence of pig manure fractions on the nutrient regime of sod-podzolic soil and productivity of grain-grass crop rotation link]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya = Bulletin of the Tver State University. Series: Chemistry*. 2014;(2):S. 40-48. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21691464>
15. Shishov A. D., Nikolaeva T. A., Grishanov S. L. *Agrokhimicheskie svoystva dervno-podzolistoy pochvy pri primeneniye bespodstilochnogo svinogo navoza*. [Agrochemical properties of sod-podzolic soil upon application of liquid swine manure]. *Plodorodie*. 2010;(4 (55)):33-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15206387>
16. Varlamova L. D. *Sravnitel'naya agronomicheskaya otsenka raznykh form svinogo navoza*. [Comparative agronomic assessment of different forms of pig manure]. *Agrokhiimiya i ekologiya: istoriya i sovremennost': materialy Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Agrochemistry and ecology: history and modernity: Proceedings of International scientific and practical Conference.]. Vol.2. Nizhny Novgorod, 2008. pp. 69-72.
17. Baranovskiy I. N., Pavlotskiy A. V. *Vliyaniye bespodstilochnogo navoza i pometa gumusovyy rezhim dervno-podzolistoy pochvy i ee produktivnost'*. [Influence of unstitched manure and litter humus regime of sodpodzolic soil and its productivity]. *Plodorodie*. 2010;(6(57)):12-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15320667>
18. Rotkittikhun P., Chaiyarat R., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., Baker A J M. Growth and lead accumulation by the grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaena maxima* in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: A glasshouse study. *Chemosphere*. 2007;66(1):45-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.038>
19. Shishov A. D., Nikolaeva T. A., Grishanov S. L. *Vliyaniye bespodstilochnogo svinogo navoza na urozhaynost' zelenoy massy yachmenya v usloviyakh Novgorodskoy oblasti*. [The influence of unstitched pig manure on the yield of green barley mass in the Novgorod region]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2011;(4):66-69. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15594761>
20. Kononchuk V. V., Shtyrkhunov V. D., Nazarova T. O., Timoshenko S. M., Sobolev S. V. *Velichiny optimal'noy obespechennosti zernovykh kul'tur azotnym pitaniem i zatraty azota udobreniy na ikh formirovaniye v tsentre Nechernozemnoy zony Rossii*. [Values of optimal provision of grain crops with nitrogen nutrition and nitrogen fertilizer costs for their formation in the center of the non-Chernozem zone of Russia]. *Agrokhiimiya*. 2018;(11):33-42. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36429696>
21. Liu J., Diamond J. China's environment in a globalization. *Nature*. 2005. Vol. 435. pp. 1179-1186.
22. Okorkov V. V., Fenova O. A., Okorkova L. A. *Udobrenie i produktivnost' sevooborotov na serykh lesnykh pochvakh Verkhnevolzh'ya*. [Fertilization and productivity of crop rotations on gray forest soils of the upper Volga region]. *Agrokhiimiya*. 2018;(2):56-70. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32656266>
23. Ivanov A. I., Konashenkov A. A. *Agroekologicheskie posledstviya neravnomernogo vneseniya navoza v ovoshchnom sevooborote*. [Agroecological consequences of uneven application of manure in vegetable crop rotation]. *Agrokhiimiya*. 2012;(6):66-72. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17868491>

*Сведения об авторах:*

✉ **Титова Вера Ивановна**, доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>**, e-mail: titovati@yandex.ru,

**Варламова Лариса Дмитриевна**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4085-5359>**,

**Рыбин Роман Николаевич**, аспирант кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6557-9306>**,

**Андропова Татьяна Владимировна**, аспирант кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5663-5775>**.

*Information about the authors:*

✉ **Vera I. Titova**, DSc in Agricultural Sciences, professor, head of the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0962-5309>**, e-mail: titovati@yandex.ru,

**Larisa D. Varlamova**, DSc in Agricultural Sciences, professor of the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4085-5359>**,

**Roman N. Rybin**, postgraduate of the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6557-9306>**,

**Tatyana V. Andronova**, postgraduate of the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5663-5775>**.

✉ - Для контактов / Corresponding author



## Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации

© 2019. Л. М. Козлова✉, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов

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

Многолетние исследования (2002-2017 гг.), проведенные в длительном стационарном опыте по изучению различных видов полевых севооборотов в условиях Кировской области, показали, что на дерново-подзолистых почвах потери гумуса можно снизить агротехническими методами. Главные из них – это сокращение доли чистых паров, переход на занятые и сидеральные пары, расширенное использование многолетних бобовых и зерно-бобовых культур, промежуточных посевов. В полевых восьмипольных севооборотах при использовании таких средств биологизации, как запашка корнеотпрысковых остатков, наземной массы сидеральных культур в паровых полях и промежуточных посевах, поступление органического вещества было в пределах 17,24-83,03 т/га, при минерализации которого образуется 7,64-11,51 т гумуса. В севообороте с чистым паром складывается отрицательный баланс гумуса -0,06 т/га. Положительный баланс получается при использовании занятых, сидеральных паров, промежуточных посевов (два-три поля), введении в структуру севооборотов до 25% многолетних бобовых трав. При образовании в пахотном слое гумуса 0,96-1,44 т/га обеспечивается положительный баланс 0,20-0,72 т/га. С повышением в структуре севооборотов доли зерновых культур до 62,5-75,0% продуктивность их возрастала до 4,74-4,79 тыс. корм. ед./га, что выше, чем в контрольном севообороте с чистым паром на 0,27-0,32 тыс. корм. ед./га. Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от содержания гумуса слабая отрицательная ( $r = -0,16$ ). Продуктивность изученных севооборотов в сильной степени зависела от количества продуктивной влаги в почве в фазу колошения зерновых культур ( $r = -0,78$ ) и биологической активности почвы ( $r = -0,80$ ).

**Ключевые слова:** дерново-подзолистые почвы, паровые поля, промежуточные и сидеральные культуры, органическое вещество, баланс гумуса, корнеотпрысковые остатки

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № 0767-2019-0091).

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

**Для цитирования:** Козлова Л. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):467-477. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477>

Поступила: 26.06.2019

Принята к публикации: 02.10.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## Improvement of crop rotations aimed at increasing their efficiency and conserving soil fertility in conditions of biological intensification

© 2019. Lyudmila M. Kozlova✉, Eugenia N. Noskova, Fyodor A. Popov

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

The long-term research conducted in 2002-2017 in a long stationary experiment on studying different types of field crop rotations under conditions of the Kirov region showed that on sod-podzolic soils the loss of humus could be lowered using agro technical methods. The most critical of them include the reduction of a portion of bare fallow, transition to sown and green-manure fallow, expanded use of perennial legume and grain-legume crops and intercrop sowings. In eight-field crop rotations when using such means of a biologization as plowing of the root-stubble residues, aboveground mass of green-manure crops in fallow fields and intercrop sowings, the supply of organic substance was within 17.24-83.03 t/ha. By mineralization of this substance 7.64-11.51 t of humus were produced. In a crop rotation with bare fallow there is a negative balance of humus of -0.06 t/ha. The positive balance is obtained when using sown, green-manure fallows, intercrop sowings (two-three fields), and introduction of up to 25% perennial legumes to the structure of crop rotations. The formation of 0.96-1.44 t/ha of humus in the arable layer provides positive balance of 0.20-0.72 t/ha. The increase of the part of grain crops up to 62.5-75.0% in the structure of crop rotations resulted in rise of their efficiency up to 4.74-4.79 thousand fodder units. It was 0.27-0.32 thousand fodder units higher than in the control crop rotation with bare fallow. Dependence of productivity of agricultural crops on humus content was insignificantly negative ( $r = -0.16$ ). The efficiency of the studied crop rotations depended considerably on the amount of productive moisture in the soil in a phase of ear formation of grain crops ( $r = -0.78$ ) and on biological activity of the soil ( $r = -0.80$ ).

**Key words:** sod-podzolic soils, fallow fields, intercrops and green-manure crops, organic matter, balance of humus, root-stubble residues

*Acknowledgement:* The research was carried out within the state assignment of *FARC North-East* (theme № 0767-2019-0091).

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

*For citing:* Kozlova L. M., Noskova E. N., Popov F. A. Improvement of crop rotations aimed at increasing their efficiency and conserving soil fertility in conditions of biological intensification. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(5):467-477. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477>

Received: 26.06.2019

Accepted for publication: 02.10.2019

Published online: 18.10.2019

Совершенствование севооборотов на экологических принципах с учетом не только продуктивности, но и влияния на плодородие почвы – важнейшее альтернативное направление повышения эффективности земледелия в различных почвенно-климатических условиях [1].

В Стратегии научно-технического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г., потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе определена как один из главных вызовов современности.

Производство экологически чистой высококачественной продукции является одной из актуальных задач АПК нашей страны. Ее решение тесно связано с биологизацией и экологизацией земледелия за счет расширения площади посевов бобовых культур, многолетних трав, промежуточных культур и применения различных видов органических удобрений и биологических препаратов в сочетании с различными агрохимикатами [2].

Севооборот, как научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и чистого пара во времени и по полям, был и остается многофункциональной агроэкологической системой агроценозов, позволяющей решать многие задачи современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В рамках севооборота за счет биологизации земледелия решаются экологические проблемы, связанные с возрастающей нагрузкой факторов интенсификации земледелия на окружающую среду [3, 4, 5, 6].

Достигнутый в последние годы уровень производства сельскохозяйственных культур в России стал результатом резкого изменения технологий возделывания на основе применения различных видов удобрений, современных гербицидов, новейшей сельскохозяйственной техники, позволяющей своевременно и более качественно проводить все операции по подготовке почвы, посеву, уходу за культурами. Казалось бы, в таких условиях в земледелии не

осталось проблем. Однако анализ существующей ситуации свидетельствует об обратном [7].

Самый важный из всех негативных процессов – потеря гумуса почвы. Он малозаметен, но идет постоянно. На сегодняшний день содержание гумуса в черноземах сократилось до 4-6%, вместо 10-12% 100 лет назад [8]. По результатам многолетних опытов [9], в дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах ежегодно под культурами сплошного сева минерализуется 0,4-0,8 т/га гумуса, на черноземах 0,8-1,2 т/га. Наиболее интенсивно этот процесс идет в черных парах, где потери гумуса могут составлять 1,5-2,0 т/га.

В Кировской области, по результатам последнего цикла агрохимического обследования, почвы с низким содержанием гумуса занимают до 50% площади пашни. Основные причины деградации почв – отсутствие приемов по известкованию и фосфоритованию кислых почв, снижение использования органических и минеральных удобрений [10]. Для предупреждения дальнейшей деградации плодородия почв, по нашему мнению, необходимо введение научно обоснованных севооборотов с сидеральными парами и промежуточными культурами, запашка корнерневых остатков, отавы многолетних трав [11]. Зарубежные авторы также указывают на то, что влияние корнерневых остатков на плодородие почвы может быть значительно выше других органических удобрений [12, 13]. При включении сидеральных паров в севооборот процессы гумификации в почве преобладают над процессами минерализации. Поступление органического вещества в виде сидерата, даже без внесения удобрений, стабилизирует содержание гумуса в почве (гумификация – 8,20, минерализация – 7,95 т/га) [14].

В соответствии с Концепцией развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации до 2020 года, при сложившейся структуре посевных площадей сидераты могли бы занимать в нашей стране до 30 млн га. Полученное зеленое удобрение равноценно по содержанию органического вещества 700-800 млн т подстилочного навоза [15]. При этом затраты на про-

изводство и использование зеленого удобрения в 3-4 раза меньше, чем при применении подстилочного навоза.

Однако основная форма сидерации в виде сидеральных паров экономически невыгодна, так как сидеральное поле не дает в течение года товарной продукции. Экономически выгоднее промежуточная форма сидерации в виде пожнивных, подсевных, поукосных и других промежуточных культур. Положительное влияние промежуточных культур заключается, в первую очередь, в том, что увеличивается поступление органического вещества с оптимальным качественным составом, улучшающим микробиологические процессы в почве. Влияние промежуточных культур на биологическую активность, агрофизические свойства почвы увеличивается при использовании их на сидеральные цели [16, 17, 18].

В. И. Турусов и др. [19] указывают, что значительное увеличение проблемы воспроизводства плодородия почв и необходимость постоянного роста продуктивности культур требуют разработки новых агротехнических приемов. Важным условием является снижение доли чистых паров, переход на сидеральные пары, расширение посевов зернобобовых культур. В связи с этим актуальность и новизна наших исследований заключается в комплексном (агрофизическом, агрохимическом и фитосанитарном) исследовании агротехнических приемов с использованием биологических ресурсов, направленных на восстановление плодородия почвы и увеличение выхода кормовых единиц с 1 га пашни.

**Цель исследований** – разработка в соответствии с экологическими принципами полевых севооборотов, способствующих сохранению плодородия дерново-подзолистых почв Кировской области.

**Материал и методы.** Исследования проводили в стационарном опыте НИИСХ Северо-Востока, заложенном в 1976 году. В 2002-2009 гг. на изучение были взяты шесть восьмипольных севооборотов с различными зернобобовыми смесями и сидеральными культурами. С 2010 по 2017 год изучали восьмипольные севообороты с различными видами паров и промежу-

точными (поукосными и пожнивными) культурами.

Севообороты размещены в пространстве и во времени, размещение делянок систематическое, повторность четырехкратная. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкоуглинистая, сформированная на элювии пермских глин. Агрохимические показатели:  $p_{H_{KCl}}$  4,8-5,5, содержание  $P_2O_5$  – 135-216,  $K_2O$  – 150-157 мг/кг почвы (по Кирсанову), содержание гумуса – 1,67-2,00% (по Тюрину).

В севооборотах возделывали следующие культуры районированных сортов: озимая рожь Фаленская 4, ячмень Лель, яровая пшеница Свеча, овес Сельма, горох Лучезарный, пелюшка Надежда, клевер луговой Ратибор, вика Льговская-28, люпин узколистный Снежить.

Севообороты насыщены бобовыми культурами: одно- и двухгодичными клеверами и их смесями со злаковыми травами, смесями зернобобовых и яровых зерновых культур, а также сидеральными культурами (люпин узколистный, клевер луговой, горчица белая + пелюшка + овес, редька масличная + пелюшка + овес). Насыщение бобовыми культурами до 50%. После уборки озимой ржи на зерно подсеивали промежуточные пожнивные культуры (редька масличная, горчица белая, рапс яровой). Эти же культуры высевали и поукосно после зерносмесей на зеленый корм и сенаж. Промежуточные культуры в севооборотах занимали от 12,5 до 37,5%. Схемы севооборотов представлены в таблице 2.

Удобрения вносили под основные культуры в дозе N45P45K45, под пожнивные и поукосные сидераты – N30. Под посев промежуточных культур применяли ресурсосберегающую поверхностную обработку почвы. Агротехника возделывания культур – рекомендуемая для Нечерноземной зоны. Зеленую массу сидеральных культур в паровых полях и промежуточных посевах после измельчения заделывали плугом на глубину пахотного слоя.

Баланс гумуса определяли по методическим указаниям<sup>1, 2</sup>. Дисперсионный и корреляционный анализы проводили по Б. А. Доспехову<sup>3</sup> с использованием программы «Agros 2.07».

<sup>1</sup>Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. М.: ЦИНАО, 2000. 40 с.

<sup>2</sup>Баланс гумуса и питательных веществ в интенсивном земледелии. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1989. 26 с.

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

Количество осадков в среднем за вегетационные периоды (2010-2017 гг.) составляло 222-423 мм. Погодные условия за период проведения исследований существенно различались: 2012, 2015 и 2017 гг. – влажные, 2010, 2013, 2014 гг. – засушливые, 2011 и 2016 гг. – нормальные по увлажнению.

**Результаты и их обсуждение.** Принцип биологической интенсификации земледелия предполагает комплексное использование наво-

за, сидеральных культур, многолетних трав, корнерстерневых остатков, отавы многолетних трав и однолетних бобово-злаковых смесей как средств образования органического вещества.

Анализ возможных источников поступления органического вещества в почву показал, что на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах основными из них являются навоз и многолетние бобовые травы (клевер луговой и смеси его с тимофеевкой) (табл. 1).

**Таблица 1 – Источники пополнения гумуса в почве (2002-2017 гг.) / Table 1 – Sources of soil humus replenishment (2002-2017)**

<i>Источник пополнения / Sources of replenishment</i>	<i>Поступление органического вещества, т/га / Supply of organic matter, t/ha</i>	<i>Нормативы образования гумуса<sup>4</sup>, т* / Standards of humus formation<sup>4</sup>, t*</i>	<i>Поступило гумуса, т/га / Received humus, t/ha</i>
Навоз КРС / Cattle manure	10,0-40,0	0,06	0,60-2,40
Сидеральные культуры / Green-manure crops:			
- многолетние бобовые травы / perennial legumes	25,5-29,2	0,06	1,53-1,75
- однолетние бобово-злаковые смеси / annual legume-grass mixtures	10,2-20,5	0,06	0,61-1,23
- донник желтый / yellow sweet clover	11,5-14,9	0,06	0,69-0,89
- люпин узколистный / blue lupin	12,0-12,5	0,06	0,72-0,75
Корнепозживные остатки многолетних трав / Root-crop residues of perennial crops:			
- одного года пользования / one-year use	5,12-8,51	0,25	1,28-2,12
- двух лет пользования / two-years use	6,89-10,74	0,25	1,72-2,69
Корнерстерневые остатки / Root-stubble residues:			
- озимых зерновых / winter cereals	4,47-7,39	0,18	0,80-1,33
- яровых зерновых / spring cereals	2,91-4,90	0,18	0,52-0,88
Отава многолетних трав / After-grass of perennial grasses	8,50-12,80	0,06	0,51-0,77

\* из 1 т органических удобрений и растительных остатков/ from 1 t of organic fertilizers and plant residues

При недостатке органических удобрений и высокой затратности использования навоза его экономичнее заменить сидеральными культурами или запашкой корнерстерневых остатков и отавы клевера. Возврат в почву органического вещества в виде растительных остатков, сидеральной массы в паровых полях и промежуточных посевах способствует образованию и накоплению гумуса.

Исследования показали, что внесение 10 т навоза равноценно по образованию гумуса

использованию в сидеральных парах однолетних бобово-злаковых смесей, донника желтого, люпина узколистного (0,61-0,72 т/га). Сидеральные культуры при хорошей агротехнике формируют урожайность зеленой массы 10,2-29,2 т/га, из которой поступает в почву 0,61-1,75 т/га гумуса. И это количество гумуса только из наземной массы. Из корней, стерневых и пожнивных остатков при более высоком коэффициенте гумификации дополнительно поступает 1,28-2,69 т/га гумуса.

<sup>4</sup>Баланс гумуса и питательных веществ в интенсивном земледелии. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1989. 26 с.

Зерновые культуры в значительно меньшей степени влияют на образование органического вещества в почве. Но если уборку озимых культур проводить на высоком срезе, то в почву может поступать примерно такое же количество органического вещества, что и после многолетних трав одногодичного использования (до 7,39 т/га). Отава многолетних трав, заделанная в почву в сентябре, пополняет запасы органического вещества в большем объеме, чем заплата только корней и стерни клевера лугового (до 12,8 т/га). При этом в почве может образоваться не менее 0,51 т/га гумуса.

Количество вновь образованного гумуса будет зависеть от видового состава растительных остатков, органических удобрений и условий их гумификации. Положительный баланс гумуса достигался в зернотравяных шестипольных и восьмипольных севооборотах с многолетними травами, а также при внесении навоза в чистых и занятых парах. При введении в севообороты 33,4% бобовых культур и посеве на сидеральные цели однолетних трав или донника желтого поступление органического вещества в почву составляло 37,6-44,0 т/га. При этом баланс гумуса был положительным 0,39 и 0,42 т/га. Баланс гумуса увеличивался в положительную сторону и составил 0,60 т/га в севообороте с 50% бобовых культур и внесении 60 т/га навоза при поступлении органического вещества 85,4 т/га. Отрицательный баланс 0,06 т/га получали при 16,7% бобовых культур в структуре севооборота при одногодичном использовании клевера [20].

Поступление органического вещества в агроландшафтах зависит также от насыщения севооборотов различными по биологии культурами, применяемых технологий, метеоусловий года и может колебаться, как показали наши исследования, в восьмипольных севооборотах с различными видами паров в пределах 5,89-83,03 т/га (табл. 2). С корнестерневыми и пожнивными остатками озимых, яровых зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав поступало в зернотравяных севооборотах в среднем на гектар севооборотной площади 5,04-6,96 т/га органического вещества. Сидеральные культуры в паровых полях дополнительно давали 12,5, 20,0 т/га наземной массы, если в структуре севооборота (II, IV) по одному сидеральному пару. Введение в восьмипольный севооборот (VI) двух сидеральных полей (однолетние травы и клевер I г.п.) увеличивало поступление органической массы до 43,9 т/га.

Посев одной промежуточной культуры в севооборотах (III, IV, V) после озимой ржи на

зерно обеспечивал дополнительно 11,5-12,2 т/га богатой питательными веществами наземной массы, стерни и корней.

Увеличение площадей под промежуточными культурами (25,0 и 37,5%) приводило к увеличению поступления органического вещества до 21,5 и 33,8 т/га. В условиях Кировской области только с сухой массой поукосно-корневых остатков этих культур остается до 30% от общего количества органического вещества, синтезированного пожнивными культурами.

При насыщении восьмипольного зернотравяного севооборота (VI) промежуточными культурами (горчица белая, рапс яровой, редька масличная) до 37,5% и двумя сидеральными парами поступление органического вещества увеличивается до 83,03 т/га. Посев на 25% площади севооборота этих культур в севообороте с люпином узколистным дает до 40,96 т/га органической массы. При посеве на 25% севооборотной площади промежуточных культур в сидеральном севообороте (IV) с однолетними травами поступает 38,63 т/га органического вещества. В контрольном севообороте (I) с чистым паром без посева промежуточных культур этот показатель составил только 5,89 т/га.

В полевых восьмипольных севооборотах с чистым, занятыми и сидеральными парами достоверных изменений в содержании гумуса за 8 лет не произошло (табл. 3). Перед закладкой опыта содержание общего гумуса по севооборотам составляло 1,90-2,00%. Применение всех средств биологизации способствовало сохранению гумуса на первоначальном уровне – 1,91-2,04%. При содержании гумуса в почве 46,0-48,4 т/га потери его в почве незначительные – 0,3-0,6 т/га. Увеличение содержания гумуса недостоверное, в пределах 0,4-1,1 т/га.

В зависимости от насыщения севооборотов сидеральными парами и промежуточными культурами за 8 лет ротации севооборотов количество вновь образованного гумуса составляло 6,40-11,51 т/га. Расчет баланса гумуса показал, что за 8 лет в контрольном севообороте (I) образовалось 6,40 т/га гумуса (0,80 т в год), при этом минерализовалось 6,90 т/га. При данной структуре посевов без использования органических удобрений и посева сидеральных культур в пахотном слое в год терялось 0,06 т/га гумуса. Наибольшая минерализация (2,01 т/га) была отмечена в чистом пару. Два поля многолетних трав (клевер с подсевом тимофеевки) не могли обеспечить положительный баланс гумуса.

Таблица 2 – Поступление органического вещества в полевых восьмипольных севооборотах /  
Table 2 – Supply of organic matter in eight-field crop rotations

Севообороты с различными видами паров / Crop rotations with different types of fallow	Удобрения и промежуточные культуры / Fertilizers and intercrops	Поступление органического вещества, т/га в год / Supply of organic matter, t/ha per year			всего / in total
		корнеотвердевающие остатки / root- stubble residues	сидеральные культуры / of green manure crops	промежуточные культуры / of intercrops	
I. Пар чистый – озимая рожь – ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яровая пшеница – горох + яровая пшеница + овес (з/фураж) – овес / I. Bare fallow – winter rye – barley with clover undersow – clover of 1 year of use – clover of 2 year of use – spring wheat – peas + spring wheat + oats (grain-forage) – oats	НРК	5,89	-	-	5,89
II. Пар сидеральный (люпин) – озимая рожь + редька масличная (пожнивню) – ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яровая пшеница – горох + яровая пшеница + овес (з/сенаж) + рапс яровой (пожнивню) – овес / II. Green-manure fallow (lupin) – winter rye – oil radish (after-harvest sowing) – barley with clover undersow – clover of 1 year of use – clover of 2 year of use – spring wheat – peas + spring wheat + oats (grain-haylage) – spring rape (after-cutting) – oats	НРК + 1 сидеральная + 2 промежуточные культуры / НРК + 1 green-manure crop + 2 intercrops	6,96	12,5	21,5	40,96
III. Пар занятый (редька масличная + вика + овес) – озимая рожь + горчица белая (пожнивню) – ячмень – пелюшка + яровая пшеница + овес (з/фураж) с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яровая пшеница – овес / III. Sown fallow (oil rape + vetch + oats) – winter rye – white mustard (after-harvest sowing) – barley – field pea + spring wheat + oats (grain-forage) with clover undersow – clover of 1 year of use – clover of 2 year of use – spring wheat – oats	НРК + 1 промежуточная культура / НРК + 1 intercrop	5,83	-	11,5	17,33
IV. Пар сидеральный (редька масличная + вика + овес) – озимая рожь + горчица белая (пожнивню) – ячмень – пелюшка + яровая пшеница + овес (з/сенаж) с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яровая пшеница – овес / IV. Green-manure fallow (oil rape + vetch + oats) winter rye – white mustard (after-harvest sowing) – barley – field pea + spring wheat + oats (grain-forage) with clover undersow – clover of 1 year of use – clover of 2 year of use – spring wheat – oats	НРК + 1 сидеральная + 1 промежуточная культура / НРК + 1 green-manure crop + 1 intercrop	6,63	20,0	12,0	38,63
V. Пар занятый (клевер) – озимая рожь + рапс яровой (пожнивню) – ячмень – вика + яровая пшеница + овес (з/фураж) – пар занятый (редька масличная + овес + пелюшка) – озимая рожь + озимая вика (зерно) – яровая пшеница – овес / V. Sown fallow (clover) – winter rye – spring rape (after-harvest sowing) – barley – vetch + spring wheat + oats (grain-forage) – sown fallow (oil rape + oats + field pea) – winter rye + winter vetch (grain) – spring wheat – oats	НРК + 1 промежуточная культура / НРК + 1 intercrop	5,04	-	12,2	17,24
VI. Пар сидеральный (клевер) – озимая рожь + рапс яровой (пожнивню) – ячмень – вика + яровая пшеница + овес (з/сенаж) + редька масличная (пожнивню) – пар сидеральный (редька масличная + овес + пелюшка) – озимая рожь + оз. вика (з/корм) + горчица белая (пожнивню) – яр. пшеница – овес / VI. Green-manure fallow (clover) – winter rye + spring rape (after-harvest sowing) – barley – vetch + spring wheat + oats (grain-haylage) + spring rape (after-cutting) – green-manure fallow (oil rape + oats + field pea) – winter rye + winter vetch (green forage) + white mustard (after-harvest sowing) – spring wheat – oats	НРК + 2 сидеральные + 3 промежуточные культуры / НРК + 2 green-manure crop + 3 intercrops	5,33	43,9	33,8	83,03

Таблица 3 – Баланс гумуса в севооборотах (2009-2017 гг.) /  
Table 3 – Humus balance in crop rotations (2009-2017)

Севоборот / Crop rotation	Год исследований / Year of research	Содержание гумуса / Humus content		Минерализовалось гумуса за 8 лет/за 1 год, т/га / Amount of humus mineralized for 8 years / for 1 year, t/ha	Образовалось гумуса за 8 лет/за 1 год, т/га / Amount of humus formed for 8 years / for 1 year, t/ha	Баланс гумуса, т/га / Humus balance, t/ha
		%	т/га /t/ha			
I. С чистым паром / I. With bare fallow	2009	1,99	47,8	0,85		
	2017	2,04	48,4	6,90/0,86	6,40/0,80	-0,06
II. С сидеральным паром (люпин узколистный) / II. With green-manure fallow (blue lupin)	2009	1,98	47,5	0,67		
	2017	1,97	47,9	5,42/0,68	10,43/1,30	+0,62
III. С занятым паром (однолетние травы) / III. With sown fallow (annual grasses)	2009	1,98	47,5	0,65		
	2017	2,03	48,6	5,67/0,71	8,41/1,05	+0,34
IV. С сидеральным паром (однолетние травы) / IV. With green-manure fallow (annual grasses)	2009	1,90	45,6	0,68		
	2017	1,91	46,0	5,25/0,66	10,70/1,34	+0,68
V. С двумя занятыми парами (клевер 1 г.п. и однолетние травы) / V. With two sown fallows (clover of 1 year of use and annual grasses)	2009	2,00	48,0	0,77		
	2017	1,99	47,7	6,08/0,76	7,64/0,96	+0,20
VI. С двумя сидеральными парами (клевер 1 г.п. и однолетние травы) / VI. With two green-manure fallows (clover of 1 year of use and annual grasses)	2009	2,00	48,0	0,78		
	2017	1,97	47,4	5,73/0,76	11,51/1,44	+0,72
		F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>		-	-	-
		F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>		-	-	-
		HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>		-	-	-

При введении в структуру севооборота (V) двух занятых паров (клевер луговой и смесь редька масличная + овес + пелюшка) обеспечивался положительный баланс гумуса 0,20 т/га. Накопление гумуса в этом севообороте составило 7,64 т/га (0,96 т/га за год) при минерализации 6,08 т/га (0,76 т в год). Посев однолетних трав (редька масличная + вика + овес) в севообороте с двумя полями клевера лугового и посевом пожнивной горчицы белой после озимой ржи на зерно (III) способствовал увеличению образования гумуса до 8,41 т/га (1,05 т/га в год), что обеспечило положительный баланс 0,34 т/га. Дальнейшее увеличение в структуре посевов сидеральных паров и промежуточных посевов способствовало значительному накоплению гумуса. Севообороты (II и IV) с сидеральными парами (люпин узколистный и редька масличная + вика + овес) с двумя полями многолетних трав и посевом промежуточных культур повышали образование гумуса до 10,43 и 11,51 т/га (1,30 и 1,34 т/га в год) при минерализации его 0,68 и 0,66 т в год, что обеспечило положительный баланс 0,62 и 0,68 т/га.

Наиболее интересный вариант севооборота (VI) с двумя сидеральными парами (клевер и однолетние травы), с посевом двух поукосных и одной пожнивной промежуточной культурами. Здесь поступало в почву наибольшее количество органического вещества, из которого образовалось 11,51 т/га (1,44 т/га в год) гумуса при балансе его 0,72 т/га. В данном севообороте только с корневыми остатками в пахотный слой поступало 6,85 т/га гумуса, дополнительно с наземной массой сидеральных культур – 2,63 т и органической массой промежуточных крестоцветных культур – 2,03 т. Соответственно ежегодно почва пополнялась на 1,44 т гумуса.

При сравнении различных видов полевых восьмипольных севооборотов с различными видами паровых полей и посевом промежуточных культур отмечаем, что продуктивность севооборотов зависела от состава и соотношения культур. Чем лучше предшественник для требовательных к плодородию культур, тем выше их урожайность, тем эффективнее использование пашни.

Средняя урожайность зерновых по севооборотам достоверных различий не имела и составляла 3,22-3,29 т/га. Зависимость урожайности от предшественника в большей степени заметна у озимой ржи. Лучшими предшественниками для нее были клевер I г.п. на сидерат и чистый пар (без внесения органических удобрений), которые обеспечили урожайность в среднем за ротацию 3,10 и 3,05 т/га ( $НСР_{05} = 0,40$ ). Урожайность яровой пшеницы была выше на 0,16-0,18 т/га при размещении по клеверам II г.п., чем по смеси озимой ржи с озимой викой на зернофураж и зерносе-наж ( $НСР_{05} = 0,16$ ). Средняя урожайность зерновых имела высокую корреляционную зависимость от влажности пахотного слоя почвы в фазу всходов ( $r = 0,79$ ), среднюю зависимость от влажности и продуктивной влаги в фазу колошения ( $r = 0,59$  и  $r = 0,51$ ), среднюю отрицательную – от плотности почвы в фазу всходов ( $r = -0,62$ ), биологической активности в слое 0-10 см ( $r = -0,58$ ), засоренности посевов малолетними сорняками ( $r = -0,38$ ). Количество гумуса в почве не влияло на уровень урожайности культур. Зависимость урожайности всех культур севооборота от содержания гумуса в пахотном слое (0-20 см) почвы была слабая отрицательная ( $r = -0,16$ ).

Оценка севооборотов по выходу кормовых единиц показала, что с повышением в структуре севооборотов процента зерновых культур, продуктивность возрастала (табл. 4). В контрольном севообороте (I) при 62,5% зерновых культур получено 4,47 тыс. корм. ед./га. В севооборотах с занятыми парами (III и V) при 62,5 и 75,0% посевов зерновых и зернобобовых получили 4,79 и 4,74 тыс. корм. ед./га, что выше, чем в контрольном севообороте на 0,32 и 0,27 тыс. корм. ед./га ( $НСР_{05} = 0,23$ ).

Таблица 4 – Выход зерна и кормовых единиц (2010–2017 гг.) / Table 4 – Yield of grain and fodder units (2010–2017)

Севооборот / Crop rotation	Структура пашни, % / Structure of arable land, %				Промежуточные культуры, % / Intercrops, %	Средняя урожайность зерновых, т/га / Average productivity of grain crops, t/ha	Выход корм. ед., тыс./га / Yield of fodder units, thousand/ha
	пары / fallows	зерновые / grain crops	многолетние травы / perennial grasses	злаковые культуры (сенаж) / grain-legume crops (haylage)			
I. С чистым паром / I. With bare fallow	12,5	62,5	25,0	-	-	3,27	4,47
II. С сидеральным паром (люпин узколистный) / II. With green-manure fallow (blue lupin)	12,5	50,0	25,0	12,5	25,0	3,29	4,08
III. С занятым паром (однолетние травы) / III. With sown fallow (annual grasses)	12,5	62,5	25,0	-	12,5	3,26	4,79
IV. С сидеральным паром (однолетние травы) / IV. With green-manure fallow (annual grasses)	12,5	50,0	25,0	12,5	12,5	3,22	4,14
V. С двумя занятыми парами (клевер I г.п. и однолетние травы) / V. With two sown fallows (clover of 1 year of use and annual grasses)	25,0	75,0	-	-	12,5	3,27	4,74
VI. С двумя сидеральными парами (клевер I г.п. и однолетние травы) / VI. With two green-manure fallows (clover of 1 year of use and annual grasses)	25,0	50,0	-	25,0	37,5	3,28	4,41
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>							
	-	-	-	-	-	F <sub>φ</sub> < F <sub>r</sub>	0,23

Севообороты с сидеральными парами (II, IV, VI), многолетними травами и зернобобовыми смесями на зерносеяж проигрывали по количеству полученных кормовых единиц. При введении в структуру посевов до 25% многолетних трав и 12,5% зернобобовых смесей продуктивность севооборотов снижалась до 4,08-4,41 тыс. корм. ед./га или на 0,06-0,39 тыс. корм. ед./га по сравнению с контролем.

Продуктивность севооборотов с паровыми полями, занятыми однолетними травами на корм увеличивалась и за счет зерносмесей. Смесей пелюшка + яровая пшеница + овес и вика + яровая пшеница + овес при уборке их на зерно обеспечивали 1,02-1,30 корм. ед./га. При уборке таких зерно-смесей на зерносеяж получали только 0,55-0,60 корм. ед./га.

Продуктивность изученных севооборотов в сильной степени зависела от количества продуктивной влаги в почве в фазу колошения ( $r = -0,78$ ) и биологической активности в слое 0-10 см ( $r = -0,80$ ). Среднюю зависимость отмечали от плотности пахотного слоя в фазу колошения зерновых культур ( $r = -0,55$ ), биологической активности в слое 10-20 см ( $r = -0,60$ ), засоренности посевов малолетними и многолетними сорняками ( $r = -0,40$ ;  $-0,47$ ).

**Выводы.** В результате исследований выявлено, что для сохранения плодородия дерново-подзолистых почв в условиях Кировской области необходимо введение зернотравяных севооборотов с сидеральными и занятыми парами. Для снижения минерализации гумуса необходимо использовать органическую систему удобрения, в частности применение таких сидеральных культур, как клевер луговой, донник желтый, люпин узколистный и промежуточных культур – горчицу белую, редьку масличную, рапс яровой. Поступление органического вещества в восьмипольных севооборотах увеличивалось до 17,24-83,03 т/га, что способствовало образованию гумуса в среднем по севооборотам 7,64-11,51 т/га. Баланс гумуса в севооборотах с занятыми парами создавался положительный 0,20 и 0,34 т/га. Замена занятых паров на сидеральные увеличивала баланс до 0,62-0,72 т/га. Выход кормовых единиц повышался в севооборотах с занятыми парами при увеличении в структуре посевов зерновых (62,5 и 75,0%) до 4,74 и 4,79 тыс. корм. ед./га. Зависимость урожайности культур от содержания гумуса в почве слабая отрицательная ( $r = -0,16$ ).

#### **Список литературы**

1. Мищенко А. Е., Кисс Н. Н., Гаевая Э. А., Васильченко А. П., Мищенко А. В. Почвозащитные мероприятия при возделывании полевых культур в системе контурно-полосной организации эрозионно опасного склона. Достижения науки и техники АПК. 2016;(2(30)):49-53. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25650656>
2. Лошаков В. Г. Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений. Достижения науки и техники АПК. 2016;(1):9-13. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25651219>
3. Постников Д. А., Темирбекова С. К., Лошаков В. Г., Норов М. С., Курило А. А. Сравнительная агроэкологическая оценка применения традиционных и перспективных сидеральных культур в условиях Московской области. Достижения науки и техники АПК. 2014;(8):39-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21956371>
4. Лошаков В. Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: ВНИИА, 2012. 512 с.
5. Brankatschk G., Finkbeiner M. Modeling crop rotation in agricultural LCAs – challenges and potential solutions. Agricultural Systems. 2015;(138):66-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.008>
6. Brankatschk G., Finkbeiner M. Crop rotations and crop residues are relevant parameters for agricultural carbon footprints. Agronomy for Sustainable Development. 2017;37:58. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0464-4>
7. Пыхтин И. Г., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я. Текущие проблемы в земледелии. Земледелие. 2018;(5):8-11. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10502>
8. Турусов В. И., Чеве́рдин Ю. И. Современное состояние почвенного покрова Воронежской области и пути регулирования плодородия почв. Почвоведение в России: вызовы современности, основные направления развития: материалы Всеросс. научн.-практ. конф. с междунар. участием к 85-летию Почвенного института им. В. В. Докучаева. М., 2012. С. 97.
9. Барановский И. Н. Торф в плодородии дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны: монография. Тверь: Агросфера, 2009. 222 с.
10. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области. Земледелие 2016;(8):16-18. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/plodorodie-pahotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
11. Рекомендации по формированию севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2015. 40 с.
12. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. Front Plant Sci. 2017;(8):284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>

13. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*. 2017;(9):14. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122316>
14. Овсяникова Г. В., Янковский Н. Г., Кривошея Е. Д. Роль черного и занятого паров и увеличения продуктивности озимой пшеницы и сохранения почвенного плодородия. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016;(3(52)):27-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25982842>
15. Сычев В. Г., Ефремов Е. Н. Концепция программы агрохимических мероприятий до 2020 года. *Инновационные решения регулирования плодородия почв сельскохозяйственных угодий*. М.: ВНИИА, 2011. 30 с.
16. Loschakov V. G. Einfluss der langjährigen Stoppelfruchtgrün- und Strohdüngung auf die Fruchtbarkeit von Rasenpodsolböden und den Körnerertrag. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*. 2002;48(6):593-602. DOI: <https://doi.org/10.13187/bgt.2015.6.374>
17. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии. *Вопросы теории и практики*. Минск: Белорусская наука, 2009. 404 с.
18. Лошаков В. Г. Зеленое удобрение как фактор биологизации земледелия и повышения плодородия почвы. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2016;(2):65-79. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28911752>
19. Турусов В. И., Гармашов В. М., Абанина О. А., Михина Т. И. Сидеральный пар как прием повышения плодородия почвы и продуктивности озимой пшеницы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016;(3-3 (45)):125-126. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.170>
20. Козлова Л. М. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации земледелия в Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014;(2):30-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21254990>

### References

1. Mishchenko A. E., Kiss N. N., Gaevaya E. A., Vasil'chenko A. P., Mishchenko A. V. *Pochvozashchitnye meropriyatiya pri vozdeleyanii polevykh kul'tur v sisteme konturno-polosnoy organizatsii erozionno opasnoy sklona*. [Soil-protective actions at cultivation of field crops in the system of planimetric-and-band organization of erosion-dangerous slope]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;(2(30)):49-53. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25650656>
2. Loshakov V. G. *Effektivnost' razdel'nogo i sovместnogo ispol'zovaniya sevooborota i udobreniy*. [Efficiency of separate and mutual use of a crop rotation and fertilizers]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;(1):9-13. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25651219>
3. Postnikov D. A., Temirbekova S. K., Loshakov V. G., Norov M. S., Kurilo A. A. *Sravnitel'naya agroekologicheskaya otsenka primeneniya traditsionnykh i perspektivnykh sideral'nykh kul'tur v usloviyakh Moskovskoy oblasti*. [Comparative agroecological assessment of use of traditional and perspective green-manure crops in the conditions of the Moscow region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2014; (8):39-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21956371>
4. Loshakov V. G. *Sevooborot i plodorodie pochvy*. [Crop rotation and soil fertility]. Moscow: VNIIA, 2012. 512 p.
5. Brankatschk G., Finkbeiner M. Modeling crop rotation in agricultural LCAs – challenges and potential solutions. *Agricultural Systems*. 2015;(138):66-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.008>
6. Brankatschk G., Finkbeiner M. Crop rotations and crop residues are relevant parameters for agricultural carbon footprints. *Agronomy for Sustainable Development*. 2017;37:58. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0464-4>
7. Pykhtin I. G., Dubovik D. V., Aydiev A. Ya. *Tekushchie problemy v zemledelii*. [Current problems in crop farming]. *Zemledelie*. 2018;(5):8-11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10502>
8. Turusov V. I., Cheverdin Yu. I. *Sovremennoe sostoyanie pochvennogo pokrova Voronezhskoy oblasti i puti regulirovaniya plodorodiya pochv*. [Current state of soil cover of the Voronezh region and ways of regulation of soil fertility]. *Pochvovedenie v Rossii: vyzovy sovremennosti, osnovnye napravleniya razvitiya: materialy Vseross. nauchn.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem k 85-letiyu Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva*. [Soil science in Russia: present challenges, the main directions of development: Proceedings of All-Russian scientific and practical Conf. with International participation, devoted to the 85th anniversary of V. V. Dokuchaev Soil Science Institute]. Moscow, 2012. p. 97.
9. Baranovskiy I. N. *Torf v plodorodii dernovo-podzolistykh pochv Nechernozemnoy zony: monografiya*. [Peat in fertility of sod-podzolic soils of the Nonchernozem zone]. Tver': *Agrosfera*, 2009. 222 p.
10. Molodkin V. N., Busygin A. S. *Plodorodie pakhotnykh pochv Кировской области*. [Fertility of arable soils of the Kirov region]. *Zemledelie* 2016;(8):16-18. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/plodorodie-pakhotnyh-kirovskoy-oblasti-pochv>
11. *Rekomendatsii po formirovaniyu sevooborotov v adaptivno-landshafnykh sistemakh zemledeliya*. [Recommendations on formation of crop rotations in the adaptive and landscape systems of agriculture]. Kirov: FGBNU «NIISKh Severo-Vostoka», 2015. 40 p.
12. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci*. 2017;(8):284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>

13. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*. 2017;(9):14. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122316>
14. Ovsyanikova G. V., Yankovskiy N. G., Krivosheeva E. D. *Rol' chernogo i zanyatogo parov i uvelicheniya produktivnosti ozimoy pshenitsy i sokhraneniya pochvennogo plodorodiya*. [Role of bare and sown fallows and increase in productivity of winter wheat and soil fertility conservation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;(3(52)):27-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25982842>
15. Sychev V. G., Efremov E. N. *Kontseptsiya programmy agrokhimicheskikh meropriyatiy do 2020 goda*. [The concept of the program of agrochemical actions till 2020]. *Innovatsionnye resheniya regulirovaniya plodorodiya pochv sel'skokhozyaystvennykh ugodyi*. [Innovative solutions of regulation of soil fertility of agricultural lands]. Moscow: *VNIIA*, 2011. 30 p.
16. Loschakov V. G. Einfluss der langjährigen Stoppelfruchtgrün -und Strohdüngung auf die Fruchtbarkeit von Rasenpodsolböden und den Kornerertrag. *Archiv für Acker-und Pflanzenbau und Bodenkunde*. 2002;48(6):593-602. DOI: <https://doi.org/10.13187/bgt.2015.6.374>
17. Dovban K. I. *Zelenoe udobrenie v sovremennom zemledelii. Voprosy teorii i praktiki*. [Green fertilizers in modern agriculture. Problems of theory and practice]. Minsk: Belorusskaya nauka, 2009. 404 p.
18. Loshakov V. G. *Zelenoe udobrenie kak faktor biologizatsii zemledeliya i povysheniya plodorodiya pochvy*. [Green fertilizers as factors of biologization of agriculture and increase of soil fertility]. *Agropromyshlennye tekhnologii Tsentral'noy Rossii = Agro Central Russian Technologies*. 2016;(2):65-79. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28911752>
19. Turusov V. I., Garmashov V. M., Abanina O. A., Mikhina T. I. *Sideral'nyy par kak priem povysheniya plodorodiya pochvy i produktivnosti ozimoy pshenitsy*. [Green-manure fallow as a method of increasing soil fertility and productivity of winter wheat]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Research Journal*. 2016;(3-3 (45)):125-126. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.170>
20. Kozlova L. M. *Effektivnost' polevykh sevooborotov pri razlichnykh urovnyakh intensivifikatsii zemledeliya v Kirovskoy oblasti*. [Efficiency of field crop rotations at various levels of intensification of crop farming in the Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2014;(2):30-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21254990>

**Сведения об авторах:**

✉ **Козлова Людмила Михайловна**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом земледелия, агрохимии и мелиорации 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/0000-0002-6363-0996>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru),

**Носкова Евгения Николаевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории земледелия и мелиорации 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>,

**Попов Фёдор Александрович**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии 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>.

**Information about the authors:**

✉ **Lyudmila M. Kozlova**, DSc in Agricultural science, leading researcher, Head of the Department of Soil Management, Agrochemistry and Amelioration, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-0996>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru),

**Eugenia N. Noskova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Soil Management and Amelioration, 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>,

**Fyodor A. Popov**, PhD in Agricultural science, researcher, Head of the Laboratory of Agrochemistry, 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>.

✉ - Для контактов / Corresponding author

# КОРМОПРОИЗВОДСТВО. КОРМЛЕНИЕ/ FODDER PRODUCTION. FEEDING

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.478-487>

УДК 636.034:636.087



## Эффективность применения кормовой добавки Профорт коровам в период раздоя

© 2019. А. В. Филатов<sup>1</sup>, Н. А. Шемуранова<sup>2</sup> ✉, А. Ф. Сапожников<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 представлены данные по использованию в рационе коров кормовой пробиотической добавки Профорт, содержащей в своем составе штаммы бактерий *Enterococcus faecium* и *Bacillus subtilis*. Исследования проводили в 2019 году на базе СПК Колхоз «Искра» Кировской области. Для проведения эксперимента сформировали две группы высокопродуктивных коров черно-пестрой породы со средним удоем 7500 кг молока за лактацию по 20 животных в каждой. Изучали морфологический состав и иммунобиохимические показатели крови подоитных животных, молочную продуктивность и качественные показатели молока, рассчитывали экономическую эффективность применения пробиотической добавки Профорт. Установлено, что введение в рацион животных добавки Профорт в дозе 30 г на голову в сутки в течение 80 дней периода раздоя способствовало нормализации обменных процессов в их организме, повышению среднесуточных удоев на 9,04-12,86% ( $P < 0,05$ ), увеличению процента жира и белка в молоке соответственно на 0,02-0,15% и 0,03-0,10%, в сравнении со значениями аналогичных показателей животных контрольной группы. При использовании добавки Профорт от коров опытной группы за первые три месяца лактации было получено 72785,08 кг молока в базисной жирности 3,4%, что на 10580,37 кг больше в сравнении с удо-ем животных контрольной группы за тот же период (62204,71 кг). Это позволило увеличить выручку от реализации молока на 17,01%, снизить себестоимость производства 1 кг молока на 2 рубля, или 11,76% и получить 6,04 рублей дополнительной прибыли на каждый рубль дополнительных затрат. Увеличение прибыли и снижение себестоимости производства молока способствовало повышению рентабельности производства на 18,01%.*

**Ключевые слова:** пробиотики, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, гематологические показатели, молочная продуктивность, экономическая эффективность

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема № 0767-2019-0088) и в соответствии с планом научных исследований кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии ФГБОУ ВО Вятская ГСХА (номер государственной регистрации 01201176109).

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

**Для цитирования:** Филатов А. В., Шемуранова Н. А., Сапожников А. Ф. Эффективность применения кормовой добавки Профорт коровам в период раздоя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):478-487. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.478-487>

Поступила: 08.07.2019

Принята к публикации: 26.09.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## The efficiency of Profort additive in feeding cows during the period of increasing the milk yield

© 2019. Andrey V. Filatov<sup>1</sup>, Natalia A. Shemuranova<sup>2</sup> ✉, Alexander F. Sapozhnikov<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 data on the use of Profort feed probiotic additive containing strains of *Enterococcus faecium* and *Bacillus subtilis* bacteria in feeding cows during the period of increasing the milk yield. The research was conducted in 2019 on the basis of Agricultural Production Cooperative Collective farm "Iskra", Kirov region. Two groups of highly productive black-and-white motley cows with the average milk yield of 7500 kg for a lactation of 20 animals each were formed for the experiment. The morphological composition and immuno-biochemical parameters of blood of the experimental animals as well as milk productivity and quality indicators of milk were studied, the economic efficiency of Profort probiotic additive use was calculated. It has been established that the inclusion of Profort additive into the animal diet at a dose of 30 g per head per day during 80 days of the period of increasing the milk yield contributes to the normalization of metabolic processes in their bodies, increasing the average daily milk yield by 9.04 – 12.86% ( $P < 0.05$ ), an increase in the percentage of fat and protein in milk by 0.02-0.15% and*

0.03-0.10%, respectively, compared with the similar indicators of animals in the control group. When using Profort, from the cows of the experimental group in the first three months of lactation 72785.08 kg of milk in a basic fat content of 3.4% were obtained, that was 10580.37 kg of milk more as compared with the milk yield of animals from the control group for the same period (62204.71 kg). It allowed to increase the revenue from the sale of milk by 17.01%, to reduce the cost of production of 1 kg of milk by 2 rubles or 11.76% and to get 6.04 rubles of additional profit for each ruble of additional costs. The increase in profit and reduction in the cost of milk production contributed to an increase in profitability by 18.01%.

**Key words:** probiotics, *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, hematological parameters, milk production, economic efficiency

**Acknowledgement:** the research was carried out within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme № 0767-2019-0088) and according to the research plan of the Department of Zoohygiene, Physiology and Biochemistry of the Vyatka State Agricultural Academy (state registration № 01201176109).

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

**For citation:** Filatov A. A., Shemuranova N. A., Sapozhnikov A. F. The efficiency of Profort additive in feeding cows during the period of increasing the milk yield. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(5); 478-487. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.478-487>

Received: 08.07.2019

Accepted for publication: 26.09.2019

Published online: 18.10.2019

Интенсификация отрасли скотоводства, обусловленная постоянным ростом населения и его потребностей в продуктах питания, привела за последние полвека к быстрому росту молочной продуктивности коров [1]. В результате сложилась ситуация, когда в ранний период лактации удои коров продолжает увеличиваться даже после того, как усвоенная обменная энергия корма не покрывает затраты животного на молочную продуктивность. Как следствие, в ранний период лактации у животных наблюдается отрицательный энергетический баланс, а дефицит энергии компенсируется за счет резервов тела, что приводит к снижению живой массы, упитанности, развитию нарушений обмена веществ и репродуктивной функции животных [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Ввиду вышеизложенного, научно-практический интерес приобретает применение биоактивных веществ (БАВ), оптимизирующих процессы пищеварения и метаболизма, увеличивающих питательную ценность и усвояемость составляющих компонентов рациона, повышающих эффективность использования кормов и, тем самым, способствующих повышению продуктивных показателей сельскохозяйственных животных [7, 8]. К подобным БАВ, наряду с другими средствами, относятся добавки, в состав которых входят микроорганизмы, способствующие в результате своей жизнедеятельности нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта и повышению использования питательных веществ рациона [9, 10, 11, 12].

Одним из таких средств является Профорт<sup>1</sup> – мультифункциональная кормовая до-

бавка, производимая компанией «Биотроф» (Санкт-Петербург, г. Пушкин) [13]. Данная кормовая добавка сочетает в себе качества фермента и пробиотика. В состав добавки Профорт входят штаммы двух видов бактерий: *Enterococcus faecium* и *Bacillus subtilis*. Пробиотические добавки на основе штаммов бактерии *Bacillus subtilis* на сегодняшний день являются одними из наиболее перспективных и изучаемых. Механизм действия данной бактерии обусловлен синтезом противомикробных веществ за счет выделения рибосомально и нерибосомально синтезируемых пептидов и непептидных веществ, активных в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также вирусов и грибов [14, 15, 16, 17, 18, 19]; стимуляцией роста нормальной кишечной микрофлоры (бактерий родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*) [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]; усилением неспецифической и специфической резистентности, происходящей за счет активации макрофагов, Т- и В-лимфоцитов [27, 28, 29]; выделением пищеварительных ферментов (амилазы, липазы, протеазы, пектиназы и целлюлазы), которые, кроме улучшения функции переваривания пищи, разрушают аллергенные вещества, содержащиеся в корме [30, 31, 32]. Механизм действия бактерий вида *Enterococcus faecium* сводится к поддержанию и регулированию физиологического равновесия микрофлоры кишечника, созданию неблагоприятных условий для жизнедеятельности патогенных микроорганизмов, участию в синтезе витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, К, Е, D, фолиевой и аскорбиновой кислот, биотина, улучшению всасывания железа [33].

<sup>1</sup>Кормовая добавка Профорт – объединяет лучшие свойства двух штаммов бактерий [Электронный ресурс]: URL: <http://biotrof.ru/produkcija/profort> (дата обращения: 13.05.2019)

*Цель исследований* – изучить влияние кормовой добавки Профорт на гематологический статус и продуктивные показатели коров в период раздоя.

*Материал и методы.* Исследования проводили в СПК Колхоз «Искра» Кировской области на высокопродуктивных коровах голштинизированной черно-пестрой породы со средним удоем 7500 кг за лактацию без отклонений их клинического состояния от нормы. Для проведения эксперимента по методу групп-аналогов сформировали 2 группы животных – опытная и контрольная, по 20 голов в каждой. Коровы 1-й опытной группы в дополнение к основному рациону в течение 80 дней периода раздоя получали пробиотическую добавку Профорт в дозе 30 г на голову в сутки, согласно инструкции по применению указанной добавки<sup>2</sup>. Коровы 2-й группы служили контролем и получали только основной рацион.

Условия содержания коров обеих подопытных групп были идентичными, при использовании круглогодичной стойловой системы и привязного способа содержания.

Принятый на предприятии суточный рацион коров с удоем 24-25 кг в сутки, включал в себя (на 1 голову): сено разнотравное из многолетних трав – 1 кг; сенаж из многолетних бобово-злаковых трав – 27 кг; зерносмесь, содержащую в своем составе 45% ячменя, 30% кукурузы и 25% пшеницы – 7 кг; подсолнечный жмых – 2 кг; свекловичную патоку – 1 кг; соль поваренную – 0,13 кг.

У 10 коров из каждой группы в конце первого, второго и третьего месяца лактации брали кровь для исследований из хвостовой вены. Количество эритроцитов и лейкоцитов, а также уровень гемоглобина определяли на автоматическом гематологическом анализаторе Abacus Junior B с использованием стандартных реагентов. При проведении иммунобиохимических исследований в сыворотке крови определяли уровень общего белка,

аланинаминотрансферазы (АЛТ), щелочной фосфатазы, общего билирубина, кальция и фосфора – с помощью коммерческих наборов фирмы «Vital» на спектрофотометре ПЭ 5400 УФ, белковых фракций – нефелометрическим методом по Оллу и Маккорду в модификации С. А. Карпюка<sup>3</sup>, общих иммуноглобулинов – с применением натрия сульфата<sup>4</sup>.

По данным ежемесячных контрольных доек, рассчитывали среднесуточный и среднемесячный удои молока натуральной жирности, массовую долю жира и белка в молоке определяли в лаборатории ОАО «Кировплем» с использованием прибора Лактан 1-4 М.

Цифровой материал исследований обрабатывали методами вариационной статистики, принятыми в биологии и зоотехнии с использованием t-критерия Стьюдента, с применением программного пакета «Microsoft Office Excel».

*Результаты и их обсуждение.* При определении влияния добавки Профорт на гематологические показатели установили, что содержание в крови количества гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов у коров опытной и контрольной групп находилось в пределах физиологических значений<sup>5</sup> на протяжении всего периода исследований при отсутствии достоверных различий между группами (табл. 1).

Количество гемоглобина в крови животных опытной группы в 1-й месяц лактации составляло 112,11 г/л, контрольной – 116,54 г/л. В течение лактации его уровень снижался в группах на 13,65% (P<0,001) и 12,22% (P<0,01) соответственно. На этом фоне количество эритроцитов в опытной группе имело тенденцию к увеличению на 3,59% во второй и 10,21% в третий месяц лактации, контрольной – к понижению в эти же периоды на 9,76 и 1,30% соответственно. Количество лейкоцитов к третьему месяцу лактации увеличилось в опытной группе на 30,24% (P<0,05), в контрольной – на 13,98% по отношению к исходным значениям.

<sup>2</sup>Там же. URL: <http://biotrof.ru/produkcija/profort>

<sup>3</sup>Карпюк С. А. Определение белковых фракций сыворотки крови экспресс методом. Лабораторное дело. 1962;(7):363-367.

<sup>4</sup>Меньшиков В. В., Делекторская Л. Н., Золотницкая Р. П., Андреева З. М., Анкирская А. С., Балаховский И. С., Белокриницкий Д. В., Воропаева С. Д., Гаранина Е. Н., Лукичева Т. И., Плетнева Н. Г., Смоляницкий А. Я. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник. Под ред. В.В. Меньшикова. М.: Медицина, 1987. 368 с.

<sup>5</sup>Морфологические и биохимические показатели крови и костного мозга животных: Методические рекомендации. Сост.: А. А. Кудрявцев и Л. А. Кудрявцева. Всесоюзный институт экспериментальной ветеринарии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина. М., 1972. 19 с.

*Таблица 1 – Морфологические показатели крови коров при применении добавки Профорт (n = 10) / Table 1 – Morphological indicators of blood of cows when using Profort feed additive (n = 10)*

Показатель / Indicator	Период лактации / Lactation period		
	1-й месяц / 1st month	2-й месяц / 2nd month	3-й месяц / 3d month
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	$\frac{112,11 \pm 1,42^{xxx}}{116,54 \pm 3,43^{xx}}$	$\frac{95,40 \pm 2,02}{94,30 \pm 4,37}$	$\frac{96,80 \pm 1,70}{102,30 \pm 2,91}$
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ / Erythrocytes, $\times 10^{12}/l$	$\frac{5,29 \pm 0,33}{6,15 \pm 0,45}$	$\frac{5,48 \pm 0,31}{5,55 \pm 0,37}$	$\frac{5,83 \pm 0,15}{6,07 \pm 0,25}$
Лейкоциты, $\times 10^9/л$ / Leukocytes, $\times 10^9/l$	$\frac{8,20 \pm 0,60^x}{8,51 \pm 0,31}$	$\frac{8,67 \pm 0,56^x}{7,94 \pm 0,57}$	$\frac{10,68 \pm 0,62}{9,70 \pm 0,99}$

Примечания: в числителе показатели опытной группы, в знаменателе – контрольной. Различия достоверны по отношению к собственным значениям по месяцам лактации при  $^xP < 0,05$ ;  $^{xx}P < 0,01$ ;  $^{xxx}P < 0,001$  / Note: in the numerator there are indicators of the experimental group, in the denominator – of the control. The differences are significant in relation to their own values for lactation months at  $^xP < 0,05$ ;  $^{xx}P < 0,01$ ;  $^{xxx}P < 0,001$

При проведении иммуно-биохимических исследований установили, что уровень общего белка в сыворотке на протяжении всего периода исследований в опытной и контрольной группах превышал физиологическую норму в 1,3-1,7 раза (табл. 2). Высокое содержание общего белка, по-видимому, связано с избыточным поступлением белка с кормом и более интенсивным обменом веществ в период раздоя коров. При этом в опытной группе его уровень незначительно колебался с первого по третий месяц лактации от 110,44 до 113,16 г/л, у животных контрольной группы содержание общего белка снизилось ко второму месяцу лактации на 5,07%, а к третьему месяцу снижение количества белка было еще более значительным – на 13,93% ( $P < 0,01$ ). Снижение уровня общего белка в сыворотке у контрольных животных свидетельствует о его более низкой усвояемости и значительно больших тратах организмом, связанных с молочной продуктивностью по сравнению с коровами опытной группы, получавшими кормовую добавку Профорт.

В протеинограмме всех опытных животных отмечали незначительные изменения, характерные для раннего периода лактации, которые не имели принципиальных различий как в исследуемых группах в течение периода раздоя, так и между группами.

Нормативное содержание альбуминов<sup>6</sup> в сыворотке свидетельствовало о физиологически адекватном их синтезе в процессе метаболизма белка из корма. В опытной и контрольной группах уровень альбуминов в сыворотке ко второму месяцу лактации снизился соответственно на 9,43 и 6,17%, а к третьему месяцу

лактации вновь повысился практически до исходного уровня на 8,32 и 7,59% соответственно.

Уровень глобулинов  $\beta$ -фракции в опытной группе варьировал в диапазоне 12,78-13,96%, тогда как в контрольной группе ко второму месяцу лактации произошел рост уровня  $\beta$ -глобулинов на 28,19% ( $P < 0,01$ ) по отношению к первоначальному значению. При этом к третьему месяцу лактации значение данного показателя вернулось к исходному уровню.

Количество общих иммуноглобулинов не имело достоверных различий как в разные периоды лактации, так и между группами. Стабильное содержание в сыворотке иммунных белков свидетельствует об отсутствии антигенной нагрузки на организм коров.

Активность фермента аланинаминотрансферазы в крови коров опытной и контрольной групп на протяжении периода раздоя животных имела тенденцию к увеличению, что свидетельствовало о возрастающей нагрузке на печень. Так, в опытной группе содержание АЛТ составляло 43,01 Ед/л, во второй месяц лактации уровень фермента повысился на 26,98% ( $P < 0,05$ ), в третий месяц – на 34,16% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с начальным уровнем. Подобная тенденция наблюдалась и в контрольной группе, где в первый месяц лактации уровень АЛТ составлял 41,29 Ед/л, во второй месяц лактации её количество возросло на 30,26% ( $P < 0,05$ ), к окончанию третьего месяца – на 34,84% ( $P < 0,05$ ). При этом активность данного фермента в конце периода исследования превышала референсные значения в опытной и контрольной группах на 7,69 и 5,57 Ед/л соответственно.

<sup>6</sup>Там же. 19 с.

Полученный результат свидетельствует о нарушении целостности плазматической мембраны гепатоцитов и является патофизиологической основой синдрома цитолиза, который обуславливает выход фермента из поврежденных

клеток [33]. Идентичная картина динамики активности АЛТ в сыворотке опытной и контрольной группах, по-видимому, связана с повышенным содержанием протеина в рационе у высокопродуктивных коров.

Таблица 2 – Динамика иммуно-биохимических показателей крови коров при применении добавки Профорт (n = 10) /

Table 2 – Dynamics of immuno-biochemical parameters of blood of cows when using Profort additive (n = 10)

Показатель / Indicator	Период лактации / Lactation period		
	1-й месяц / 1st month	2-й месяц / 2nd month	3-й месяц / 3d month
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	$\frac{110,44 \pm 5,22}{123,20 \pm 4,05^{xx}}$	$\frac{113,16 \pm 1,54}{116,95 \pm 4,40}$	$\frac{110,78 \pm 3,75}{106,13 \pm 3,92}$
Альбумины, % / Albuminen, %	$\frac{50,03 \pm 1,61}{47,99 \pm 2,53}$	$\frac{45,63 \pm 1,60}{45,03 \pm 3,00}$	$\frac{49,08 \pm 2,52}{48,45 \pm 2,55}$
$\alpha$ -глобулины, % / $\alpha$ -globulins, %	$\frac{10,07 \pm 0,77^{xx}}{7,98 \pm 0,97^{xxx}}$	$\frac{6,77 \pm 0,99^{xxx}}{8,79 \pm 1,23^{xx}}$	$\frac{13,87 \pm 0,97}{13,98 \pm 0,83}$
$\beta$ -глобулины, % / $\beta$ -globulins, %	$\frac{13,84 \pm 0,79}{10,96 \pm 0,88}$	$\frac{12,78 \pm 0,96}{14,05 \pm 0,56^{xxx}}$	$\frac{13,96 \pm 0,38}{10,10 \pm 0,66}$
$\gamma$ -глобулины, % / $\gamma$ -globulins, %	$\frac{26,06 \pm 1,90}{33,07 \pm 2,96}$	$\frac{35,14 \pm 2,48}{32,12 \pm 3,10}$	$\frac{23,09 \pm 2,89}{27,55 \pm 2,72}$
Альбумин-глобулиновое соотношение / Albumin-globulin ratio	$\frac{1,02 \pm 0,07}{0,96 \pm 0,09}$	$\frac{0,84 \pm 0,05}{0,87 \pm 0,10}$	$\frac{1,00 \pm 0,09}{0,98 \pm 0,09}$
Общие иммуноглобулины, мг% / Total immunoglobulins, mg%	$\frac{321,62 \pm 21,14}{392,41 \pm 38,01}$	$\frac{353,48 \pm 38,38}{365,04 \pm 31,49}$	$\frac{337,98 \pm 31,85}{304,18 \pm 37,01}$
АЛТ, Ед/л / ALT, U/L	$\frac{43,01 \pm 4,00^x}{41,29 \pm 4,38^x}$	$\frac{54,60 \pm 2,81}{53,81 \pm 2,29}$	$\frac{57,69 \pm 3,21}{55,70 \pm 3,71}$
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	$\frac{47,85 \pm 3,36^{xx}}{53,52 \pm 4,76}$	$\frac{54,69 \pm 3,31^x}{62,82 \pm 3,10}$	$\frac{78,63 \pm 4,07}{70,74 \pm 4,72}$
Билирубин общий, ммоль/л / Bilirubin total, mmol/l	$\frac{7,61 \pm 0,68^{*,xxx}}{11,09 \pm 0,70^{xx}}$	$\frac{13,90 \pm 1,65}{17,19 \pm 2,59}$	$\frac{16,49 \pm 1,87}{19,12 \pm 2,55}$
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	$\frac{3,09 \pm 0,14^{*,x}}{3,84 \pm 0,29}$	$\frac{4,19 \pm 0,13}{4,01 \pm 0,30}$	$\frac{3,75 \pm 0,20}{3,88 \pm 0,13}$
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	$\frac{1,12 \pm 0,17}{1,37 \pm 0,17}$	$\frac{1,64 \pm 0,04}{1,52 \pm 0,11}$	$\frac{1,44 \pm 0,09}{1,24 \pm 0,08}$

Примечания: в числителе показатели опытной группы, в знаменателе – контрольной. Различия опытной группы с контролем в один и тот же период достоверны при \*P<0,05; \*\*P<0,01; различия достоверны по отношению к собственным значениям по месяцам лактации при <sup>x</sup>P<0,05; <sup>xx</sup>P<0,01; <sup>xxx</sup>P<0,001 / Note: in the numerator there are indicators of the experimental group, in the denominator – of the control. The differences of the experimental group with the control in the same period are significant when \*P<0.05; \*\*P<0.01; the differences are significant in relation to their own values for lactation months at <sup>x</sup>P<0.05; <sup>xx</sup>P<0.01; <sup>xxx</sup>P<0.001

Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке животных обеих групп соответствовало нормативным значениям<sup>7</sup> для данного физиологического состояния коров. Однако данный показатель у коров в период раздоя повышался. Так, в опытной группе содержание щелочной фосфатазы увеличилось на 14,29 (P<0,01) и 64,32% (P<0,01), в контрольной – на 17,38 и 32,17% по отноше-

нию к первоначальным значениям. Наиболее выраженное достоверное увеличение щелочной фосфатазы регистрировалось у коров, в рацион которых была введена кормовая добавка Профорт. Полученные данные не связаны с применением добавки, а являются результатом недостатка в рационе углеводсодержащих кормов с легкоусвояемыми основами.

<sup>7</sup>Там же. 19 с.

Уровень общего билирубина в сыворотке при первоначальном исследовании варьировал в пределах референсных значений<sup>8</sup>, однако его содержание в контрольной группе было в 1,46 раза ( $P<0,01$ ) выше, чем в опытной. В процессе лактации происходило нарастание общего билирубина как у коров опытной группы в 1,82-2,16 раза ( $P<0,001$ ), так и у животных контрольной – в 1,55-1,72 раза по отношению к первоначальным значениям. Данный показатель выходит за пределы физиологических значений, что приводит к ослаблению метаболических процессов в пораженных гепатоцитах, которые теряют способность нормально выполнять различные биохимические и физиологические функции.

В сыворотке крови коров содержание кальция и фосфора находились в пределах физиологических значений, а в период раздоя имели волнообразные изменения. В первый месяц лактации в подопытной группе содержание кальция в сыворотке было ниже на 0,75 ммоль/л ( $P<0,05$ ), чем в контрольной. Во второй месяц лактации наблюдался рост значений данного показателя у животных опытной и контрольной групп на 35,6 и 4,43% соответственно. К завершению периода раздоя

содержание кальция в обеих группах находилось на одинаковом уровне. Содержание фосфора имело подобную динамику как в опытной группе, так и в контрольной: у опытных животных уровень фосфора в сыворотке крови изменялся в пределах 1,12-1,52 ммоль/л, а у коров контрольной группы варьировал в границах – 1,24-1,52 ммоль/л.

Положительные изменения гематологических показателей новотельных коров под влиянием пробиотической добавки Профорт характеризовались повышенным биосинтезом молочной продукции в их организме (табл. 3). Так, если среднесуточный удой в первый месяц лактации в контрольной группе составлял  $27,67 \pm 1,64$  кг, то в опытной группе данный показатель был выше на 9,04%. Подобная тенденция наблюдалась во второй и третий месяцы лактации: различия между среднесуточными удоями опытной и контрольной групп составили 11,70 и 12,87% ( $P<0,05$ ) соответственно. Высокие показатели среднесуточных удоев обеспечили рост месячных удоев в опытной группе коров и увеличение валового надоя молока, который за весь период раздоя составил 59838 кг, что на 5,53% выше, чем в контрольной группе.

**Таблица 3 – Молочная продуктивность коров в период раздоя по месяцам лактации при применении добавки Профорт (n = 20) / Table 3 – Milk productivity of cows in the period of increasing the milk yield by months of lactation when using Profort additive (n = 20)**

Показатель / Indicator	Период лактации / Lactation period		
	1-й месяц / 1st month	2-й месяц / 2nd month	3-й месяц / 3d month
Среднесуточный удой молока натуральной жирности, кг / Average daily milk yield of natural fat content, kg	$30,17 \pm 0,81$ $27,67 \pm 1,64$	$34,00 \pm 1,12$ $34,44 \pm 1,54$	$35,56 \pm 0,93^*$ $32,39 \pm 1,22$
Валовой надой молока натуральной жирности за первые 3 месяца лактации, кг / The gross milk yield of natural fat content for the first 3 months of lactation, kg	$59838,00$ $56700,00$		

Примечания: в числителе показатели опытной группы, в знаменателе – контрольной. Различия опытной группы с контролем в один и тот же период достоверны при  $*P<0,05$  / Note: in the numerator there are indicators of the experimental group, in the denominator – of the control. The differences of the experimental group with the control in the same period are significant when  $*P<0,05$

Также установлено, что применение пробиотической добавки Профорт коровам в период раздоя способствует улучшению качественных показателей молока, а именно наблюдается тенденция к увеличению в молоке массовой доли белка и жира. Содержание жира в молоке

коров опытной группы в период раздоя варьировало в пределах  $3,82 \pm 0,26 \dots 4,21 \pm 0,22\%$  и в первый месяц лактации превышало данный показатель контрольной группы в тот же период на 0,05%, во второй месяц разница составила 0,15%, в третий – 0,02%.

<sup>8</sup>Там же. 19 с.

Подобная тенденция прослеживалась и в изменении содержания белка в молоке: у коров опытной группы значение данного показателя колебалось в границах от 2,94±0,10 до 3,13±0,09%, различия с контрольной группой в первый, второй и третий месяцы лактации

составили 0,10%, 0,03 и 0,03% соответственно в пользу опытных животных.

Повышение количественных и улучшение качественных показателей молока позволило существенно увеличить экономическую эффективность его производства (табл. 4).

**Таблица 4 – Производственно-экономические показатели применения добавки Профорт коровам в период раздоя / Table 4 – Productive-economic indicators of using Profort additive for cows in the period of increasing the milk yield**

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	опытная / experimental	контрольная / control
Валовое производство молока в базисной жирности за первые три месяца лактации, кг / Gross milk production in basic fat content in the first three months of lactation, kg	72785,08	62204,71
Цена реализации 1 кг молока в базисной жирности, руб. / Selling price of 1 kg of milk in basic fat content, rub.	23,00	
Выручка от реализации молока в базисной жирности, руб. / Revenue from the sale of milk in basic fat content, rub.	1674056,84	1430708,33
Затраты на приобретение добавки Профорт, руб. / The cost of purchase the Profort additive, rub.	34560	-
Затраты на производство молока в базисной жирности, руб. / The cost of production of milk in basic fat content, rub.	1092040,07	1057480,07
Прибыль от реализации молока в базисной жирности, руб. / Profit from the sale of milk in basic fat content, rub.	582016,77	373228,26
Дополнительная прибыль за счет использования добавки, руб. / Additional profit due to the use of the additive, rub.	208788,51	-
Получено дополнительной прибыли на 1 руб. дополнительных затрат, руб. / Received additional profit on 1 rub. of additional costs, rub.	6,04	-
Себестоимость производства 1 кг молока в базисной жирности, руб. / The cost of production of 1 kg of milk in basic fat content, rub.	15,00	17,00
Рентабельность, % / Profitability, %	53,30	35,29

Валовое производство молока в базисной жирности 3,4% за три месяца лактации в опытной группе было выше в сравнении с показателями контрольных животных на 10580,37 кг, что при одинаковой цене реализации позволило увеличить выручку на 17,01% при снижении себестоимости производства 1 кг молока в хозяйстве с 17 до 15 руб. Это способствовало повышению рентабельности производства на 18,01%, а дополнительная прибыль на 1 руб. дополнительных затрат составила 6,04 руб.

**Заключение.** Таким образом, применение коровам пробиотической добавки Профорт в первые три месяца лактации обеспечивало физиологически обоснованное течение

метаболических процессов в их организме. Это способствовало повышению среднесуточных удоев в первые 3 месяца лактации на 2,50-3,17 кг и валового надоя молока натуральной жирности на 3138,00 кг. Улучшение качественных характеристик получаемой молочной продукции выразилось в повышенном содержании белка и жира в молоке животных опытной группы (разница с коровами контрольной группы составила соответственно 0,02-0,15 и 0,03-0,10 абс.%), что способствовало увеличению валового надоя молока в базисной жирности на 17,01%, или 10580,37 кг. Это, в свою очередь, позволит снизить себестоимость производства 1 кг молока на 2 руб. и повысить рентабельность на 18,01%.

*Список литературы*

1. Roche J. R., Friggens N. C., Kay J. K., Fisher M. W., Stafford K. J., Berry D. P. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 2009;92 (12):5769-5801. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
2. Butler W. R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2003;83:211-218. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
3. Butler W. R., Smith R. D. Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1989;72:767-783. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79169-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79169-4)
4. Fenwick M. A., Llewellyn S., Fitzpatrick R., Kenny D. A., Murphy J. J., Patton J., Wathes D. C. Negative energy balance in dairy cows is associated with specific changes in IGF-binding protein expression in the oviduct. *Reproduction.* 2008;135:63-75. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00064.2009>
5. Sartory R., Sartor-Bergfeld R., Mertens S. A., Guenther J. N., Parrish J. J., Wiltbank M. C. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.* 2002;85(11):2803-2812. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74367-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74367-1)
6. Дурсенев М. С., Филатов А. В. Коррекция репродуктивной функции коров при использовании биодобавки Вэрва. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.* 2017;(1):87-90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28896930>
7. Дурсенев М. С., Филатов А. В. Использование биодобавки «Вэрва» для активации репродуктивной функции коров и роста молочной продуктивности. *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины.* 2017;53(2):169-172. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30058552>
8. Эрнст Л. К., Самуйленко А. Я., Егоров И. А., Андрианова Е. Н., Салеева И. П. Лизин синтезирующий препарат Пролизер при выращивании бройлеров. *Птицеводство.* 2011;(4):35-36. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16527778>
9. Сапожников А. Ф., Филатов А. В., Шемуранова Н. А. Применение пробиотического препарата Олин при выращивании молодняка перепелов мясного направления. *Современные научно-практические достижения в ветеринарии: сб. статей Междунар. научн.-практ. конф. Киров, 2018. С. 82-89.*
10. Сапожников А. Ф., Филатов А. В., Шемуранова Н. А. *Применение пробиотического препарата Олин при выращивании молодняка перепелов мясного направления.* [Use of Olin probiotic preparation in raising young quails in table poultry production]. *Sovremennyye nauchno-prakticheskie dostizheniya v veterinarii: sb. statey Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.* [Modern scientific and practical achievements in Veterinary Medicine: Collection of articles of the International scientific and practical Conference]. Киров, 2018. pp. 82-89.
11. Косилов В. И., Миронова И. В. Эффективность использования энергии рационов коровами чёрнопёстрой породы при скармливании пробиотической добавки Ветоспорин-актив. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2015;(2 (52)):179-182. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23401180>
12. Косилов В. И., Миронова И. В. *Эффективность использования энергии рационов коровами чёрнопёстрой породы при скармливании пробиотической добавки Ветоспорин-актив.* [The efficiency of consuming the energy of the diets by black-motley breed cows when fed with Vetosporin-active probiotic supplement]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2015;(2 (52)):179-182. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23401180>
13. Косилов В. И., Миронова И. В. Потребление питательных веществ и баланс азота у коров чёрнопёстрой породы при введении в их рацион пробиотического препарата Ветоспорин-актив. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2015;(3 (53)):122-124. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23828379>
14. Косилов В. И., Миронова И. В. *Потребление питательных веществ и баланс азота у коров чёрнопёстрой породы при введении в их рацион пробиотического препарата Ветоспорин-актив.* [Nutrient consumption and nitrogen balance in cows of black-motley breed by addition of Vetosporin-active probiotic preparation into the diet]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2015;(3 (53)):122-124. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23828379>

12. Солдатова В. В., Соболев Д. В., Новикова Н. И., Ильина Л. А., Филиппова В. А., Горбачева Е. Е., Мовсисян А. Г. Влияние кормовой добавки Профорт® на микрофлору рубца и продуктивность дойных коз. Молочное и мясное скотоводство. 2018;(5):24-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35606279>
- Soldatova V. V., Sobolev D. V., Novikova N. I., Il'ina L. A., Filippova V. A., Gorbacheva E. E., Movsisyan A. G. *Vliyanie kormovoy dobavki Profort® na mikrofloru rubtsa i produktivnost' doynnykh koz.* [The effect of Profort® feed additive on the microflora of rumen and productivity of milking goats]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2018;(5):24-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35606279>
13. Лаптев Г., Новикова Н., Селиванов Д., Солдатова В., Большаков В. Профорт® в кормлении коров. Животноводство России. 2017;(2):46-47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30006665>
- Lapteev G., Novikova N., Selivanov D., Soldatova V., Bol'shakov V. *Profort® v kormlenii korov.* [Profort® in feeding cows]. *Zhivotnovodstvo Rossii.* 2017;(2):46-47. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30006665>
14. Stein T. Bacillus subtilis antibiotics: structures, syntheses and specific functions. Mol. Microbiol. 2005;56(4):845-857. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x>
15. Awais M., Pervez A., Yaqub Asim, Shah M. M. Production of Antimicrobial Metabolites by Bacillus subtilis Immobilized in Polyacrylamide Gel. Pakistan J. Zool. 2010;42(3):267-275. Режим доступа: <https://mafiadoc.com/production-of-antimicrobial-metabolites-by-bacillus-subtilis-5b8e2e40097c47f0398b476f.html>
16. Леляк А. А., Штерншиш М. В. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus spp.* в отношении возбудителей болезней животных и растений. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014;(1):42-55. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22888268>
- Lelyak A. A., Shternshis M. V. *Antagonisticheskiy potentsial sibirskikh shtammov Bacillus spp. v otnoshenii vzbuditeley bolezney zhivotnykh i rasteniy.* [Antagonistic potential of Siberian strains of Bacillus spp. concerning pathogens of animals and plants]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology.* 2014;(1):42-55. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22888268>
17. Baruzzi F., Quintieri L., Morea M., Caputo L. Antimicrobial Compounds Produced by Bacillus spp. and Applications in Food. Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances (Vilas A.M., ed.). Badajoz, Spain: Formatex, 2011. P. 1102-1111. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/7e45/7bdb20f3a5fe3ce0c5bd542748021c4adefb.pdf>
18. Wang G. Human Antimicrobial Peptides and Proteins. Pharmaceuticals. 2014;7(5):545-594. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph7050545>
19. Sumi C. D., Yang B. W., Yeo I. C., Hahm Y. T. Antimicrobial peptides of the genus Bacillus: a new era for antibiotics. Can. J. Microbiol. 2015;61(2):93-103. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2014-0613>
20. Horosheva T. V., Vodyanoy V., Sorokulova I. Efficacy of Bacillus probiotics in prevention of antibiotic-associated diarrhoea: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. JMM Case Reports. 2014;1(3). 6 p. DOI: <https://doi.org/10.1099/jmmcr.0.004036>
21. Jeong J. S., Kim I. H. Effect of Bacillus subtilis C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, noxious gas emission, and intestinal microflora in broilers. Poult.Sci. 2014;93(12):3097-3103. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04086>
22. Hu Y., Dun Y., Li S., Zhao Sh., Peng N., Liang Yu. Effects of Bacillus subtilis KN-42 on Growth Performance, Diarrhea and Faecal Bacterial Flora of Weaned Piglets. Asian-Australas J. Anim. Sci. 2014;27(8):1131-1140. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13737>
23. Yang J. J., Niu C. C., Guo X. H. Mixed culture models for predicting intestinal microbial interactions between Escherichia coli and Lactobacillus in the presence of probiotic Bacillus subtilis. Benef. Microbes. 2015;6(6):871-877. DOI: <https://doi.org/10.3920/BM2015.0033>
24. Zhang Y. R., Xiong H. R., Guo X. H. Enhanced viability of Lactobacillus reuteri for probiotics production in mixed solid-state fermentation in the presence of Bacillus subtilis. Folia Microbiol. (Praha). 2014;59(1):31-36. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12223-013-0264-4>
25. Huang Q., Xu X., Mao Y. L., Huang Yi., Rajput I. R., Li W-f. Effects of Bacillus subtilis B10 spores on viability and biological functions of murine macrophages. Animal Science Journal. 2013;84(3):247-252. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01064.x>
26. Jones S. E., Paynich M. L., Kearns D. B., Knight K. L. Protection from intestinal inflammation by bacterial exopolysaccharides. Journal of Immunology. 2014;192(10):4813-4820. DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1303369>
27. Sebastian A. P., Keerthi T. R. Immunomodulatory effect of probiotic strain Bacillus subtilis MBTU PBBMI spores in Balb/C Mice. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). 2014;2(11):258-260. URL: [https://www.researchgate.net/publication/273139934\\_immunomodulatory\\_effect\\_of\\_probiotic\\_strain\\_Bacillus\\_subtilis\\_MBTU\\_PBBMI\\_spores\\_in\\_Balbc\\_Mice](https://www.researchgate.net/publication/273139934_immunomodulatory_effect_of_probiotic_strain_Bacillus_subtilis_MBTU_PBBMI_spores_in_Balbc_Mice)
28. Ulloa Rojas J. B., Verreth J. A., Amato S., Huisman E. A. Biological treatments affect the chemical composition of coffee pulp. Bioresourtion technology. 2003;89(3):267-274. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00070-1)
-

29. Phomraksa P., Nagano H., Boonmars T., Kamboonruang C. Identification of proteolytic bacteria from thai traditional fermented foods and their allergenic reducing potentials. *Journal of food science*. 2008;73(4):M189-M195. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00721.x>

30. Liu Y. P., Liu X., Dong L. Lactulose plus live binary *Bacillus subtilis* in the treatment of elders with functional constipation. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2012;92(42):2961-2964. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23328284>

31. Селиверстов П. В., Чихачева Е. А., Тетерина Л. А., Ситкин С. И., Радченко В. Г. Возможные пути коррекции дисбиоза кишечника и печеночной энцефалопатии у больных хроническими заболеваниями печени. *Гастроэнтерология Санкт-Петербурга*. 2011;(1):6-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29730005>

Seliverstov P. V., Chikhacheva E. A., Teterina L. A., Sitkin S. I., Radchenko V. G. *Vozmozhnye puti korrektsii disbioza kishchechnika i pechenochnoy entsefalopatii u bol'nykh khronicheskimi zabolevaniyami pecheni*. [Possible ways of correction of intestinal dysbiosis and hepatic encephalopathy in patients with chronic liver diseases]. *Gastroenterologiya Sankt-Peterburga*. 2011;(1):6-10. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29730005>

32. Chen Y. J., Min B. J., Cho J. H., Kwon O. S., Son K. S., Kim I. H., Kim S. J. Effects of dietary *Enterococcus faecium* SF68 on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and faecal noxious gas content in finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006;19(3):406-411. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.406>

33. Громыко Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2005;(2):80-94. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21237568>

Gromyko E. V. *Otsenka sostoyaniya organizma korov metodami biokhimii*. [Assessment of the state of the body of cows by methods of biochemistry]. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* = The North Caucasus Ecological Herald. 2005;(2):80-94. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21237568>

**Сведения об авторах:**

**Филатов Андрей Викторович**, профессор, доктор вет. наук, профессор кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии 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/0000-0003-4557-844X](http://orcid.org/0000-0003-4557-844X), e-mail: [fav6819@yandex.ru](mailto:fav6819@yandex.ru),

✉ **Шемуранова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, заведующая 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: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), 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),

**Сапожников Александр Фёдорович**, доцент, кандидат вет. наук, доцент кафедры диагностики, терапии, морфологии и фармакологии 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:** <https://orcid.org/0000-0001-7418-7507>, e-mail: [greyara@rambler.ru](mailto:greyara@rambler.ru).

**Information about the authors:**

**Andrey V. Filatov**, DSc in Veterinary, professor at the Department of Zoohygiene, Physiology and Biochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vyatka State Agricultural Academy, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), **ORCID:** [http:// orcid.org/0000-0003-4557-844X](http://orcid.org/0000-0003-4557-844X), e-mail: [fav6819@yandex.ru](mailto:fav6819@yandex.ru),

✉ **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: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3501-9348>, e-mail: [nashem85@yandex.ru](mailto:nashem85@yandex.ru),

**Alexander F. Sapozhnikov**, PhD in Veterinary, associate professor at the Department of Diagnostics, Therapy, Morphology and Pharmacology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vyatka State Agricultural Academy, Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info) **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7418-7507>, e-mail: [greyara@rambler.ru](mailto:greyara@rambler.ru).

✉ -Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.488-497>  
УДК 636.082.2



## Влияние гомозиготности по маркерным аллелям групп крови на продуктивность, воспроизводительные качества и долголетие коров

© 2019. Н. В. Кузьмина ✉, В. И. Дмитриева, Д. Н. Кольцов, М. Е. Гонтов  
Смоленский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

*В настоящее время в популяциях разных пород крупного рогатого скота наблюдается элиминация ряда аллелей групп крови и увеличение коэффициента гомозиготности, что ведет к росту числа гомозиготных животных. В связи с этим цель исследования – изучить влияние гомозиготности по EAV-локусу групп крови на продуктивные и воспроизводительные качества коров. Работу проводили в племенных хозяйствах Смоленской области по разведению крупного рогатого скота сычевской породы: заводе КП «Рыбковское» и репродукторе СПК им. Урицкого, в которых было отобрано 2078 гомозиготных по аллелям EAV-локуса групп крови и гетерозиготных животных 2010-2014 годов рождения (21 и 581, 50 и 1426 голов соответственно). Исследования показали, что среднее значение удою за продуктивную жизнь коров в стаде КП «Рыбковское» у гомозигот достоверно меньше, чем у гетерозигот, а в СПК им. Урицкого достоверно больше. Применение метода однофакторного дисперсионного анализа определило слабое влияние генотипа на продуктивность животных только за первую лактацию в ПЗ КП «Рыбковское» по удою, выходу молочного жира и белка с силой факторного эффекта соответственно 1,2, 1,5 и 1,1%. В племенном репродукторе СПК им. Урицкого факторный эффект по удою и выходу жира за вторую лактацию составил 0,3 и 0,4%, и в среднем за жизнь по удою 0,4%. Анализ воспроизводительных качеств: возраст первого отела, возраст первого плодотворного осеменения, кратность осеменения к лактации, дней до первого осеменения в текущей лактации, продолжительность сервис-периода выявил близкие по величине значения, сходный характер распределения и вариации этих показателей, отсутствие статистически значимых различий между ними у гомозигот и гетерозигот. Установлено характерное для выборки из обоих хозяйств слабое (2% и менее) влияние гомозиготности на продуктивное долголетие, определяющее превосходство гомозиготных коров над гетерозиготными.*

**Ключевые слова:** EAV-локус, лактация, молочная продуктивность, показатели воспроизводства, продуктивная жизнь коров

**Благодарности:** научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема №0477-2019-0012-С-01).

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

**Для цитирования:** Кузьмина Н. В., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., Гонтов М. Е. Влияние гомозиготности по маркерным аллелям групп крови на продуктивность, воспроизводительные качества и долголетие коров. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):488-497. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.488-497>

Поступила: 15.04.2019

Принята к публикации: 3.09.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## Influence of homozygosity by marker alleles of blood groups on the productivity, reproductive qualities and longevity of cows

© 2019. Nadegda V. Kuzmina ✉, Valentina I. Dmitrieva, Dmitry N. Koltsov, Mihail E. Gontov

Smolensk Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops

*Currently, in populations of different cattle breeds there is elimination of a number of alleles of blood groups and an increase in the homozygosity coefficient that leads to rise in the amount of homozygous animals. In this regard, the aim of the research was to study the effect of homozygosity by EAV-locus of blood groups on the productive and reproductive characteristics of cows. The research was carried out on the farms of the Smolensk region for breeding of Sychevskaya cattle breed: the “Rybkovskoye” breeding farm and pedigree breeding unit Agricultural Production Cooperative (APC) named after Uritsky. On these farms there were selected 2078 cows, homozygous according to alleles of EAV - locus of blood groups and heterozygous animals born in 2010-2014 (21 and 581, 50 and 1426 heads, respectively). The study has shown that the average milk yield over the productive life of homozygotes in the herd of the “Rybkovskoye” farm is insignificantly lower and on the farm named after Uritsky this parameter is significantly higher. Application of one-way ANOVA analysis determined the weak effect of genotype on the productivity of animals on the “Rybkovskoye” farm only for the first lactation with factorial effect in milk yield, milk fat and protein 1.2, 1.5 and 1.1%, respectively. On the breeding farm named after Uritsky the factorial effect in milk yield and fat*

yield for the second lactation was 0.3 and 0.4%, and on the average over the life in milk yield it was 0.4%. The analysis of reproductive qualities: the age of the first calving, the age of the first fruitful insemination, multiplicity of insemination to lactation, the number of days before the first insemination in the current lactation, the duration of open days revealed close values, similar nature of distribution and variation of these indicators, absence of statistically significant differences between them in homozygotes and heterozygotes. A weak (2% or less) influence of homozygosity on productive longevity, which determines the superiority of homozygous cows over heterozygous, characteristic for samples from both farms, has been found.

**Key words:** *EAV-locus; lactation; milk-yield; indexes of reproduction; productive life of cows*

**Acknowledgements:** the research was carried out within the state assignment of FSBI Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme №0477-2019-0012-C-01).

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

**For citation:** Kuzmina N. V., Dmitrieva V. I., Koltsov D. N., Gontov M. E. Influence of homozygosity by marker alleles of blood groups on the productivity, reproductive qualities and longevity of cows. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):488-497. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.488-497>

Received: 15.04.2019

Accepted for publication: 3.09.2019

Published online: 18.10.2019

За последние несколько десятков лет в племенной работе с сельскохозяйственными животными во всем мире происходят большие изменения, связанные с применением молекулярных и генетических технологий [1, 2, 3]. Полигенная природа хозяйственно полезных признаков и их сцепленная наследуемость является генетической основой для маркерной селекции, одно из главных направлений которой – поиск маркеров, наилучшим образом характеризующих генетическую обусловленность фенотипического проявления полезных качеств животных [4, 5, 6]. Не существует однозначного мнения об информационной ценности различных систем групп крови в качестве генетических маркеров продуктивных признаков. Некоторые авторы подвергают сомнению их эффективность [4], но наличие взаимосвязей продуктивных признаков с иммуногенетическими маркерами доказано исследованиями. Работы в данном направлении продолжаются и описывают реализацию ассоциаций полиморфных систем групп крови с различными количественными признаками крупного рогатого скота [7, 8, 9].

В племенных стадах Смоленской области по разведению крупного рогатого скота селекционная работа проводится с использованием мониторинга генетической ситуации по группам крови. По результатам исследований лаборатории биотехнологии Смоленского ИСХ отмечается существенное изменение генетической ситуации в племенных стадах сычевской породы. С 1980 до 2016 гг. число аллелей EAV-локуса групп крови уменьшилось с 81 до 59. Параллельно произошло увеличение коэффициента гомозиготности с 5,5 до 5,7 [10]. Аналогично видоизменяются генетические структуры в популяциях скота других пород [11, 12]. Элиминация одних аллелей на фоне увеличения частоты встре-

чаемости других в стадах неизбежно приведет к росту гомозиготности и доли гомозиготных животных, что делает актуальным изучение влияния гомозиготности на хозяйственно полезные признаки коров. Ранее проведенные учеными нашего института исследования на высокопродуктивных стадах бурой швицкой породы не выявили существенных различий в продуктивности, но показали, что гомозиготные по аллелям EAV-локуса коровы быстрее выбывали из стада и имели более длительные сервис- и сухостойный периоды [13, 14].

**Цель исследований** – провести оценку влияния гомозиготности по аллелям EAV-локуса групп крови у коров сычевской породы на молочную продуктивность (удой, выход молочного жира и белка, средний удой за жизнь), воспроизводительные качества (возраст первого отела, возраст первого плодотворного осеменения, кратность осеменения к текущей лактации, дней до первого осеменения в текущей лактации, продолжительность сервис-периода) и продуктивное долголетие.

**Материал и методы.** Исследования проводили в племенных хозяйствах по разведению сычевской породы в Сафоновском районе Смоленской области: племенной завод КП «Рыбковское» и племенной репродуктор СПК им. Урицкого по данным внутривладельческого племенного учета в программе «СЕЛЕКС – Молочный скот».

Из каждого стада отбирали по две группы коров разных лет рождения (2000-2014), гомозиготных по аллелям EAV-локуса групп крови и гетерозиготных, соответственно по хозяйствам: КП «Рыбковское» – 21 и 581, СПК им. Урицкого – 50 и 1426 голов. Гомозиготных животных распределили по аллелям EAV-локуса. В группу гетерозигот выбирали коров с разницей в дате рождения  $\pm 3$  месяца относительно гомозиготных. Такая организа-

ция выборочных данных сохраняет независимость наблюдений (продуктивность, воспроизводительные качества, продуктивное долголетие), минимизируя влияние возраста коров и времени их использования.

Постановку гемолитических тестов, определение генотипов анализируемого поголовья авторы проводили по общепринятой методике П. Ф. Сорокового<sup>1</sup>. При тестировании использовали в разные годы 54-60 моноспецифических сывороток собственного производства, унифицированных в международных испытаниях.

Исследования проводили за весь период продуктивной жизни отобранных коров с учетом изменения численности групп по лактациям. Продуктивные показатели: удой, выход молочного жира и белка даны за стандартную лактацию. Показатели воспроизводства (возраст первого отела, возраст первого плодотворного осеменения) приводятся на голову. Кратность осеменения к лактации, дни до первого осеменения в текущей лактации, продолжительность сервис-периода отнесены к лактации. В показателе «дней до первого осеменения в лактации» учтено первое осеменение, если оно имело место, включая случаи, когда стельность не наступила и сервис-период не зафиксирован.

Проверка гипотезы соответствия распределения вариантов в выборках нормальному по критерию  $\chi^2$  (Пирсон) произведена в лицензированной программе STADIA. В большинстве случаев выявлено отличие распределения от нормального, поэтому методом определения влияния генотипа выбран однофакторный дисперсионный анализ как слабо чувствительный к нарушению предположения о нормаль-

ности. Параметры описательной статистики и однофакторного дисперсионного комплекса рассчитаны средствами программы Microsoft Excel. В качестве мер центральной тенденции применены средняя арифметическая ( $M \pm m$ ) и медиана ( $Me$ ), расхождение в значениях которых иллюстрирует асимметрию распределения. Изменчивость признаков описана коэффициентом вариации  $C_v \pm m_{C_v}$ . Оценку статистической значимости различий между выборочными средними производили по критерию Стьюдента, между групповыми средними в рамках дисперсионного анализа – по критерию Шеффе.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение генотипов по группам крови показало наличие в стадах КП «Рыбковское» и СПК им. Урицкого гомозиготных животных по нескольким ЕАВ-аллелям, присутствующим в обоих хозяйствах, которые соответственно распределялись следующим образом:  $G_2Y_2E_2'Q'$  – 2 и 31,  $Y_2A_1'$  – 8 и 6,  $O_1I'Q'$  – 5 и 3,  $Q'$  – 3 и 6 голов. В КП «Рыбковское» также выявлено по одной гомозиготной корове с аллелями  $E_3'G'G'$ , в  $I_1Q$ ,  $I_1Y_2I'$ , в СПК им. Урицкого по 2 головы гомозиготных коров с  $O_2A_2'J_2K'O'$  и  $b$  аллелями.

Исследование продуктивности гомозиготных коров с разными ЕАВ-аллелями групп крови не выявили достоверных отличий между ними по продуктивным показателям в течение жизни животных. Поэтому для дальнейших исследований гомозиготные по разным аллелям животные в каждом из хозяйств были объединены нами в общие группы гомозигот.

Анализ динамики поголовья исследуемых коров по лактациям (табл. 1) показал, что интенсивность выбытия в группе гетерозигот за каждую из последующих лактаций в обоих стадах была незначительно выше, чем гомозигот.

**Таблица 1 – Динамика численности гомозиготных и гетерозиготных коров с законченной лактацией за период продуктивного использования, гол. /**

**Table 1 – Dynamics of the number of homozygous and heterozygous cows with complete lactation during the period of productive use, heads**

Группа коров / Group of cows	Номер лактации / Lactation number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Племенной завод КП «Рыбковское» / The “Rybkovskoye” pedigree farm								
Гомозиготы / Homozygotes	21	17	14	10	8	4	-	-
Гетерозиготы / Heterozygotes	581	481	350	232	149	94	-	-
Племенной репродуктор СПК им. Урицкого / APC named after Uritsky								
Гомозиготы / Homozygotes	50	39	29	21	14	7	6	5
Гетерозиготы / Heterozygotes	1426	1109	784	518	337	186	102	53

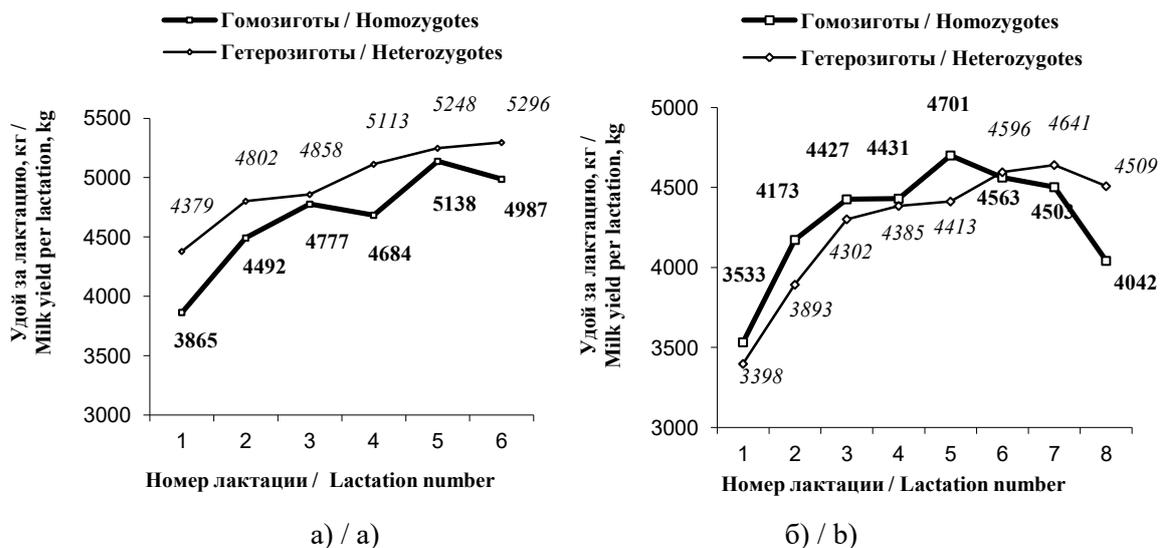
<sup>1</sup>Сороковой П. Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота: методические рекомендации. Дубровицы, 1974. 40 с.

К концу периода исследования относительные доли выбывших гетерозиготных и гомозиготных коров мало различались между собой в каждом из хозяйств и составляли в КП «Рыбковское» соответственно 84 и 81%, в СПК им. Урицкого – 96 и 90%.

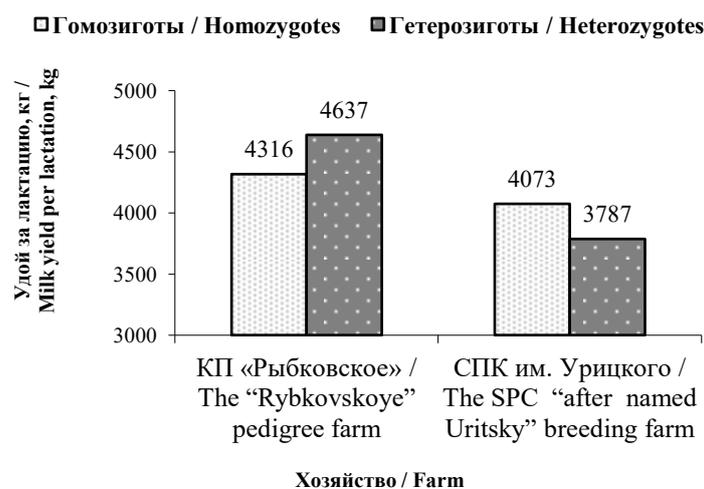
Анализ продуктивности по лактациям позволил определить, что в стаде КП «Рыбковское» в течение всех лактаций удои гетерозиготных коров были выше, чем у гомозиготных, с достоверной разницей лишь за первую лактацию – 514 кг ( $p \leq 0,01$ ). В СПК им. Урицкого

кого преимущество гомозигот по удою сохранялось в течение пяти лактаций, а, начиная с шестой, они уступали гетерозиготным. Достоверность разницы (467 кг) подтверждена только за восьмую лактацию ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1).

Средний удои за продуктивную жизнь у гомозиготных коров в стаде КП «Рыбковское» был недостоверно меньше, чем у гетерозигот, на 321 кг. В СПК им. Урицкого преимущество гомозигот над гетерозиготами, составляющее 286 кг молока, являлось достоверным ( $p \leq 0,01$ ) (рис. 2).



**Рис. 1. Продуктивность гомозиготных и гетерозиготных коров в течение жизни в стадах КП «Рыбковское» (а) и СПК им. Урицкого (б) / Fig. 1. Productivity of homozygous and heterozygous cows during the life in the herds of the “Rybkovskoye” pedigree farm (a) and APC named after Uritsky (b)**



**Рис. 2. Средний удои за лактацию за продуктивную жизнь коров в стадах КП «Рыбковское» и СПК им. Урицкого / Fig. 2. Average milk yield per lactation for the productive life of cows in the herds the “Rybkovskoye” pedigree farm and APC named after Uritsky**

Расчеты с применением метода однофакторного дисперсионного анализа позволили подтвердить предположение о влиянии генотипа на продуктивность животных и определить статистически значимую разность между групповыми средними значениями у гомозиготных и гетерозиготных коров лишь за некоторые из лактаций. За первую лактацию сила факторного эффекта, рассчитанная как отношение меж-

групповой суммы квадратов к общей (табл. 3 и 5), и достоверная разность в КП «Рыбковское» составляли: по удою 1,2% и 514 кг, выходу молочного жира 1,5% и 22,7 кг, выходу молочного белка 1,1% и 16,2 кг соответственно; в племенном репродукторе им. Урицкого – за вторую лактацию по удою 0,3% и 280 кг, выходу молочного жира 0,4% и 11,6 кг, в среднем за жизнь по удою 0,4% и 286 кг (табл. 2).

**Таблица 2 – Продуктивные показатели гомозиготных и гетерозиготных коров в КП «Рыбковское» и СПК им. Урицкого /**

**Table 2 – Productive indicators of homozygous and heterozygous cows in the herds of the “Rybkovskoye” pedigree farm and APC named after Uritsky**

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows				Основание для принятия рабочих гипотез ( $p \leq 0,05$ ) / The basis for accepting working hypotheses ( $p \leq 0,05$ )		Статистически значимая разность между средними (по Шеффе) / Statistically significant difference (by Scheffe)	Сила факторного эффекта $\eta^2$ / Strength factor effect $\eta^2$
	гомозиготы / homozygotes		гетерозиготы / heterozygotes		$F_{\text{факт.}} / F_{\text{actual}}$	$F_{\text{табл.}} / F_{\text{tabular}}$		
	n	$M \pm m$	n	$M \pm m$				
Племенной завод КП «Рыбковское» / The “Rybkovskoye” pedigree farm								
<i>I лактация / First lactation</i>								
Удой, кг / Milk yield, kg	21	3865±186	581	4379±38	6,338	3,857	514	0,012
Выход жира, кг / Fat yield, kg		145,7±6,8		168,4±1,4	8,999	3,857	22,7	0,015
Выход белка, кг / Protein yield, kg		124,4±5,6		140,6±1,1	7,020	3,857	16,2	0,011
Племенной репродуктор СПК им. Урицкого / APC named after Uritsky								
<i>II лактация / Second lactation</i>								
Удой, кг / Milk yield, kg	39	4173±153	1109	3893±26	3,893	3,849	280,0	0,003
Выход жира, кг / Fat yield, kg		163,2±5,9		151,6±1,0	4,442	3,849	11,6	0,004
<i>В среднем за жизнь / Average for life</i>								
Удой, кг / Milk yield, kg	50	4073±99	1426	3787±21	6,535	3,848	286	0,004

Оценка воспроизводительных качеств гомозиготных по ЕАВ-аллелям и гетерозиготных животных проводилась по каждой из лактаций в течение продуктивной жизни коров. Данные, представленные в таблицах 3 и 4, наглядно отражают результаты анализа, который показал близкие по величине значения рассматриваемых параметров у гомозиготных и гетерозиготных животных.

Кратность осеменения, число дней до первого осеменения и продолжительность сервис-периода имели большой разброс значений относительно средних, что подтверждает

очень высокий (более 50%) коэффициент вариации  $C_v$ . В большинстве случаев по этим же показателям средняя арифметическая больше медианы, что свидетельствует о левосторонней асимметрии в частотах вариантов. В данном контексте это явление можно объяснить работой с популяцией, направленной на уменьшение величины ряда характеристик воспроизводства.

Дисперсионный анализ не выявил в группах значимых различий по воспроизводительным качествам коров ни за одну лактацию, ни в одном из стад.

*Таблица 3 – Характеристика воспроизводительных качеств коров (КП «Рыбковское») / Table 3 – Characteristics of the reproductive qualities of cows (The “Rybkovskoye” pedigree farm)*

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows							
	гомозиготы / homozygotes				гетерозиготы / heterozygotes			
	n	M±m	Me	C <sub>v</sub> ±m <sub>Cv</sub>	n	M±m	Me	C <sub>v</sub> ±m <sub>Cv</sub>
Возраст первого отела, мес / Age of the first calving, months	21	28,5±0,6	28,0	10,2±1,6	581	29,2±0,1	29,0	9,5±0,3
Возраст первого плодотворного осеменения, мес / Age of the first fruitful insemination, months	21	19,1±0,6	19,0	14,5±2,2	581	19,8±0,1	19,0	13,9±0,4
<i>Первая лактация / First lactation</i>								
Кратность осеменения к лактации / Multiplicity of lactation insemination, times	21	1,7±0,2	1,0	51,4±7,9	581	1,6±0,1	1,0	64,3±1,9
Дней до первого осеменения в текущей лактации / Days before the first insemination in the current lactation	21	59,9±10,2	41,0	77,8±12,0	570	58,8±1,4	50,0	56,1±1,7
Сервис-период, дни / Open days	21	87,8±10,5	73,0	54,9±8,5	563	103,1±2,8	83,0	65,0±1,9
<i>В среднем за все разновозрастные лактации / On the average for all lactations of different ages</i>								
Кратность осеменения к лактации / Multiplicity of lactation to insemination, times	83	1,8±0,1	1,0	65,5±5,1	2179	2,0±0,03	2,0	65,7±1,0
Дней до первого осеменения в текущей лактации / Days before the first insemination in the current lactation	74	56,5±4,3	43,0	65,6±5,4	1817	56,1±0,7	49,0	57,1±0,9
Сервис-период, дни / Open days	70	97,5±8,3	80,0	71,3±6,0	1744	104,0±1,6	85,5	65,8±1,1

*Таблица 4 – Характеристика воспроизводительных качеств коров (СПК им. Урицкого) / Table 4 – Characteristics of reproductive qualities of cows (APC named after Uritsky)*

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows							
	гомозиготы / homozygotes				гетерозиготы / heterozygotes			
	n	M±m	Me	C <sub>v</sub> ±m <sub>Cv</sub>	n	M±m	Me	C <sub>v</sub> ±m <sub>Cv</sub>
Возраст первого отела, мес / Age of the first calving, months	50	28,4±0,4	28,5	9,7±1,0	1426	27,9±0,1	28,0	10,2±0,2
Возраст первого плодотворного осеменения, мес / Age of the first fruitful insemination, months	50	19,1±0,4	19,0	14,2±1,4	1426	18,6±0,1	18,0	15,4±0,3
<i>Первая лактация / First lactation</i>								
Кратность осеменения к лактации / Multiplicity of lactation to insemination, times	50	1,2±0,1	1,0	47,2±4,7	1426	1,2±0,01	1,0	48,1±0,9
Дней до первого осеменения в текущей лактации / Days before the first insemination in the current lactation	47	84±8	71	61,9±6,4	1351	72±1	60,0	60,7±1,2
Сервис-период, дни / Open days	49	141±14	115	71,5±7,2	1390	120±2	101,0	65,3±1,2
<i>В среднем за все разновозрастные лактации / On the average for all lactations of different ages</i>								
Кратность осеменения к лактации / Multiplicity of lactation to insemination, times	204	1,7±0,1	1,0	63,1±3,1	5878	1,7±0,01	1,0	64,5±0,6
Дней до первого осеменения в текущей лактации / Days before the first insemination in the current lactation	167	67 ±3	55,0	59,8±3,3	4464	66±1	57	58,9±0,6
Сервис-период, дни / Open days	164	114±7	90,0	75,1±4,1	4454	109±1,0	87,0	66,7±0,7

Изучение продуктивного долголетия у выбывших коров показало превосходство гомозиготных животных над гетерозиготными. Различия достоверны по длительности продуктивного использования коров

в стадах обоих хозяйств, по пожизненному удою в племенном репродукторе им. Урицкого (табл. 5). Сила влияния генотипа по группам крови имела низкие значения – 1 и 2%.

**Таблица 5 – Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность коров в КП «Рыбковское» и СПК им. Урицкого /**

**Table 5 – Productive longevity and lifetime productivity of cows in the herds of the “Rybkovskoye” pedigree farm and APC named after Uritsky**

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows				Основание для принятия рабочих гипотез ( $p \leq 0,05$ ) / The basis for accepting working hypotheses ( $p \leq 0,05$ )		Статистически значимая разность (по Шеффе) / Statistically significant difference (by Scheffe)	Сила факторного эффекта $\eta^2$ / Strength factor effect $\eta^2$
	гомозиготы / homozygotes		гетерозиготы / heterozygotes		$F_{\text{факт.}} / F_{\text{actual}}$	$F_{\text{табл.}} / F_{\text{tabular}}$		
	n	M±m	n	M±m				
Племенной завод «Рыбковское» / The “Rybkovskoye” pedigree farm								
Длительность продуктивного использования, лактация / Productive longevity, lactations	9	4,9±0,7	279	3,4±0,1	5,733	3,874	1,5	0,02
Пожизненный удой, кг / Lifetime milk yield, kg	9	23321±4315	279	17120±642	2,876	3,874	-	-
Племенной репродуктор им. Урицкого / APC named after Uritsky								
Длительность продуктивного использования, лактация / Productive longevity, lactations	29	4,3±0,5	924	3,3±0,06	7,026	3,851	1,0	0,01
Пожизненный удой, кг / Lifetime milk yield, kg	29	19002±2222	924	13613±299	9,679	3,851	5389	0,01

**Заключение.** Проведенные исследования выявили различия в реализации продуктивности гомозиготных по маркерным аллелям EAB-локуса групп крови и гетерозиготных коров в условиях разных хозяйств. В КП «Рыбковское» гомозиготные животные имели в среднем за жизнь удой на 321 кг молока меньше, чем гетерозиготные. Также они достоверно уступали гетерозиготам за первую лактацию в удое, выходе молочного жира и белка соответственно на 514 кг, 22,7 кг и 16,2 кг. В СПК им. Урицкого гомозиготы показали достоверно больший удой в среднем за жизнь – на 286 кг, и превосходили гетерозиготных коров по удою и выходу молочного жира на 280 кг и 11,6 кг за вторую лактацию. Методом дисперсионного анализа установлено слабое влияние генотипа на удой, выход молочного жира и белка с силой факторного эффекта соответственно 1,2, 1,5 и 1,1% за первую лактацию у коров

стада КП «Рыбковское». В СПК им. Урицкого влияние генотипа на удой и выход молочного жира за вторую лактацию составило 0,3 и 0,4%, на удой в среднем за жизнь – 0,4%. Показатели воспроизводства гомозиготных и гетерозиготных животных в каждом из хозяйств были близки между собой по значениям, имели сходный характер распределения вариантов в выборке. Отсутствовало влияние гомозиготности по группам крови на их величину. Кратность осеменения, число дней до первого осеменения и продолжительность сервис-периода отличались высоким коэффициентом изменчивости  $C_v$  – более 50%. В стадах установлено закономерное для обоих хозяйств, слабое (2 и 1%) влияние генотипа по группам крови, определяющее более продолжительную продуктивную жизнь у гомозиготных коров. Разница была достоверна и составила 1,5 лактации в КП «Рыбковское» и 1 лактацию в СПК

им. Урицкого. Это согласуется с выводами других исследователей о взаимосвязи В-системы групп крови с длительностью хозяйственного использования животных [11]. Пожизненный удой, связанный тесной положительной корреляцией со сроком продуктивного использования [15], также более высокий у гомозиготных животных с достоверной разницей по сравнению с гетерозиготными 5389 кг в племрепродукторе им. Урицкого.

Таким образом, результаты исследований дают основания утверждать, что в стадах хозяйств по разведению крупного рогатого скота сычевской породы ПЗ КП «Рыбковское» и СПК им. Урицкого гомозиготность по ЕАВ-аллелям групп крови не обуславливает существенных отличий от гетерозиготных коров по продуктивности и воспроизводительным качествам, но закономерно увеличивает продуктивное долголетие коров.

#### *Список литературы*

1. Силкина С. Ф., Бураков Н. Г. Современное состояние использования генетических маркеров в племенном скотоводстве. Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2012;1(5):41-45 Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17775057>
2. Калашникова Л. А., Хабибрахманова Я. И. Геномная оценка крупного рогатого скота. Лесные Поляны, Московская область, 2013. 32 с.
3. Кийко Е. И. Принципы маркерной селекции в молочном скотоводстве. Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2010;15(1):134-135. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14805077>
4. Кузнецов В. М. Ассоциация групп крови с количественными признаками. MAS и геномная селекция. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docplayer.ru/55171934-Associacii-grupp-krovi-s-kolichestvennymi-priznakami-mas-i-genomnaya-selekcija-v-m-kuznecov.html> (дата обращения: 18.02.2019)
5. Новиков А. А., Хрунова А. И., Букаров Н. Г. Эффективность маркирования для прогноза племенной ценности быков методом геномной оценки и теста ЕАВ. Зоотехния. 2017;(12):2-6. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32249129>
6. Бугаев С. П., Волобуев В. В. Иммуногенетические маркеры молочной продуктивности в селекции крупного рогатого скота молочных и комбинированных пород. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016;(9):135-140. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29143915>
7. Шукюрова Е. Б. Иммунобиохимические гены маркеры воспроизводительной способности голштинского крупного рогатого скота, разводимого в Хабаровском крае. Инновационные технологии в сельском хозяйстве: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). Казань: Бук, 2017. С. 9-21. Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/agr/archive/249/11923>
8. Гридина С. Л., Шаталина О. С. Влияние групп крови на воспроизводительные функции крупного рогатого скота. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012;15(2):179-184. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-grupp-krovi-na-vosproizvoditelnye-funktsii-krupnogo-rogatogo-skota>
9. Гридина С. Л., Ткаченко И. В., Гридин В. Ф. Аллели групп крови и их взаимосвязи с молочной продуктивностью коров. Аграрный вестник Урала. 2015;(6(136)):44-46. Режим доступа: <http://avu.usa-ca.ru/ru/issues/77/articles/1864>
10. Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., Гонтов М. Е. Генетическая характеристика сычевской породы крупного рогатого скота по маркерным генам групп крови. Современное состояние и перспективы совершенствования симментальской породы: материалы Междунар. научн.-практ. конф. (8 – 11 октября 2018 г., п. Дубровицы), ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Дубровицы, 2018. С. 33-39.
11. Валитов Х. З., Карамаев С. В. Иммуногенетические маркеры в селекции крупного рогатого скота по продуктивному долголетию. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011;(3(23)):1-5.
12. Марзанова Л. К., Попов Н. А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород. Молочное и мясное скотоводство. 2018;(8):16-18.
13. Гонтов М. Е., Чернушенко В. К., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н. Хозяйственно-полезные признаки гомозиготных коров и их сверстниц в условиях племзавода СПК «Доброволец». Проблемы увеличения производства продуктов животноводства и пути их решения: материалы Междунар. научн.-практ. конф. 21-23 октября 2008 г., тр. ВИЖа. Дубровицы, 2008 – Вып.64. С. 68-69.
14. Дмитриева В. И., Чернушенко В. К., Гонтов М. Е., Кольцов Д. Н. Результаты использования гомозиготных коров в стаде СПК «Пригорское». Наука сельскохозяйственному производству и образованию: материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 30-летию со дня основания ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт». Т.1. Зоотехния и ветеринарная медицина. Смоленск, 2004. С. 111-113.
15. Кузьмина Н. В., Кольцов Д. Н. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы. Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сб. научн. тр. по материалам научн.-практ. конф. Белгород, 2015. С. 58

*References*

1. Silkina S. F., Burakov N. G. *Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya geneticheskikh markerov v plemennom skotovodstve*. [The current state of the use of genetic markers in livestock breeding]. *Sbornik nauchnykh trudov stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*. [Collection of scientific works of Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Fodder Production]. 2012;1(5):41-45 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17775057>
2. Kalashnikova L. A., Khabibrakhmanova Ya. I. *Genomnaya otsenka krupnogo rogatogo skota*. [Genomic evaluation of cattle]. *Lesnye Polyany, Moskovskaya oblast'*, 2013. 32 p.
3. Kiyko E. I. *Printsipy markernoy seleksii v molochnom skotovodstve*. [The principles of marker selection in dairy cattle breeding]. *Vestnik Tambovskogo universiteta = Tambov University Reports. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2010;15(1):134-135. (In Russ). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14805077>
4. Kuznetsov V. M. *Assotsiatsiya grupp krovi s kolichestvennymi priznakami. MAS i genomnaya selektsiya*. [Association of blood groups with quantitative traits. MAS and genomic selection]. Available at: <https://docplayer.ru/55171934-Associacii-grupp-krovi-s-kolichestvennymi-priznakami-mas-i-genomnaya-selekciya-v-m-kuznecov.html> (accessed 18.02.2019)
5. Novikov A. A., Khrunova A. I., Bukarov N. G. *Effektivnost' markirovaniya dlya prognoza plemennoy tsennosti bykov metodom genomnoy otsenki i testa EAV*. [Efficiency of genetic marking of the sires appraised on a genome and EAV test]. *Zootekhnika = Zootechniya*. 2017;(12):2-6. (In Russ). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32249129>
6. Bugaev S. P., Volobuev V. V. *Immunogeneticheskie markery molochnoy produktivnosti v seleksii krupnogo rogatogo skota molochnykh i kombinirovannykh porod*. [Immunogenetic markers of milk productivity in breeding cattle of dairy and combined breeds]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2016;(9):135-140. (In Russ). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29143915>
7. Shukyurova E. B. *Immunobiokhimicheskie geny markery vosproizvoditel'noy sposobnosti golshhtinskogo krupnogo rogatogo skota, razvodimogo v Khabarovskom krae*. [Immunobiochemical genes markers of reproductive capacity of Holstein cattle breed in the Khabarovsk territory]. *Innovatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaystve: materialy III Mezhdunar. nauch. konf. (g. Kazan', may 2017 g.)*. [Innovative technologies in agriculture: Proceedings of the III International scientific Conference (Kazan, May, 2017)]. Kazan': Buk, 2017. pp. 9-21. URL: <https://moluch.ru/conf/agr/archive/249/11923>
8. Gridina S. L., Shatalina O. S. *Vliyaniye grupp krovi na vosproizvoditel'nye funktsii krupnogo rogatogo skota*. [Influence of blood groups on reproductive functions of cattle]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva* 2012;15(2):179-184. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-grupp-krovi-na-vosproizvoditelnye-funktsii-krupnogo-rogatogo-skota>
9. Gridina S. L., Tkachenko I. V., Gridin V. F. *Alleli grupp krovi i ikh vzaimosvyazi s molochnoy produktivnost'yu korov*. [Alleles of blood groups and their interrelation with dairy efficiency of cows]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015;(6(136)):44-46. (In Russ). URL: <http://avu.usaca.ru/ru/issues/77/articles/1864>
10. Dmitrieva V. I., Kol'tsov D. N., Gontov M. E. *Geneticheskaya kharakteristika sychevskoy porody krupnogo rogatogo skota po markernym genam grupp krovi*. [Genetic characterization of Sychevskaya breed of cattle by marker genes of blood groups]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy sovershenstvovaniya simmental'skoy porody: materialy mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. (8 – 11 oktyabrya 2018 g., p. Dubrovitsy), VIZh im. L.K. Ernsta*. [Current state and prospects of improvement of Simmental breed: Proceedings of International scientific and practical Conference. VIZh – Dubrovitsa (October 8 – 11, 2018)]. Dubrovitsy, 2018. pp. 33-39.
11. Valitov Kh. Z., Karamaev S. V. *Immunogeneticheskie markery v seleksii krupnogo rogatogo skota po produktivnomu dolgoletiyu*. [Immunogenetic markers in selection of cattle by productive longevity]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2011;(3(23)):1-5. (In Russ).
12. Marzanova L. K., Popov N. A. *Kontrol' za geneticheskoy izmenchivost'yu v stadakh molochnykh porod*. [Control of genetic variability in herds of dairy breeds]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2018;(8):16-18. (In Russ).
13. Gontov M. E., Chernushenko V. K., Dmitrieva V. I., Kol'tsov D. N. *Khozyaystvenno-poleznye priznaki gomozygotnykh korov i ikh sverstniis v usloviyakh plemzavoda SPK «Dobrovolets»*. [The economic and useful character of homozygous cows and their contemporaries in the conditions of APC Dobrovolets pedigree farm]. *Problemy uvelicheniya proizvodstva produktov zhivotnovodstva i puti ikh resheniya: materialy mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. 21-23 oktyabrya 2008 g.* [Problems of increase in production of livestock products and the ways of their decision: Proceedings of International scientific and practical Conference]. Dubrovitsy, 2008. Iss. 64. pp. 68-69.
14. Dmitrieva V. I., Chernushenko V. K., Gontov M. E., Kol'tsov D. N. *Rezultaty ispol'zovaniya gomozygotnykh korov v stade SPK «Prigorskoe»*. [Results of use of homozygous cows in the herd of APC Prigorskoye].

*Nauka sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu i obrazovaniyu: materialy mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 30-letiyu so dnya osnovaniya FGOU VPO «Smolenskiy sel'skokhozyaystvennyy institut».* [Science to agricultural production and education: Proceedings of International scientific and practical Conference dedicated to the 30th anniversary of the founding of the Federal state unitary enterprise "Smolensk agricultural Institute"]. Vol. 1. *Zootekhnika i veterinarnaya meditsina*. Smolensk, 2004. pp. 111-113.

15. Kuz'mina N. V., Koltsov D. N. *Produktivnoe dolgoletie korov cherno-pestroy porody*. [Productive longevity of cows of Black-and-White breed]. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoy nauki: sb. nauchn. tr. po materialam nauchn.-prakt. konf.* [Theoretical and applied aspects of modern science: Collection of scientific papers of scientific and practical conf]. Belgorod, 2015. pp. 58.

**Сведения об авторах:**

✉ **Кузьмина Надежда Владимировна**, научный сотрудник лаборатории зоотехнологий Смоленского института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9371-7024>**, e-mail: shocolad.ty@yandex.ru,

**Дмитриева Валентина Ивановна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зоотехнологий Смоленского института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6850-5545>**, e-mail: v.dmitrieva.sml@fncl.ru,

**Кольцов Дмитрий Николаевич**, кандидат с.-х. наук, директор Смоленского института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3977-8552>**,

**Гонтов Михаил Елисеевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории зоотехнологий Смоленского института сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2902-7886>**, e-mail: m.gontov.sml@fncl.ru.

**Information about authors:**

✉ **Nadegda V. Kuzmina**, researcher, Smolensk Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Smolensk, Nahimov Avenue, 21, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9371-7024>**, e-mail: shocolad.ty@yandex.ru,

**Valentina I. Dmitrieva**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Smolensk Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Smolensk, Nahimov Avenue, 21, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6850-5545>**, e-mail: v.dmitrieva.sml@fncl.ru,

**Dmitry N. Koltsov**, PhD in Agricultural Science, Director of Smolensk Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Smolensk, Nahimov Avenue, 21, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3977-8552>**,

**Mihail E. Gontov**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Smolensk Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Smolensk, Nahimov Avenue, 21, 214025, e-mail: info.sml@fncl.ru, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2902-7886>**, e-mail: m.gontov.sml@fncl.ru.

✉ - Для контактов / Corresponding author



## Геномная оценка и фенотипическая характеристика F2 ресурсной популяции овец

© 2019. Т. Е. Денискова<sup>1</sup>✉, А. В. Доцев<sup>1</sup>, С. Н. Петров<sup>1</sup>, М. С. Форнара<sup>1</sup>,  
Х. Рейер<sup>2</sup>, К. Виммерс<sup>2</sup>, В. А. Багиров<sup>1</sup>, Г. Брем<sup>1,3</sup>, Н. А. Зиновьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область, Российская Федерация,

<sup>2</sup>Institute of Genome Biology, Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN),  
Dummerstorf, Germany,

<sup>3</sup>Institute of Animal Breeding and Genetics University of Veterinary Medicine (VMU),  
Vienna, Austria

В статье представлены результаты оценки генетического разнообразия и анализа главных компонент (РСА) в ресурсной популяции овец, специально созданной на основе скрещивания быстрорастущей (катадин) и медленнорастущей (романовская) пород для картирования QTL, ассоциированных со скоростью роста. Исследование было проведено на 88 головах ресурсной популяции овец, включающих два неродственных семейства, разводимых на территории Московской области с 2017 года. Каждое семейство состоит из барана-родоначальника породы катадин, романовских маток (матери), межпородных кроссов F1 и двух групп возвратных кроссов. Все животные были генотипированы с помощью ДНК-чипа высокой плотности Illumina Ovine Infinium® HD SNP BeadChip (~600 тысяч SNP-маркеров). В программе PLINK v.1.90 была проведена фильтрация SNP-маркеров и выполнен анализ РСА с визуализацией в R пакете ggplot2. Параметры генетического разнообразия ( $H_o$ ,  $h_e$ ,  $A_r$ ,  $F_{IS}$ ) рассчитаны в пакете R «diveRsim». Было показано, что оба кросса превосходят исходную материнскую породу по уровню генетического разнообразия. Кроссы F1 характеризуются наивысшим уровнем наблюдаемой гетерозиготности ( $H_o = 0,409-0,407$ ), в то время как  $H_o$  составила от 0,382 до 0,396 у возвратных кроссов соответственно. Ожидаемая гетерозиготность варьировала от 0,329 до 0,356 в группах овец, составляющих ресурсную популяцию. Показатель аллельного разнообразия был довольно высоким во всех группах (более 1,849). РСА показал, что подобранные родительские породы являются контрастными, как и должно быть при успешной закладке ресурсной популяции. Дана фенотипическая характеристика возвратных кроссов по живой массе и девяти промерам туловища в 9, 42 и 90 дней. Коэффициенты вариации были наиболее высокими по живой массе (17,0-19,0%), длине туловища (15,5-22,3%) и косой длине туловища (16,2 и 22,7%) в 90 дней. Полученные результаты являются промежуточными и создают генотипическую и фенотипическую базу для проведения GWAS на следующем этапе нашего исследования.

**Ключевые слова:** SNP-генотипирование, ДНК-микроматрицы, генетическое разнообразие, популяция для картирования QTL, домашние овцы

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках выполнения научного проекта № 17-29-08015.

Благодарим ООО СХП «Катумы» за предоставление баранов породы катадин для проведения скрещиваний.

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

**Для цитирования:** Денискова Т. Е., Доцев А. В., Петров С. Н., Форнара М. С., Рейер Х., Виммерс К., Багиров В. А., Брем Г., Зиновьева Н. А. Геномная оценка и фенотипическая характеристика F2 ресурсной популяции овец. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(5):498-507. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.498-507>

Поступила: 10.09.2019

Принята к публикации: 03.10.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## Genomic assessment and phenotypic characteristics of F2 resource sheep population

© 2019. Tatiana E. Deniskova<sup>1</sup>✉, Arsen V. Dotsev<sup>1</sup>, Sergey N. Petrov<sup>1</sup>,  
Margaret S. Fornara<sup>1</sup>, Henry Reyer<sup>2</sup>, Klaus Wimmers<sup>2</sup>, Vugar A. Bagirov<sup>1</sup>,  
Gottfried Brem<sup>1,3</sup>, Natalia A. Zinovieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow Region,  
Russian Federation,

<sup>2</sup>Institute of Genome Biology, Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN),  
Dummerstorf, Germany,

<sup>3</sup>Institute of Animal Breeding and Genetics University of Veterinary Medicine (VMU),  
Vienna, Austria

The article presents the results of assessment of genetic diversity and Principal Component Analysis (PCA) in the resource sheep population, originated from crossing of fast-growing (Katahdin) and slow growing (Romanov) breeds for QTL mapping and search for candidate genes associated with growth rate. The study was conducted on 88 sheep from the resource

population, including two unrelated families that have been reared in the Moscow region since 2017. Each family consists of a Katahdin ram (founder), Romanov's ewes (mothers), F1 hybrids, and two groups of backcrosses. All sheep were genotyped using a high-density DNA chip Illumina Ovine Infinium® HD SNP BeadChip (~ 600 thousand SNP markers). SNP markers were filtered in the PLINK v.1.90. PCA was performed in PLINK v.1.90 and visualized in R package ggplot2. The genetic diversity indices ( $H_o$ ,  $uH_e$ ,  $Ar$ ,  $F_{IS}$ ) were calculated in R package "diveRsity". It was established that both crosses had higher level of genetic diversity in comparison with the mother breed. F1 hybrids were characterized by the highest level of observed heterozygosity ( $H_o = 0.409-0.407$ ), while  $H_o$  ranged from 0.382 to 0.396 for the backcrosses, respectively. The expected heterozygosity ranged from 0.329 to 0.356 in the groups from the resource population. Allelic richness was high in all studied groups (more than 1.849). PCA showed that the mated parent breeds were highly differentiated, as it should be in successful establishment of the resource population. The phenotypic characteristic of the backcrosses on live weight and nine body measurements at 9, 42 and 90 days is given. The coefficients of variation were the highest by live weight (17.0-19.0%), body length (15.5-22.3%) and oblique body length (16.2% and 22.7%) at 90 days. The results are intermediate and create a genotypic and phenotypic base to perform GWAS at the next stage of our study.

**Key words:** SNP genotyping; DNA microarrays; genetic diversity; QTL mapping population; domestic sheep

**Acknowledgement:** the research was supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) (project No. 17-29-08015).

The authors acknowledge LLC "Katumi" for providing the Katahdin rams for crossings.

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

**For citation:** Deniskova T. E., Dotsev A. V., Petrov S. N., Fornara M. S., Reyer H., Wimmers K., Bagirov V. A., Brem G., Zinovieva N. A. Genomic assessment and phenotypic characteristics of F2 resource sheep population. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(5):498-507. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.498-507>

Received: 10.09.2019

Accepted for publication: 03.10.2019

Published online: 18.10.2019

Применение ДНК-чипов, основанных на генотипировании множественных SNP-маркеров, позволило проводить исследования генетического разнообразия и взаимоотношений многочисленных пород овец на полногеномном уровне [1, 2], а также осуществлять поиск локусов, находящихся под давлением естественной селекции [3] и искусственного отбора [4]. Тем не менее, одно из самых важных в практическом аспекте применений – картирование локусов количественных признаков (QTL) и поиск генов-кандидатов, ассоциированных с хозяйственно полезными признаками, до сих пор является несколько отстающим по сравнению с аналогичными работами в свиноводстве и скотоводстве.

Скорость роста является одним из наиболее сложных экономически значимых признаков, изучение механизмов наследования которого позволит существенно ускорить селекционный прогресс в мясном овцеводстве, являющимся в настоящее время приоритетным. Следует отметить, что определенные успехи были сделаны в этом направлении. На основе проведения полногеномных ассоциативных исследований на 1743 головах овец был найден достоверный ассоциированный SNP (OAR6\_41936490) [5]. В прилегающей области к данному SNP были локализованы три значимых гена-кандидата, связанных с признаками роста, строением каркаса и размером тела, живой массой и высотой у овец [4, 5]: *LAP3* (лейцин аминопетидаза), *NCAPG* (non-SMC комплекс конденсина I, субъединица G) и *LCORL* (лиганд-зависимый ядерный рецептор корепрессор-подобный). Кроме того,

недавно было проведено полногеномное исследование ассоциации размеров тела, оцененного по десяти промерам, с генотипическими данными, в результате которого было детектировано 11 значимых SNPs, в том числе *TP53*, *BMPRIA*, *PIK3R5*, *RPL26* и *PRKDC* [6].

Следует отметить, что все представленные исследования были проведены на случайных выборках и на основе применения ДНК-чипов со средней плотностью покрытия геномов. В связи с этим, актуальным является закладка ресурсной популяции овец для последующего проведения GWAS на основе объединения фенотипических и генотипических (с более высокой плотностью покрытия генома) данных экспериментальных овец.

**Цель исследований** – провести оценку уровня биологического разнообразия на полногеномном уровне, установить пространственную генетическую структуру ресурсной популяции овец с применением ДНК-чипа высокой плотности и изучить фенотипическую изменчивость признаков роста и развития у возвратных кроссов.

**Материал и методы.** Объектом исследования в работе стала ресурсная популяция овец, в состав которой входили родительские формы (бараны породы катадин и матки романовской породы) и их межпородные потомки двух генераций (табл. 1). Ресурсная популяция была заложена и содержится в опытном хозяйстве ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (Московская область). Все животные маркированы индивидуальными бирками с присвоением уникального номера.

*Таблица 1 – Составные элементы ресурсной популяции овец /  
Table 1 – The elements of the ovine resource population*

<i>Группа овец / Group of sheep</i>	<i>n</i>	<i>Происхождение / Origin</i>
<i>Начальные родительские формы / Initial Parent Forms</i>		
KTDN_I	1	Баран породы катадин KTDN_I, родоначальник семейства I / Katahdin ram KTDN_I, the founder of half-sib family I
KTDN_II	1	Баран породы катадин KTDN_II, родоначальник семейства II / Katahdin ram KTDN_II, the founder of half-sib family II
RMNV_I	13	Романовские матки (матери кроссированных особей) / Romanov ewes (mothers of crossbred sheep)
RMNV_II	8	Романовские матки (матери кроссированных особей) / Romanov ewes (mothers of crossbred sheep)
<i>Межпородные кроссы / Crossbreed offspring</i>		
F1_I	11	Кроссы первого поколения от скрещивания барана KTDN_I и романовских маток (семейство I) / The F1 progeny resulted from crossing the KTDN_I ram and the Romanov ewes (half-sib family I)
F1_II	8	Кроссы первого поколения от скрещивания барана KTDN_II и романовских маток (семейство II) / The F1 progeny resulted from crossing the KTDN_II ram and the Romanov ewes (half-sib family II)
BC2_I_I	10	Возвратные кроссы от скрещивания самок F1_I и романовских баранов (семейство I) / Backcross progeny obtained by crossing the F1_I ewes and the Romanov rams (half-sib family I)
BC2_I_II	15	Возвратные кроссы от скрещивания самцов F1_I и романовских маток (семейство I) / Backcross progeny obtained by crossing the F1_I rams and the Romanov ewes (half-sib family I)
BC2_II_I	9	Возвратные кроссы от скрещивания самок F1_II и романовских баранов (семейство II) / Backcross progeny obtained by crossing the F1_II ewes and the Romanov rams (half-sib family II)
BC2_II_II	12	Возвратные кроссы от скрещивания самцов F1_II и романовских маток (семейство II) / Backcross progeny obtained by crossing the F1_II rams and the Romanov ewes (half-sib family II)
Всего / Total	88	

Выделение геномной ДНК проводилось с использованием наборов «ДНК-Экстрем-2» (ЗАО «Синтол», Россия) из ушных выщипов, отобранных у всех экспериментальных овец. Перед проведением генотипирования полученные растворы ДНК оценивали по следующим критериям: целостность – «четкая» полоса (электрофорез в агарозных гелях); концентрация – не менее 15 нг/мкл (измерение на флуориметре Qubit 2.0, производитель Invitrogen, США; чистота в зависимости от соотношения степени поглощения при длинах A260/A280 – не менее 1,8 (анализ на спектрофотометре NanoDrop8000, производитель ThermoFisher Scientific, США).

Все экспериментальные овцы были прогенотипированы посредством ДНК-чипа *Ovine Infinium® HD SNP BeadChip* (производитель Illumina, San Diego, USA), который обеспечивает высокое покрытие генома и содержит 600 тысяч SNP-маркеров. В программном обеспечении *GenomeStudio 2.0* (Illumina, San Diego, США)

были получены генотипы путем оценки интенсивности SNP-маркера. Фильтрация по качеству чтения (*GenCall*, GC) и уровню кластеризации маркеров (*GenTrain*, GT) выполнялась с пороговыми значениями 0.5. Оценка и исключение из анализа SNP-маркеров проводились в программе *PLINK v. 1.90* [7] по следующим критериям: частота минорного аллеля (MAF) ниже 5% (*maf* 0,05); с отклонением от равновесия Харди-Вайн-берга при  $p < 10^{-6}$  (*hwe*  $1e^{-6}$ ) и в находящиеся в неравновесии по сцеплению (*indep-pairwise* 50 5 0.5). В анализе использовались только SNPs, локализованные на аутосомах.

Чтобы оценить генетическое разнообразие на полногеномном уровне, в пакете *R «diveRsity»* [8] были рассчитаны следующие показатели: наблюдаемая гетерозиготность ( $H_o$ ), несмещенная ожидаемая гетерозиготность ( $uH_e$ ), рарифицированное аллельное разнообразие ( $A_r$ ) и коэффициент инбридинга ( $F_{IS}$ ) на основе несмещенной ожидаемой гете-

розиготности. Бараны породы катадин не были включены в анализ генетического разнообразия. Анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA) был выполнен в программе PLINK 1.9 с последующим построением графика в пакете ggplot2<sup>1</sup>.

Интересующие фенотипические признаки, характеризующие рост и развитие животных, фиксировались в динамике – в возрасте 6, 42 и 90 дней. Живая масса измерялась с помощью платформенных весов простого взвешивания МП 300 ВЕДА Ф-1 (50/100; 1400x700) «Живой вес 12 ПМ». Девять промеров туловища, в том числе высота в холке, высота в крестце, высота спины, глубина груди, ширина груди за лопатками, ширина в маклоках, длина туловища, косая длина туловища, обхват пясти были получены с помощью рулетки бонитировщика, швейного метра и тазомера. Результаты измерений были занесены в электронную базу данных в программе Microsoft Excel 2013. Статистические расчеты проводили в программе Microsoft Excel 2013.

**Результаты и их обсуждение.** Закладка ресурсных популяций – это надежный и эффективный подход к картированию количественных признаков (QTL), довольно широко используемый в свиноводстве [9] и птицеводстве [10]. В овцеводстве случаи создания подобных экспериментальных популяций практически отсутствуют и не описаны в научной литературе. Так, Jonas E. и соавторы [11] представили короткое сообщение об использовании ресурсной популяции овец, полученной при скрещивании пород Авасси и Меринос, для картирования QTL, ответственных за живую массу. Несмотря на то, что, по заявлению авторов, были найдены значимые QTL в регионе 15-40 сМ на хромосоме 21, не анонсируются конкретные гены-кандидаты, ассоциированные с таким сложным количественным признаком, как живая масса, то есть отсутствует возможность практического применения полученной информации. Кроме того, исследования были проведены с использованием ДНК-чипа средней плотности для генотипирования членов одного семейства полусибсов и их родоначальника.

Ресурсная популяция для нашего исследования была заложена в 2017 году и состоит из двух неродственных семейств полусибсов.

Интересующим нас признаком является скорость роста, поэтому родительские породы были выбраны с контрастными проявлениями данного признака. Медленнорастущая материнская порода – это широко известная романовская. Быстрорастущих среди российских пород овец немного. В связи с этим, в качестве отцовской была взята североамериканская порода быстрорастущих овец – катадин, два барана которой стали родоначальниками семейства I и семейства II соответственно (рис. 1).

В настоящее время ресурсная популяция состоит из 86 животных. Овцы являются менее многоплодными и менее скороспелыми животными по сравнению со свиньями. Использование романовских маток частично позволило нивелировать проблемы многоплодности, но, тем не менее, получить большее количество ягнят за такие короткие сроки проблематично. В связи с этим, мы провели генотипирование экспериментальных овец с использованием ДНК-чипа высокой плотности, что позволит выявить точную локализацию генов-кандидатов, даже при сравнительно небольшом поголовье при проведении GWAS на следующем этапе исследования. Кроме того, это согласуется с данными Ledur M. C. в соавторстве [12] о том, что точность картирования QTL в небольших выборках значительно повышается с увеличением разрешающей способности платформы для генотипирования.

Среди изучаемых овец ресурсной популяции у кроссов F1 уровень наблюдаемой гетерозиготности был наивысшим и составил 0,409 и 0,407 для групп F1\_I и F1\_II соответственно (табл. 2), что, вероятно всего, объяснялось эффектом гетерозиса вследствие скрещивания двух неродственных пород овец – романовской и катадин. Романовские матки характеризовались наименьшим уровнем наблюдаемой гетерозиготности ( $H_o = 0,363-0,373$ ). В предыдущем исследовании биоразнообразия российских овец с использованием ДНК-чипа со средней плотностью покрытия генома (50k) также было выявлено, что романовская порода характеризуется одним из самых низких значений наблюдаемой гетерозиготности по сравнению с 24 другими породами [13]. Возвратные кроссы занимали промежуточное положение по анализируемому показателю ( $H_o$  от 0,382 до 0,396).

---

<sup>1</sup>Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag, 2009.

При этом было отмечено, что наблюдаемая гетерозиготность была несколько ниже в группах возвратных кроссов, полученных от скрещивания баранов F1 и романовских маток, по сравнению с возвратными кроссами, у которых

матерями были самки F1. Во всех группах межпородных кроссов был зафиксирован умеренный инбридинг ( $F_{IS}$  от -0,102 до -0,176), что было ожидаемо, т.к. каждое из семейств I и II являются потомками одного родоначальника.



*Рис. 1. Бараны породы катадин: KTDN\_I – родоначальник семейства I и KTDN\_II – родоначальник семейства II /  
Fig. 1. Katadin sheep: KTDN\_I-ancestor of family I and KTDN\_II-ancestor of family II*

*Таблица 2 – Параметры генетического разнообразия в экспериментальных группах овец /  
Table 2 – Parameters of genetic diversity in the experimental groups of sheep*

<i>Группа / Group</i>	<i>n</i>	<i>H<sub>o</sub></i>	<i>uH<sub>e</sub></i>	<i>F<sub>IS</sub></i>	<i>Ar</i>
RMNV_I	13	0,363	0,355	-0,02[-0,021;-0,019]	1,919
RMNV_II	8	0,373	0,356	-0,041[-0,042;-0,04]	1,916
F1_I	11	0,409	0,343	-0,164[-0,165;-0,163]	1,899
F1_II	8	0,407	0,338	-0,169[-0,17;-0,168]	1,892
BC2_I_I	10	0,396	0,328	-0,176[-0,177;-0,175]	1,849
BC2_I_II	15	0,382	0,343	-0,102[-0,103;-0,101]	1,886
BC2_II_I	9	0,392	0,329	-0,164[-0,165;-0,163]	1,853
BC2_II_II	12	0,388	0,334	-0,142[-0,143;-0,141]	1,873

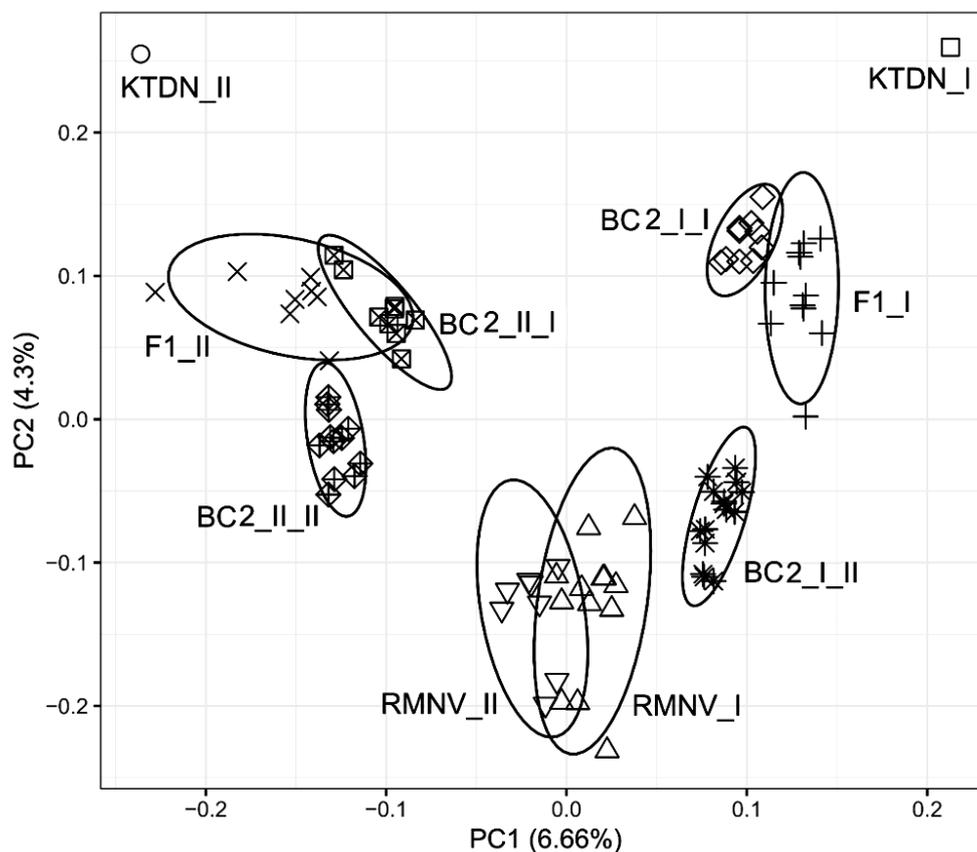
Примечания: n – количество голов; H<sub>o</sub> – наблюдаемая гетерозиготность; uH<sub>e</sub> – несмещенная ожидаемая гетерозиготность (Nei, 1978); F<sub>IS</sub> – коэффициент инбридинга, рассчитанный на основе несмещенной ожидаемой гетерозиготности; Ar – рарифицированное аллельное разнообразие. Средняя ошибка для H<sub>o</sub>, uH<sub>e</sub> и Ar составляет ±0,001 / Note: n – sample size; H<sub>o</sub> – observed heterozygosity; uH<sub>e</sub> – unbiased expected heterozygosity (Nei, 1978); Ar – rarified allelic richness; F<sub>IS</sub> – inbreeding coefficient based on the unbiased expected heterozygosity. The average standard errors for H<sub>o</sub>, uH<sub>e</sub>, and Ar are ±0.001

Ожидаемая гетерозиготность варьировала от 0,329 до 0,356 в группах овец, составляющих ресурсную популяцию. Следует отметить, что значения этого показателя были соизмеримыми с уровнем  $H_e$  в других породах овец, исследованных с помощью ДНК-чипов. Так, например,  $H_e$  колебался от 0,306 у Kerry Hill до 0,380 у Badger Faced [2]. У пород овец, участвующих в создании породы катадин, а именно: Suffolk и Wiltshire Horn значения  $H_e$  составили 0,330 и 0,260 соответственно [1]. Величина  $H_e$ , рассчитанная на основе данных генотипирования с помощью ДНК-чипа высокой плотности (600k), варьировала от 0,300 до 0,330 в эфиопских местных породах овец [14].

Показатель аллельного разнообразия был довольно высоким во всех группах и

варьировал от 1,849 у BC2\_I\_I до 1,919 у RMNV\_I. Для сравнения, аллельное разнообразие составило 1,950 и 1,820 в породах Suffolk и Wiltshire Horn соответственно [1].

Анализ главных компонент (рис. 2) показал, что каждая экспериментальная группа образует свой кластер. Группы RMNV\_I и RMNV\_II объединяются, так как деление романовских овец по группам носило условный характер в нашей работе и было проведено для лучшего понимания родственных связей внутри ресурсной популяции. Первая главная компонента (PC1), отвечающая за 6,66% генетической изменчивости, четко отделяет барана KTDN\_I и два поколения его потомков от барана KTDN\_II и двух поколений его потомков соответственно.



**Рис 2. Анализ главных компонент (PCA), выполненный для овец из ресурсной популяции. Примечание: условное обозначение групп овец представлено в разделе «Материалы и методы» /**

**Fig. 2. Principal Component Analysis (PCA) performed for sheep from the ovine resource population. Note: abbreviation of the sheep groups is presented in the section "Materials and Methods"**

катадины и романовские овцы разделяются как первой, так и второй компонентой (PC2) на противоположные стороны ( $F_{st} = 0,119$ ), а их потомки занимают промежуточное положение. При этом бараны не объединялись в

группу, в то время как романовские овцы формировали кластер. Наиболее вероятная причина этого заключается в том, что происхождение исходных родительских пород, используемых при закладке ресурсной популя-

ции, сильно различается. Так, романовская порода была создана путем длительной селекции представителей обособленной ветви северных короткохвостых овец без прилития крови других пород<sup>2</sup>. Порода катадин, напротив, была выведена на основе скрещивания африканских бесшерстных овец (Сент-Круа) и британских скороспелых мясных (Suffolk и Wiltshire Horn) во второй половине 20 века на территории штата Мэн (США).

Порода катадин – одна из самых популярных пород овец Северной Америки, обладает рядом достоинств помимо высокой скорости роста: отличное качество туши; простота содержания и разведения; легкая приспособляемость к различным климатическим условиям; устойчивость к паразитарным болезням; способность к линьке<sup>3, 4</sup>. Тем не менее, можно предположить, что романовские овцы – это более консолидированная порода с «устоявшимся» генофондом по сравнению с катадинами. Кроме того, с помощью РС2 хорошо продемонстрированы взаимоотношения внутри ресурсной популяции, в частности то, что возвратные кроссы кластеризовались вблизи от групп своих матерей. Так, группы возвратных кроссов BC2\_I\_I и BC2\_II\_I стремились к соответствующим кроссам F1, в то время как BC2\_I\_II и BC2\_II\_II располагались ближе к романовским маткам.

Второй важной составляющей для проведения GWAS является формирование надежной базы фенотипической изменчивости. В целом как по живой массе, так и по промерам туловища в 6, 42 и 90 дней возвратные кроссы из семейства I превосходили своих сверстников из семейства II (табл. 3). Тем не менее, статистически достоверных различий между группами не было установлено. Была отмечена тенденция увеличения изменчивости признаков с возрастом. Например, Cv по живой массе в 6 дней составил 2,5-3,1%, в 42 дня – 9,3-7,8%, а в 90 дней – уже 17,0-19,0%. Изменчивость глубины груди, ширины груди за лопатками и ширины в маклоках была ниже, чем по другим промерам туловища. Коэффициент вариации по обхвату пясти был наи-

меньшим по сравнению с другими фенотипическими признаками (2-3,1%).

Безусловно, точная динамическая фиксация изменений фенотипических признаков и возможность создания равных условий кормления и содержания для экспериментальных животных – это существенные преимущества использования ресурсной популяции для проведения GWAS перед случайной выборкой. А. Kominakis с соавторами [6] первоначально отобрали 524 маток молочной породы Frizarta, но только у 459 маток имелись полные записи о десяти промерах туловища.

**Выводы.** 1. При оценке параметров биологического разнообразия на геномном уровне было выявлено, что уровень наблюдаемой гетерозиготности у экспериментальных помесных овец варьировал от 0,382-0,396 у возвратных кроссов до 0,407-0,409 у кроссов первого поколения и превышал величину аналогичного показателя у их матерей романовской породы ( $H_o = 0,363-0,373$ ). Было установлено, что уровни ожидаемой гетерозиготности и аллельное разнообразие у возвратных и F1 кроссов близки к значениям данных параметров у пород Suffolk и Wiltshire Horn, участвующих в создании отцовской породы катадин ( $uH_e = 0,328-0,343$ ;  $Ar = 1,849-1,899$  и  $uH_e = 0,330$  и  $0,260$ ;  $Ar = 1,820-1,950$ , соответственно). Полученные данные могут косвенно свидетельствовать о довольно высокой генетической изменчивости в ресурсной популяции овец.

2. Генетическая структура ресурсной популяции овец была наглядно продемонстрирована с помощью проведенного анализа главных компонент (PCA). Была подтверждена генетическая контрастность родительских пород (романовской и катадин), о чем свидетельствует четкое разделение соответствующих групп по второй главной компоненте. Семейства экспериментальных овец четко отделяются друг от друга первой главной компонентой, что характеризует их неродственность. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в нашей работе были соблюдены оба принципа, лежащих в основе создания ресурсных популяций (контрастность исходных форм и наличие более одного семейства полусибсов).

---

<sup>2</sup>Иванов М.Ф. Овцеводство. М., 1940. 704 с.

<sup>3</sup>Breeds of Livestock - Katahdin Sheep. Breeds of Livestock, Department of Animal Science. URL: <http://afs.okstate.edu/breeds/sheep/katahdin/> (accessed 06.09.2019)

<sup>4</sup>Breed Origin & History. Katahdin Hair Sheep International: A breed whose time come. URL: <https://www.katahdins.org/about-the-breed/history/> (accessed 06.09.2019)

*Таблица 3 – Фенотипическая характеристика возвратных кроссов из двух семейств, входящих в состав ресурсной популяции /*

*Table 3 – Phenotypic characteristics of backcross progeny from two half-sib families of the ovine resource population*

<i>P<sub>op</sub></i>	<i>n</i>	<i>Возраст овец / Age of sheep</i>					
		<i>6 дней / 6 days</i>		<i>42 дня / 42 days</i>		<i>90 дней / 90 days</i>	
		<i>M±m</i>	<i>Cv</i>	<i>M±m</i>	<i>Cv</i>	<i>M±m</i>	<i>Cv</i>
<i>Живая масса, кг / Body weight, kg</i>							
I	25	3,38±0,12	2,5	8,49±0,43	9,3	15,49±0,80	17,0
II	21	3,02±0,65	3,1	7,69±0,36	7,8	13,61±0,87	19,0
<i>Высота в холке, см / Withers height, cm</i>							
I	25	35,36±0,42	8,9	44,03±0,55	11,8	51,52±0,65	13,9
II	21	34,41±0,49	10,6	43,40±0,62	13,5	50,50±0,80	17,5
<i>Высота в крестце, см / Rump height, cm</i>							
I	25	34,29±0,41	8,8	42,99±0,55	11,8	50,63±0,66	14,0
II	21	33,36±0,50	10,9	42,50±0,61	13,4	49,48±0,81	17,6
<i>Высота спины, см / Back height, cm</i>							
I	25	34,78±0,41	8,8	43,42±0,55	11,8	51,06±0,65	13,9
II	21	33,85±0,48	10,5	42,91±0,61	13,4	49,99±0,80	17,5
<i>Глубина груди, см / Chest depth, cm</i>							
I	25	10,66±0,15	3,3	14,92±0,31	6,6	18,45±0,35	7,4
II	21	10,30±0,18	3,9	14,69±0,33	7,2	18,39±0,44	9,6
<i>Ширина груди за лопатками, см / Chest width, cm</i>							
I	25	4,45±0,12	2,6	7,81±0,26	5,5	9,97±0,32	6,9
II	21	4,40±0,14	3,0	7,25±0,25	5,5	9,20±0,33	7,3
<i>Ширина в маклоках, см / Width at the iliac tubercle, cm</i>							
I	25	6,75±0,11	2,4	9,45±0,24	5,1	11,70±0,25	5,4
II	21	6,71±0,12	2,5	9,18±0,18	4,0	11,26±0,27	5,8
<i>Длина туловища, см / Body length, cm</i>							
I	25	28,95±0,37	8,0	41,01±0,80	16,9	50,88±0,73	15,5
II	21	28,40±0,42	9,2	39,70±0,65	14,2	49,29±1,02	22,3
<i>Косая длина туловища, см / Oblique body length, cm</i>							
I	25	29,71±0,40	8,4	42,10±0,78	16,6	52,48±0,76	16,2
II	21	29,12±0,43	9,4	40,73±0,67	14,6	51,03±1,04	22,7
<i>Обхват пясти, см / Wrist girth, cm</i>							
I	25	5,10±0,07	1,5	5,53±0,06	1,3	5,94±0,09	2,0
II	21	4,91±0,07	1,5	5,25±0,07	1,5	5,77±0,14	3,1

Примечания: P<sub>op</sub> – группа возвратных кроссов; I – объединенная группа возвратных кроссов из семейства I; II – объединенная группа возвратных кроссов из семейства II; n – количество голов в группе; M±m – средняя арифметическая средняя и ошибка средней; Cv – коэффициент вариации признака (в %) / Note: P<sub>op</sub> – group of backcross sheep; I – a combined group of backcross sheep from half-sib family I; II – a combined group of backcross sheep from half-sib family II; n – sample size for each studied group; M±m – an arithmetic mean with standard error; Cv – coefficient of variation, %.

3. Статистический анализ по девяти промерам туловища и живой массе у овец ресурсной популяции, оцененных в динамике 6, 42 и 90 дней, выявил сравнительно высокие коэффициенты вариации по таким важным признакам, как живая масса, длина туловища, высота в холке, в крестце и спине (от 13,9 до

22,7%). Полученные данные свидетельствуют о высоком диапазоне фенотипической изменчивости показателей роста и развития животных и, вероятно, являются предпосылкой для проведения успешного картирования локусов количественных признаков, ассоциированных с интенсивностью роста, на основе GWAS.

*References*

1. Kijas J. W., Lenstra J. A., Hayes B., Boitard S., Porto Neto L. R., San Cristobal M., Servin B., McCulloch R., Whan V., Gietzen K., Paiva S., Barendse W., Ciani E., Raadsma H., McEwan J., Dalrymple B., International Sheep Genomics Consortium Members. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biol.* 2012;10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
2. Beynon S. E., Slavov G. T., Farré M., Sunduimijid B., Waddams K., Davies B., Haresign W., Kijas J., MacLeod I. M., Newbold C. J., Davies L., Larkin D. M. Population structure and history of the Welsh sheep breeds determined by whole genome genotyping. *BMC Genet.* 2015;16:65. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0216-x>
3. Lv F. H., Agha S., Kantanen J., Colli L., Stucki S., Kijas J. W., Joost S., Li M. H., Marsan P. A. Adaptations to Climate-Mediated Selective Pressures in Sheep. *Molecular Biology and Evolution.* 2014; 31(12):3324-3343. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msu264>
4. Rochus C. M., Tortereau F., Plisson-Petit F., Restoux G., Moreno-Romieux C., Tosser-Klopp G., Servin B. Revealing the selection history of adaptive loci using genome-wide scans for selection: an example from domestic sheep. *BMC Genomics.* 2018;19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4447-x>
5. Al-Mamun H. A., Kwan P., Clark S. A., Ferdosi M. H., Tellam R., Gondro C. Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight. *Genet. Sel. Evol.* 2015;47(1):66. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0142-4>
6. Kominakis A., Hager-Theodorides A. L., Zoidis E., Saridaki A., Antonakos G., Tsiamis G. Combined GWAS and 'guilt by association'-based prioritization analysis identifies functional candidate genes for body size in sheep. *Genet. Sel. Evol.* 2017;49:41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-017-0316-3>
7. Chang C. C., Chow C. C., Tellier L. C., Vattikuti S., Purcell S. M., Lee J. J. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. *GigaScience.* 2015;4:1-16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8>
8. Keenan K., McGinnity P., Cross T. F., Crozier W. W., Prodohl P. A. *diversity*: An R package for the estimation of population genetics parameters and their associated errors. *Methods Ecol. Evol.* 2013;4:782-788. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12067>
9. Qiao R., Gao J., Zhang Z., Li L., Xie X., Fan Y., Cui L., Ma J., Ai H., Ren J., Huang L. Genome-wide association analyses reveal significant loci and strong candidate genes for growth and fatness traits in two pig populations. *Genet Sel Evol.* 2015; 47(1):17. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0089-5>
10. Gu X., Feng C., Ma L., Song C., Wang Y., Da Y., Li H., Chen K., Ye S., Ge C., Hu X., Li N. Genome-Wide Association Study of Body Weight in Chicken F2 Resource Population. *PLoS ONE.* 2011;6(7):e21872. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021872>
11. Jonas E., Thomson P. C., Raadsma H. W. Genome-wide association study and fine mapping of QTL on OAR 21 for body weight in sheep. *Proceeding of the 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production: 1-6 August 2010. Leipzig, 2010.*
12. Ledur M. C., Navarro N., Perez-Enciso M. Large-scale SNP genotyping in crosses between outbred lines: how useful is it? *Heredity.* 2009;105:173-182. DOI: <https://doi.org/10.1038/hdy.2009.149>
13. Deniskova T. E., Dotsev A. V., Selionova M. I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Wimmers K., Barbato M., Traspov A. A., Brem G., Zinovieva N. A. Population structure and genetic diversity of 25 Russian sheep breeds based on whole-genome genotyping. *Genet Sel Evol* 2018; 50(1):29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0399-5>
14. Edea Z., Dessie T., Dadi H., Do K. T., Kim K. S. Genetic Diversity and Population Structure of Ethiopian Sheep Populations Revealed by High-Density SNP Markers. *Front Genet.* 2017; 8:218. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00218>

**Сведения об авторах:**

✉ **Денискова Татьяна Евгеньевна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярных основ селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5809-1262>, e-mail: horarka@yandex.ru,

**Доцев Арсен Владимирович**, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3418-2511>, e-mail: asnd@mail.ru,

**Петров Сергей Николаевич**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5130-677X>, e-mail: citelekle@gmail.com,

**Форнара Маргарет Сергеевна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярных основ селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8844-177X>, e-mail: margaretfornara@gmail.com,

**Рейер Хенри**, доктор естеств. наук, постдокторант отдела геномики Института геномной биологии, Лейбницкий институт биологии сельскохозяйственных животных (FBN), Вильгельм Шталь Аллее 2, г. Думмерсторф, Мекленбург-Передняя Померания, Германия, 18196, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6470-0434>**, e-mail: reyer@fbn-dummerstorf.de,

**Виммерс Клаус**, доктор естеств. наук, профессор факультета сельскохозяйственных и экологических наук Университета города Росток, директор Лейбницкого института биологии сельскохозяйственных животных (FBN), Вильгельм Шталь Аллее 2, г. Думмерсторф, Мекленбург-Передняя Померания, Германия, 18196, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9523-6790>**, e-mail wimmers@fbn-dummerstorf.de,

**Брем Готтфрид**, доктор вет. наук, профессор, иностранный академик Российской академии наук, руководитель отдела репродуктивной биотехнологии Института генетики и разведения животных Ветеринарно-медицинского университета, Ветеринарплац, А-1210, г. Вена, Австрия, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7522-0708>**, e-mail gottfried.brem@agrobiogen.de,

**Багиров Вугар Алиевич**, доктор биол. наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5398-8815>**, e-mail: vugarbagirov@mail.ru,

**Зиновьева Наталия Анатольевна**, доктор биол. наук, профессор, академик Российской академии наук, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, д. 60, Городской округ Подольск, Московская обл., Российская Федерация, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4017-6863>**, e-mail: n\_zinovieva@mail.ru.

**Information about the authors:**

✉ **Tatiana E. Deniskova**, PhD in Biological science, senior researcher, the Laboratory of Molecular Basis of Selection, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5809-1262>**, e-mail: horarka@yandex.ru,

**Arsen V. Dotsev**, PhD in Biological science, leading researcher, Head of the Laboratory of Functional and Evolutionary Animal Genomics, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3418-2511>**, e-mail: asnd@mail.ru,

**Sergey N. Petrov**, PhD in Biological science, senior researcher, the Laboratory of Functional and Evolutionary Animal Genomics, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5130-677X>**, e-mail: citelekle@gmail.com,

**Margaret S. Fornara**, PhD in Biological science, senior researcher, the Laboratory of Molecular Basis of Selection, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8844-177X>**, e-mail: margaretfornara@gmail.com,

**Henry Reyer**, Dr. rer. nat., Postdoctoral Fellow of the Genomics Unit Institute of Genome Biology, Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, Dummerstorf, Mecklenburg-Vorpommern, Germany, 18196, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6470-0434>**, e-mail: reyer@fbn-dummerstorf.de,

**Klaus Wimmers**, Prof. Dr. rer. nat, the Faculty of Agricultural and Environmental Science, University Rostock, director of the Leibniz-Institute for Farm Animal Biology (FBN), Wilhelm-Stahl-Allee 2, Dummerstorf, Mecklenburg-Vorpommern, Germany, 18196, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9523-6790>**, e-mail wimmers@fbn-dummerstorf.de,

**Vugar A. Bagirov**, DSc in Biological science, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Department for Coordination of Activities of Agricultural Sciences Organizations of the Ministry of Education and Science of Russia, Chief researcher of L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5398-8815>**, e-mail: vugarbagirov@mail.ru,

**Gottfried Brem**, Prof. Dr.med.vet, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Reproductive Biotechnology Unit Institute of Animal Breeding and Genetics, University of Veterinary Medicine (VMU), Veterinärplatz, A-1210, Vienna, Austria, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7522-0708>**, e-mail gottfried.brem@agrobiogen.de,

**Natalia A. Zinovieva**, DSc in Biological science, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Director of L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy village, 60, Podolsk City District, Moscow Region, Russian Federation, 142132, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4017-6863>**, e-mail: n\_zinovieva@mail.ru.

✉ - Для контактов / Corresponding author

**ЗВЕРОВОДСТВО. ОХОТОВЕДЕНИЕ/  
FUR FARMING AND HUNTING**<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.508-516>

УДК 639.125.1

**Методика трофейной оценки глухарей**© 2019. В. В. Колесников<sup>1,2</sup>, Д. П. Стрельников<sup>1</sup>, Н. С. Суханова<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Российская Федерация,<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Российская Федерация

Один из важнейших объектов охоты в России – глухарь, на данный момент не включен в список оцениваемых охотничьих трофеев в связи с отсутствием приемлемой методики оценки. Цель работы – разработка метода оценки трофейных достоинств глухарей. Объект исследования – морфологические показатели, отражающие размеры и возраст добываемых птиц. В исследовании вовлечены 39 чучел обыкновенного глухаря, 47 тушек свежедобытых птиц и 105 черепов из научных коллекций. Измерение таксидермических изделий (чучел и музейных тушек) недостаточно отражает информацию о добытой птице. Предпочтительно в качестве трофея использовать череп самца глухаря. В системе Международного совета по охоте и охране животного мира (CIC) традиционные измерения черепа – это наибольшая длина и наибольшая ширина. У трофейных зверей их размер достаточно полно характеризует сумма этих показателей, поэтому именно они выбраны для трофейной оценки. У глухарей связь аналогичных промеров с массой тела оказалась не такой тесной  $r = 0,489$ . На наш взгляд, необходимо привлечь в метод оценки дополнительный параметр – размер межглазничного пространства. Этот промер используется в методиках определения возраста добытых глухарей. Формула для подсчета баллов – произведение межглазничного пространства на сумму наибольшей длины и наибольшей ширины черепа. Коэффициент корреляции между трофейной оценкой по такой формуле и массой птицы в нашем исследовании  $r_m = 0,931$ , а трофейной оценкой и возрастом  $r_v = 0,920$ . Интервалы итоговых баллов для присвоения медалей: бронзовая – 55-59,99 балла, серебряная – 60-64,99, золотая – более 65 баллов. Эта система оценки успешно прошла апробацию на трех выставках охотничьих трофеев, проводившихся в Кировской области в 2017 и 2019 годах, и была одобрена экспертными комиссиями.

**Ключевые слова:** охотничьи трофеи, методика оценки, обыкновенный глухарь, измерения черепа

**Благодарности:** работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ ВНИИОЗ имени профессора Б. М. Житкова (тема №0766-2019-0003).

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

**Для цитирования:** Колесников В. В., Стрельников Д. П., Суханова Н. С. Методика трофейной оценки глухарей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):508-516. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.508-516>

Поступила: 10.09.2019 Принята к публикации: 10.10.2019 Опубликована онлайн: 18.10.2019

**The method of trophy assessment of capercaillies**© 2019. Vyacheslav V. Kolesnikov<sup>1,2</sup>, Dmitriy P. Strelnikov<sup>1</sup>,Natalya S. Sukhanova<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russian Federation,<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russian Federation

The capercaillie as one of the most important hunting objects in Russia has not yet been included in the list of estimated hunting trophies due to the lack of an acceptable assessment methodology. The aim of the work is to develop a method for assessing the trophy advantages of a capercaillie. The objects of the study were morphological indicators which expressed the size and the age of the birds caught. The study involved 39 stuffed animals of capercaillie, 47 carcasses of freshly caught birds and 105 skulls from research collections. Measurement of taxidermy products (stuffed animals and museum carcasses) gives inaccurate information about the fowl caught. It is preferable to use the skull of a male capercaillie as a trophy. In the system of the International Council for the Hunting and Preservation of the Wildlife (CIC) the traditional measurements of the skull are the maximum length and width. In trophy animals, the skull size sufficiently reflects the sum of these indicators, therefore they are chosen for trophy assessment. For capercaillie, the correlation of similar pro-meters with body weight was not so close  $r = 0,489$ . In authors' opinion, the assessment method should include the size of the interorbital space as an additional parameter. This measurement is used in methods for determining the age of capercaillies caught. The formula for scor-

ing is the product of the interorbital space by the sum of the maximum length and width of the skull. The correlation coefficient between the trophy rating by this formula and the bird weight in this study is  $r_m = 0.931$ , and the trophy rating and age  $r_s = 0.920$ . The intervals of the final points for awarding the medals are: bronze – 55-59.99 points, silver – 60-64.99, gold – more than 65 points. This assessment system was successfully tested at two exhibitions of hunting trophies held in the Kirov region in 2017, and was approved by expert commissions.

**Key words:** hunting trophies, methods of assessment, capercaillie, skull measurements

**Acknowledgement:** the research was carried out within the state assignment of the Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (theme No. 0766-2019-0003).

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

**For citation:** Kolesnikov V. V., Strelnikov D. N., Sukhanova N. S. The method of trophy assessment of capercaillies. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(5):508-516. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.508-516>

Received: 10.09.2019

Accepted for publication: 10.10.2019

Published online: 18.10.2019

В Положении об охотничьих трофеях в Российской Федерации под охотничьими трофеями, подлежащими экспертной оценке, понимаются «... рога, черепа, шкуры, клыки, бивни животных, обитавших в условиях естественной свободы, добытых с соблюдением существующих законов и норм охотничьей этики»<sup>1</sup>. У трофея обязательно указывается: время (месяц и год) и место его добычи (регион, административный район), фамилия, имя, отчество добывшего трофей охотника и владельца трофея. Охотничьи трофеи не только память о счастливом моменте охоты, метком выстреле, но еще и ценный зоологический материал, имеющий большое эстетическое, историческое и научное значение.

Международный Совет по охоте и охране животного мира (CIC) поддерживает внесение новых видов животных в списки «трофейных» видов. Совсем недавно в этот список были внесены бобр и шакал<sup>2</sup>, до этого российские специалисты по оценке охотничьих трофеев разработали методику оценки шкур россомахи и гималайского медведя [1].

Досадно, что птицы, составляющие огромную долю охотничьей добычи, пока не фигурируют в качестве охотничьих трофеев. Даже глухарь (*Tetrao urogallus*) не имеет методики оценки трофейного достоинства и официальной шкалы его трофейной оценки, являясь членом списка трофейной номинации «Великолепная семерка». Номинантами ее

становятся все охотники, лично добывшие трофеи следующих охотничьих животных: медведь бурый (камчатский или уссурийский), волк, рысь, лось (восточносибирский или колымский), марал, косуля сибирская, глухарь.

Попытки создания оценочной методики и шкалы трофейной оценки глухаря ранее предпринимались в Чехословакии [2, 3], и даже были оценены несколько десятков глухарей. Однако дальше выставок охотничьих трофеев в этой стране дело не продвинулось.

В понятие «Охотничье трофейное дело» входит поддержание баз данных о трофеях, изучение трофейных характеристик животных и введение в перечень трофейных видов новых животных. В связи с этим, для развития трофейного дела в России необходимо разработать метод оценки трофейных качеств глухарей.

**Цель исследований** – разработка метода оценки трофейных достоинств глухаря.

**Материал и методы.** В исследование было вовлечено 39 чучел обыкновенного глухаря, 47 тушек свежедобытых птиц и 105 черепов из научных коллекций. Экспонаты географически представлены достаточно широко: Архангельская, Московская, Вологодская, Кировская, Свердловская, Новосибирская области; республики Коми, Башкортостан, Якутия; Красноярский край и Ханты-Мансийский автономный округ. На тушках и чучелах производили морфометрические измерения по общепринятым методикам<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Козловский И. С., Колесников В. В. Положение об охотничьих трофеях в Российской Федерации. Киров, 2010. С. 4.

<sup>2</sup>CIC Handbook for the Evaluation and Measurement of Hunting Trophies. International Council for Game and Wildlife Conservation, Budakeszi, 10-2014 Edition 2014. 140 p. URL: <http://www.cic-wildlife.org/trophy-evaluation/the-handbook/> (дата обращения: 12.08.2019).

<sup>3</sup>Eck S., Fiebig J., Fiedler W., Heynen I., Nicolai B., Töpfer T., Elzen R., Winkler R., Woog F. Measuring Birds. Vögel Vermessen. Wilhelmshaven: Deutsche Ornithologen-Gesellschaft, 2011. 118 p.

Возраст был определён у 80 самцов обыкновенного глухаря с использованием методики определения возраста по степени окостенения костей черепа и величине межглазничного пространства<sup>4,5</sup>. Возраст чучельного материала оценивали по величине хвостовых перьев<sup>6, 7</sup> и крапчатости дистальных перьев крыла<sup>8</sup> [4]. Методы определения возраста глухаря по высоте клюва и борозде на нём<sup>9</sup> [5] мы не использовали, так как клюв – это роговое образование. В природе он может стачиваться, а на музейных экспонатах усыхает и меняет форму. При измерениях черепа использовали электронный штангенциркуль (с точность измерений 0,01 мм).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Office Excel 2013 и STATISTICA 10.0. Основным методом оценки адекватности выборки выбрали сравнение ее с моделью нормального распределения<sup>10</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Для экспертов по охотничьим трофеям очевидно, что из-за значительного полового диморфизма [6] возможна оценка только самцов глухаря. По традиции СИС самки не оцениваются, если самцы значительно крупнее. При оценке трофея, как правило, стремятся оценить добытое животное по тем останкам, которые могут быть предъявлены на экспертизу в любой момент, и которые могут достаточно долго храниться без критических изменений и адекватно отразить индивидуальность особи для сравнения с другими подобными трофеями. Поэтому у оленей и полорогих оценивают рога, у хищников и бобра – черепа (шкуры оцениваются только на национальном уровне, а не на международном), у саблезубых животных (морж, кабарга, дикие свиньи) – клыки и бивни. Все эти части тела по-своему отражают индивидуальность животного.

В системе СИС до настоящего времени отсутствуют методики оценки птиц. Что же из неизменяемых останков глухаря может отразить

его трофейное достоинство? Чучело, шкура, перья, клюв, когти или череп? Для правильного выбора необходимо решить, в чем охотники видят достоинство и гордость за добытую птицу. Скорее всего, в размере. Чем больше, тем лучше и удивительнее. К примеру, размер добытых слонов, лосей, медведей так же является предметом гордости охотника. Размер может выражаться в линейных промерах и массе добытой тушки. К сожалению, не всегда сохраняется достоверная информация о массе и длине добытых животных и не всегда есть возможность взвесить слона или лося. Зато сохраненные бивни или рога адекватно отражают размеры, здоровье и индивидуальность добытых особей. От чего зависит размер животных? От пола, возраста, закономерностей, связанных с географией их обитания и от индивидуальных особенностей животного. Следовательно, «трофей», подвергаемый экспертной оценке, должен быть связан с размером птицы. Именно поэтому предлагаемые ранее методики оценки глухаря предусматривали взвешивание и промеры добытой птицы.

Первое, о чем надо сказать после рассмотрения предлагаемых ранее методов оценки, это то, что оценка дефектов добывания (посеченность дробью, отсутствие или сломы перьев и пр.) в традиции системы СИС не прослеживаются. Поэтому мы считаем, что их не следует применять.

Казалось бы, оценить красоту и размер добытой птицы удобно по чучелу. Однако, измеряя длину крыла, перьев хвоста и бороды, длину тела, массы птицы и прочее, мы обратили внимание, что данные промеры нетрудно сделать на свежедобытой тушке, а на экспонате, хранившемся годы или десятилетия, музейной тушке, чучеле, это осуществить порой трудно или невозможно. Во-первых, суставы не гнутся и их центр сложно обнаружить (при измерениях длины хвоста, цевки и крыла), поэтому возможны субъективные ошибки.

<sup>4</sup>Кириков С. В. Возрастные изменения жевательной мускулатуры и черепа у глухарей. Зоологический журнал. 1944;23(4):16-25.

<sup>5</sup>Семёнов-Тян-Шанский О. И. Экология тетеревиных птиц. М.: Главное управление охотничьего хозяйства при Министерстве сельского хозяйства РСФСР, 1959. 318 с.

<sup>6</sup>Гаврин В. Ф. Обыкновенный глухарь. Спортивная охота в СССР. Т1. М.: Физкультура и спорт, 1975. С. 57-62.

<sup>7</sup>Герцег А. Б. Охота в иллюстрациях. Пер. со словац. яз. Изд. 2-е, без изм. Братислава: изд-во книг и журналов «Природа», 1984. 550 с.

<sup>8</sup>Helminen M. Composition of the Finnish populations of capercaillie, Tetrao urogallus, and black grouse, Lyrurus tetrrix, in the autumns of 1952-1961, as revealed by a study of wings. Finnish Game Research. 1963;23:3-124.

<sup>9</sup>Стаховский В. Г. К определению возраста у глухаря в связи с отстрелом на токах. Боец-охотник. 1932;(4-5):5-7.

<sup>10</sup>Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 110 с.

Именно поэтому, в предлагаемых ранее методиках были понижающие коэффициенты, которые чисто арифметически сокращают субъективную ошибку, но усложняют анализ информации о добытых птицах. Во-вторых, процесс измерения нарушает уложенную таксидермистом поверхность перьев, как бы осторожно эксперты не проводили измерения. В-третьих, неудобство оценки трофейного достоинства того или иного экземпляра по чучелу связано еще и с тем, что таксидермисты для ремонта исходного материала часто используют части тела других особей, то есть нарушается принцип идентичности трофея одной особи. Кроме того, современная технология изготовления чучел с использованием скульптурных полимерных манекенов предполагает наклеивание на них отдельных частей шкуры, предварительно отрезанных по аптериям. В связи с этим, практически невозможно убедиться в том, что представленное изделие изготовлено из материала одной добытой птицы и о достоверности экспертного описания не может быть и речи. В-четвертых, экспонаты из перьев часто подвергаются нападению насекомых-вредителей, портящих их. Таким образом, измерение таксидермических изделий недостоверно отражает информацию о добытой птице, может нарушить эстетическую привлекательность чучела, надежность сохранения которого значительно ниже, чем костных экспонатов. Следовательно, чучела мало подходят в качестве оцениваемых трофеев.

Альтернативой для упомянутых объектов измерений и оценки может быть череп птицы. При старых технологиях таксидермии череп использовался в изготовлении манекена птицы, и для обладателя трофея это могло бы создать противоречие при принятии решения, в каком виде сохранить память о добыче – в виде таксидермического изделия (чучела) или в виде трофея, который может оцениваться и сравниваться с подобными экспонатами. При современных технологиях таксидермии череп птицы уже не нужен для изготовления манекена чучела глухаря и упомянутое противоречие снимается.

Череп, как объект для измерений, более надежен, удобен и достаточно хорошо отражает здоровье, возраст и индивидуальные достоинства добытой птицы. Согласно традиции системы СИС у черепов измеряют наибольшую длину (от передних резцов до самой удаленной точки на сагиттальном гребне, параллельно продольной оси черепа) и наибольшую ширину (расстояние между наиболее удаленными точками скуловых дуг, перпендикулярно продольной оси черепа). Эти величины, взятые в сантиметрах (с точностью до второго знака после запятой), складывают, а полученная сумма выражается в баллах и является окончательной величиной трофейной оценки. Как правило, у зверей с возрастом увеличивается длина и ширина черепа, за счет увеличения жевательной мускулатуры расширяются скуловые дуги, и удлиняется сагиттальный гребень, к которому крепятся жевательные мышцы (рис. 1).

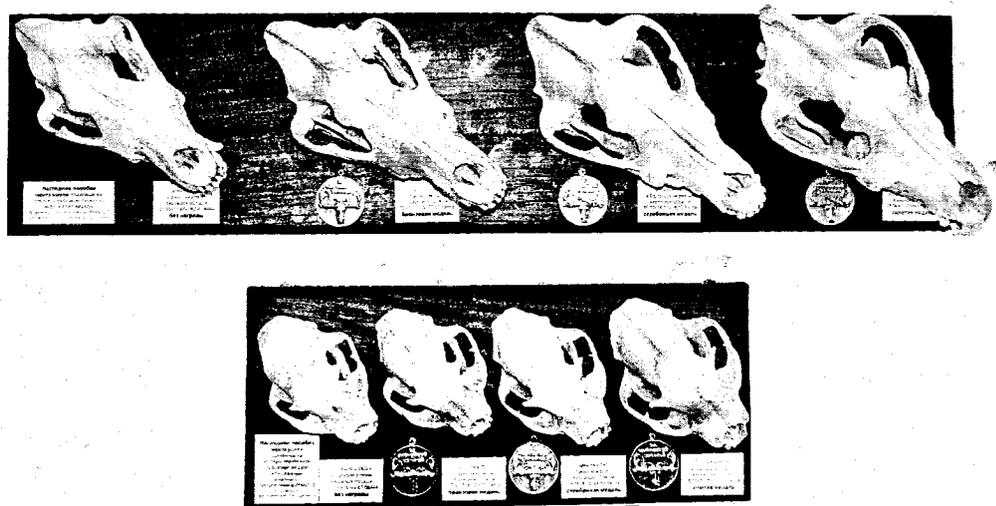


Рис. 1. Сравнение черепов волков (вверху) и рысей (внизу) разного трофейного достоинства. Слева направо: без награды и награжденные бронзовой, серебряной и золотой медалями по системе СИС. Чётко прослеживается увеличение сагиттального гребня /

Fig. 1. Comparison of skulls of wolves (above) and lynxes (below) of different trophy value. From left to right: without an award and awarded with bronze, silver and gold medals according to the SIC system. There is a clear increase in the sagittal crest

Чтобы выяснить, существует ли связь между суммой длины и ширины черепа с массой глухаря, была обработана информация о

массе 46 птиц (из 105 особей, участвующих в исследовании черепов). Сопоставление этих параметров представлено на рисунке 2.

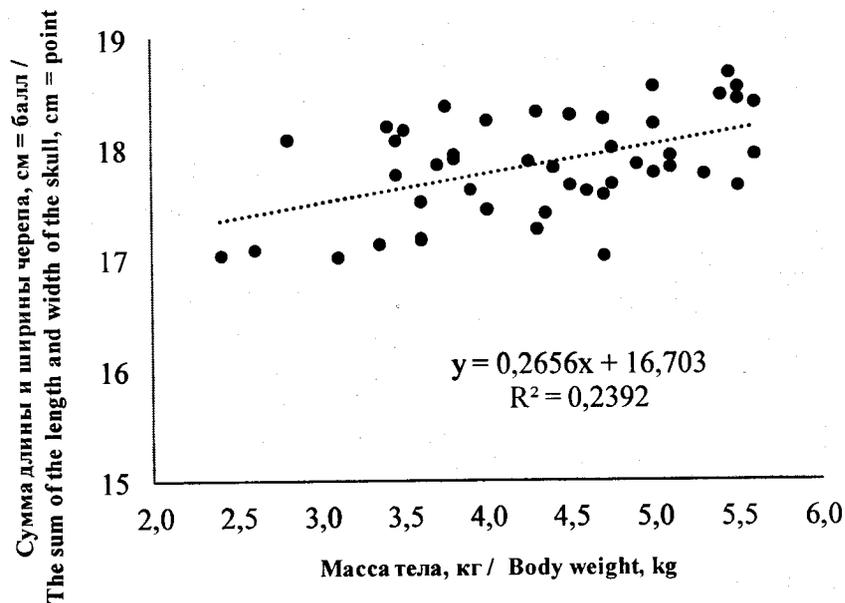


Рис. 2. Соотношение суммы максимальных длины и ширины черепа с массой тела у самцов глухаря /

Fig. 2. The ratio of the sum of the maximum length and width of the skull to body weight in male capercaillie. OX axis - body weight, kg; OY axis - the sum of the length and width of the skull, cm = point

Очевидно, что у птиц эта связь не такая тесная, (коэффициент корреляции между суммой промеров и массой  $r_1 = 0,489$ ), возможно, из-за отличий в строении черепа зверей и птиц. Кроме того, масса тела глухаря носит географическую [7] и сезонную изменчивость, а наша выборка географически и сезонно представлена очень широко.

Масса глухаря меняется не только в возрастном аспекте. Известны межгодовые, сезонные и суточные вариации этого показателя. Последние могут отражать циклическое наполнение кишечного тракта, а также суточные изменения по содержанию влаги и жировых запасов в организме [8]. В нашем исследовании обнаружена тесная связь между массой тела и возрастом добытой птицы (коэффициент корреляции  $r_2 = 0,966$ ), так как взяты особи, добываемые на токах в весенний период. В методах определения возраста глухаря по черепу используется расстояние между глазницами, измеряемое позади слёзных костей черепа, следовательно, этот промер необходимо ввести в формулу для определения трофейного балла. По данным наших коллег из Финляндии [9], проводивших статистиче-

скую обработку черепов глухаря по 26 параметрам, величина расстояния между глазницами входит в пять наиболее удачных переменных для разделения возрастных групп.

Самостоятельно этот показатель не очень удобен для отражения трофейной ценности экспоната, несмотря на довольно тесную связь с массой тела ( $r_3 = 0,889$ ) (рис. 3). Диапазон этого промера в нашем исследовании 1,88-4,19 см. Небольшая величина вариации признака повышает цену единицы измерения, и, следовательно, цену субъективной ошибки.

Для вывода балльной оценки мы предлагаем сумму традиционных промеров – наибольшей длины и ширины черепа, умножить на расстояние межглазничного пространства (1)

$$T = R \times (L + S), \quad (1)$$

где  $T$  – трофейное достоинство (в баллах),  $R$  – межглазничное расстояние (см),  $L$  – наибольшая длина (см),  $S$  – наибольшая ширина (см).

Из всех рассмотренных нами вариантов формулы этот вариант оказался оптимальным. Коэффициент корреляции между трофейной оценкой по такой формуле и массой птицы в нашем исследовании  $r_m = 0,931$ , а трофейной оценкой и возрастом  $r_v = 0,920$  (рис. 4 и 5).

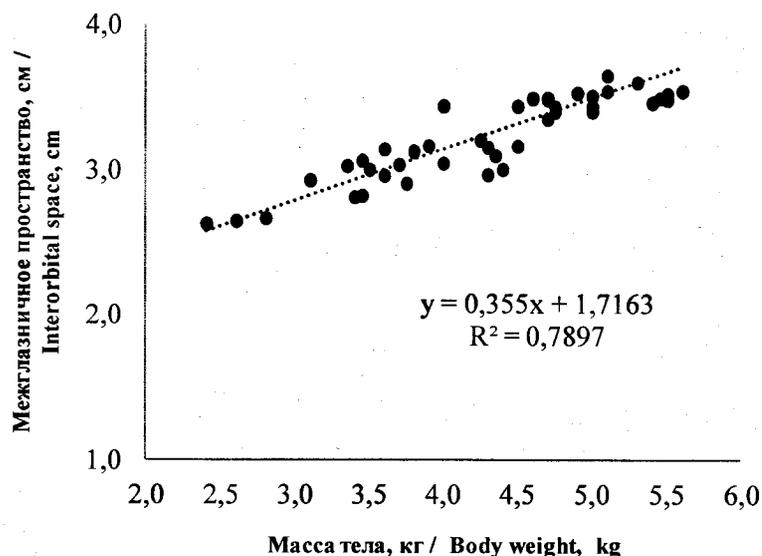


Рис. 3. Соотношение величины межглазничного пространства черепа самцов глухаря с массой тела добытых птиц /

Fig. 3. The ratio of the interorbital space of the skull of male capercaillie to the body weight of birds caught

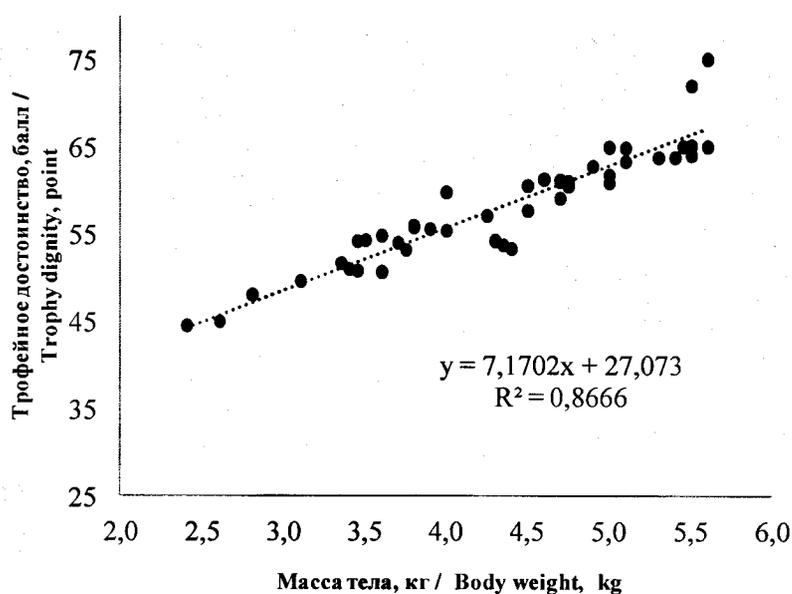


Рис. 4. Соотношение балльной оценки самцов глухаря с массой тела добытых птиц /

Fig. 4. The ratio of the score of male capercaillie to the body weight of the birds caught

По возрасту птиц исследованные черепа ( $n = 81$ ) распределились так: младше 1 года – 6 особ., в возрасте 1 год – 5 особ., 1,5 года – 8 особ., 2 года – 19 особ., 2,5 года – 10 особ., 3 года – 11 особ., 3,5 года – 6 особ., 4 года – 14 особ. и старше 4-х лет – 7 особей, то есть представлены практически все возрастные категории. Трофейное достоинство всех имевшихся черепов, определённое по предлагаемой формуле (1), варьировало от 31,89 до 75,21 балла. Среднее значение  $54,92 \pm 0,77$  балла.

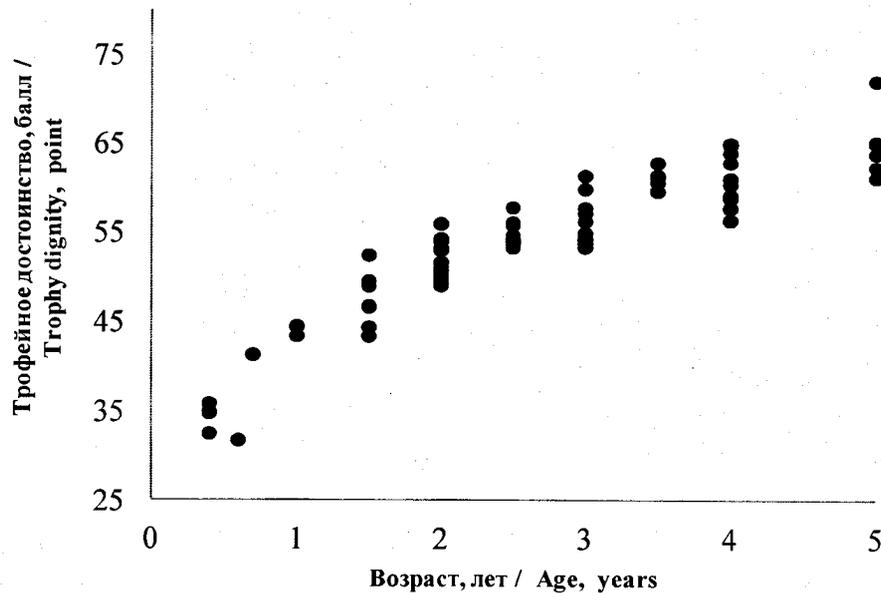
На рисунке 6 показано распределение балльной оценки черепов, которое оказалось

близким к нормальному. Гипотеза нормального распределения проверялась по показателю Шапиро-Вилка ( $W = 0,96292$ ,  $p = 0,00495$ ) и анализом скоса и эксцесса, которые не значимо отличимы от нуля.

Бронзовыми медалями в системе СИС награждаются крупные трофеи, серебряными – очень крупные, золотыми – выдающиеся, категории Гран-при удостаиваются особо выдающиеся трофеи. Поэтому логично, что медалями награждаются трофеи крупнее среднего показателя. Наше предложение: бронзовая медаль (БМ) – от 55,00 до 59,99 балла,

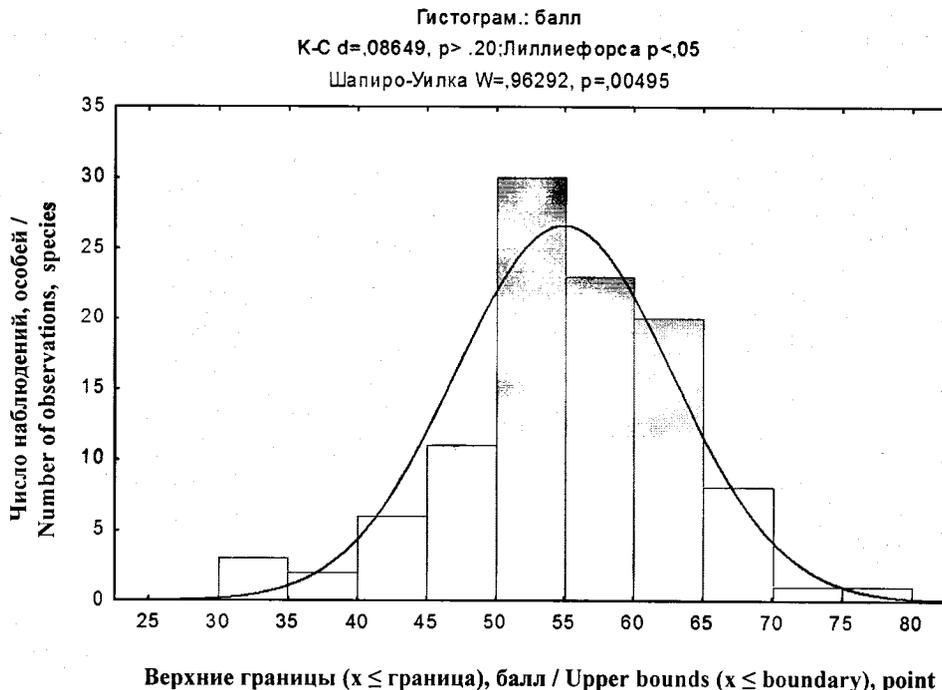
серебряная (СМ) – 60,00-64,99 балла, золотая (ЗМ) – более 65 баллов. В качестве дополнительных данных, которые пока не отражаются в итоговой оценке, но служат для накопления

информации в целях дальнейшего совершенствования метода оценки, можно указывать массу тела, возраст птицы, форму клюва (с бороздкой или без), длину и форму перьев хвоста.



**Рис. 5.** Соотношение балльной оценки с возрастом глухаря. В категории возраста 5 указаны все экспонаты с возрастом старше 4-х лет /

**Fig. 5.** The ratio of the score with the age of capercaillie. In the category of 5 years of age, all exhibits with an age older than 4 years are indicated



**Рис. 6.** Распределение черепов глухарей разного трофейного достоинства в исследованной выборке. Ось абсцисс – верхние границы балльных оценок черепов ( $x \leq$  граница), балл; ось ординат – число наблюдений (количество черепов), особей. Сверху – статистические показатели: показатель Шапиро-Уилка  $W = 0,96292$ ,  $p = 0,00495$ ; К-С  $d = 0,08649$ ,  $p > 0,20$  /

**Fig. 6.** Distribution of skulls of capercaillie of various trophy value in the studied sample. OX axis – upper bounds of skull assessment ( $x \leq$  boundary), point; OY axis – number of observations (number of skulls), species. Top – statistical indicators: Shapiro-Wilk index  $W = 0.96292$ ,  $p = 0.00495$ ; K-S  $d = 0.08649$ ,  $p > 0.20$

Эта методика оценки успешно прошла апробацию и была одобрена и поддержана экспертными комиссиями на трех выставках охотничьих трофеев в 2017<sup>11, 12</sup> и 2019 годах<sup>13</sup>. Всего было оценено 58 черепов обыкновенного глухаря: 19 удостоены золотой медали, 15 – серебряной и 9 бронзовой.

Мы предполагаем разработку системы оценок и для каменного глухаря (*Tetrao urogalloides*) по нашей формуле, так как изменения черепа и срастание костей в нём у обоих видов сходны [10]. Между каменным и обыкновенным глухарём даже образуются переходные формы – «тёмно-серые» глухари [11]. Они встречаются редко, так как эти два вида экологически значительно разобщены [12].

**Выводы.** Измерение таксидермических изделий недостоверно отражает информацию о добытой птице. Наиболее приемлемыми для трофейной оценки самцов глухаря являются их черепа. Мы предлагаем измерять наибольшую длину, наибольшую ширину и величину межглазничного пространства (измерения в сантиметрах до двух знаков после запятой с помощью электронного штангенциркуля). Формула расчета оценочного балла: сумма длины и ширины умножается на величину межглазничного пространства. Градации медальных оценок: бронзовая медаль – 55-59,99 балла, серебряная медаль – 60-64,99 балла, золотая медаль – более 65 баллов.

#### Список литературы

1. Козловский И. С., Колесников В. В. Методика оценки шкур белогрудого (гималайского) медведя (*Ursus thibetanus*). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012;(4):45-48. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17846778>
2. Bancik L. Lesne hospodárstvo a problematika ochrany a rozsirenia hluchánov na Slovenaku. Českoslov. Ochr. Prir. 1969;8:251-262.
3. Калинин М. В. Трофейная оценка глухаря. Охота и охотничье хозяйство. 1981;(2):8-9.
4. Klaus S., Andreev A. V., Bergmann H.-H., Muller F., Porkert J., Wiesner J. Die Auerhuhner: *Tetrao urogallus* und *T. urogalloides*. Von Siegfried Klaus. Jena. Die Neue Brehm-Bücherei, 1989. 288 p.
5. Moos R. Demography of Capercaillie *Tetrao urogallus* in North-East Scotland. I. Determining the Age of Scottish Capercaillie from Skull and Head Measurements. Ornis Scandinavica. 1987;18(2):129-134.
6. Watson A., Moss R. Capercaillie. Grouse: The Natural History of British and Irish Species. Published by Harper Collins, 2008. pp. 133-172.
7. Борщевский В. Г., Гилязов А. С. Вес тела глухаря *Tetrao urogallus*: пространственная изменчивость в северной Евразии. Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Биogeография. 2016;(3):52-66. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg232>
8. Борщевский В. Г., Хомякова М. А. Вес тела глухаря *Tetrao urogallus*: пространственная изменчивость на западе ареала. Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Биogeография. 2019;(1):55-74. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg796>
9. Linden H., Vaisanen R. A. Growth and sexual dimorphism in the skull of the Capercaillie *Tetrao urogallus*: a multivariate study of geographical variation. Ornis Scandinavica. 1986;17(2):85-98.
10. Кирпичёв С. П. Материалы по возрастной изменчивости сложения, величины и оперения глухаря. Труды Баргузинского государственного заповедника. М., 1961. Вып. 3. С. 127-153.
11. Кирпичёв С. П. Опыт разведения обыкновенного *Tetrao urogallus* и каменного *T. parvirostris* глухарей. Русский орнитологический журнал. 2015;24(1231):4665-4670. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25015455>
12. Гагина Т. Н. О каменном *Tetrao urogalloides* и обыкновенном *T. urogallus* глухарях в Прибайкалье. Русский орнитологический журнал. 2015;24(1202):3711-3713. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24329712>

#### References

1. Kozlovskiy I. S., Kolesnikov V. V. Metodika otsenki shkur belogrudogo (gimalayskogo) medvedya (*Ursus thibetanus*). [Methodology for evaluating the skins of a white-breasted (Himalayan) bear (*Ursus thibetanus*)]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2012; (4):45-48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17846778>
2. Bancik L. Lesne hospodárstvo a problematika ochrany a rozsirenia hluchánov na Slovenaku. Českoslov. Ochr. Prir. 1969;8:251-262.

<sup>11</sup> Атепалихин С. М., Бартев Ю. В., Колесников В. В. Каталог «11-я межрайонная выставка охотничьих трофеев». Зуевка, 2017. 22 с.

<sup>12</sup> Колесников В. В., Макарова Д. С., Шевнина М. С. Каталог «Выставка охотничьих трофеев, посвящённая 95-летию ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова». Киров: ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, 2017. 52 с.

<sup>13</sup> Атепалихин С. М., Бартев Ю. В., Колесников В. В. Каталог «11-я межрайонная выставка охотничьих трофеев». Зуевка, 2017. 22 с.

3. Kalinin M. V. *Trofeynaya otsenka glukharya*. [Trophy assessment of capercaillie]. *Okhota i okhotnich'ye khozyaystvo*. 1981;(2):8-9.
4. Klaus S., Andreev A. V., Bergmann H.-H., Muller F., Porkert J., Wiesner J. Die Auerhuhner: Tetrao urogallus und T. urogalloides. Von Siegfried Klaus. Jena. Die Neue Brehm-Bücherei, 1989. 288 p.
5. Moos R. Demography of Capercaillie Tetrao urogallus in North-East Scotland. I. Determining the Age of Scottish Capercaillie from Skull and Head Measurements. *Ornis Scandinavica*. 1987;18(2):129-134.
6. Watson A., Moss R. Capercaillie. Grouse: The Natural History of British and Irish Species. Published by Harper Collins, 2008. pp. 133-172
7. Borshchevskiy V. G., Gilyazov A. S. *Ves tela glukharya Tetrao urogallus: prostranstvennaya izmenchivost' v severnoy Evrazii*. [Body weight of capercaillie Tetrao urogallus: spatial variability in northern Eurasia]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Seriya Biogeografiya* = Transactions of the Karelian research centre of the Russian academy of sciences. Biogeography. 2016;(3):52-66. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg232>
8. Borshchevskiy V. G., Khomyakova M. A. *Ves tela glukharya Tetrao urogallus: prostranstvennaya izmenchivost' na zapade areala*. [Body weight of capercaillie Tetrao urogallus: spatial variability in the west of the range]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. Seriya Biogeografiya* = Transactions of the Karelian research centre of the Russian academy of sciences. Biogeography. 2019;(1):55-74. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg796>
9. Linden H., Vaisanen R. A. Growth and sexual dimorphism in the skull of the Capercaillie Tetrao urogallus: a multivariate study of geographical variation. *Ornis Scandinavica*. 1986;17(2):85-98.
10. Kirpichev S. P. *Materialy po vozrastnoy izmenchivosti slozheniya, velichiny i opereniya glukharya*. [Materials on age-related variation of the composition, size and plumage of the capercaillie]. *Trudy Barguzinskogo gosudarstvennogo zapovednika*. M., 1961. Iss. 3. pp. 127-153.
11. Kirpichev S. P. *Opyt razvedeniya obyknovennogo Tetrao urogallus i kamennogo T. parvirostris glukharey*. [Experience in breeding common Tetrao urogallus and stone T. parvirostris capercaillie]. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* = The Russian Journal of Ornithology. 2015;24(1231):4665-4670. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25015455>
12. Gagina T. N. *O kamennom Tetrao urogalloides i obyknovennom T. urogallus glukharyakh v Pribaykal'e*. [About the stone Tetrao urogalloides and the common T. urogallus capercaillie in the Baikal region]. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal* = The Russian Journal of Ornithology. 2015;24(1202):3711-3713. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24329712>

**Сведения об авторах:**

**Колесников Вячеслав Васильевич**, доктор биол. наук, доцент, заведующий отделом охотничьего ресурсоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова», ул. Преображенская, д. 79, г. Киров, Российская Федерация, 610000, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru); профессор кафедры охотоведения и биологии диких животных 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/0000-0001-6367-3323>, e-mail: [wild-res@mail.ru](mailto:wild-res@mail.ru),

**Стрельников Дмитрий Петрович**, младший научный сотрудник отдела охотничьего ресурсоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова», ул. Преображенская, д. 79, г. Киров, Российская Федерация, 610000, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9814-631X>, e-mail: [dmitrijs1987@mail.ru](mailto:dmitrijs1987@mail.ru),

✉ **Суханова Наталья Сергеевна**, аспирант, научный сотрудник отдела экологии животных ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова», ул. Преображенская, д. 79, г. Киров, Российская Федерация, 610000, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3663-4641>, e-mail: [Nat55209@yandex.ru](mailto:Nat55209@yandex.ru).

**Information about the authors:**

**Vyacheslav V. Kolesnikov**, DSc in Biological science, associate professor, head of the Department of Hunting Resource Studies, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Preobrazhenskaya str., 79, Kirov, Russian Federation, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru); professor of the Chair of Hunting and Biology of Wild Animals Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vyatka State Agricultural Academy", Oktyabrsky Avenue, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: [info@vgsha.info](mailto:info@vgsha.info), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6367-3323>, e-mail: [wild-res@mail.ru](mailto:wild-res@mail.ru),

**Dmitriy P. Strelnikov**, junior researcher, the Department of Hunting Resource Studies, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Preobrazhenskaya str., 79, Kirov, Russian Federation, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9814-631X>, e-mail: [dmitrijs1987@mail.ru](mailto:dmitrijs1987@mail.ru),

✉ **Natalya S. Sukhanova**, postgraduate student, researcher, the Department of Animal Ecology, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Preobrazhenskaya str., 79, Kirov, Russian Federation, e-mail: [vniiioz43@mail.ru](mailto:vniiioz43@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3663-4641>, e-mail: [Nat55209@yandex.ru](mailto:Nat55209@yandex.ru).

✉ – Для контактов / Corresponding author

# МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.517-525>

УДК 677.11: 628.3



## Технология производства сорбентов из костры масличного льна

© 2019. Е. М. Пучков✉, А. В. Галкин, И. В. Ущачовский

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь,  
Российская Федерация

Для промышленного освоения производства сорбентов из недревесного сырья в России большой интерес представляют отходы льнопереработки – льняная костра. Посевы масличного льна в России составляют свыше 700 тыс. гектаров. До настоящего времени из-за отсутствия технологии переработки тресты масличного льна она повсеместно сжигалась. С началом внедрения в регионах масличного льносеяния новой технологии переработки тресты масличного льна и получения льноволокна, разработанной учеными ФНЦ лубяных культур, проблема утилизации отходов – льняной костры, может быть решена. Исследования, проведенные в 2015-2018 гг. в научных лабораториях и опытном заводе ФНЦ ЛК, а также в льносеющих хозяйствах Удмуртской Республики, Ростовской области и Краснодарского края показали, что в льняной костре содержится 49-51% целлюлозы, 23-27% лигнина, от которых зависит сорбционная способность материала. Значения сорбционной емкости сорбентов из льняной костры по эффективности сорбции ионов по отношению к тяжелым металлам составляют 85-91%, к нефтепродуктам – 3,9-17,3 мг/г, йоду и метиленовому голубому – соответственно 222 и 220 мг/г и не уступают сорбентам из древесины, могут заменить ее использование. Разработанная технология получения сорбента из льна позволяет организовать производство непосредственно в льносеющих хозяйствах и льнозаводах с использованием уже подготовленного сырья.

**Ключевые слова:** льнокостра, активированный уголь, карбонизация, активация, адсорбция

**Благодарности:** научное исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ 075-00853-19-00).

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

**Для цитирования:** Пучков Е. М., Галкин А. В., Ущачовский И. В. Технология производства сорбентов из костры масличного льна. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(5):517-525. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.517-525>

Поступила: 18.03.2019

Принята к публикации: 04.09.2019

Опубликована онлайн: 18.10.2019

## The technology of producing sorbents from linseed flax shive

© 2019. Evgeniy M. Puchkov✉, Aleksey V. Galkin, Igor V. Ushchapovsky

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

Flax processing waste, flax shive is of great importance for producing sorbents from non-wooden materials in Russia. There are more than 700 thousand hectares of linseed flax crops in the country. Linseed flax shive had been burned everywhere until recently as there was no technology of its processing. The waste disposal problem in the linseed flax cultivation regions could be solved by introducing new flax waste recycling and linen producing technologies developed by scientists of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops. In 2015-2018 some studies were carried out in research laboratories and on the experimental plant of the center as well as on flax-sowing farms of the Udmurt Republic, Rostov region and Krasnodar territory. The research has shown that linseed shive contains 49-51% of cellulose and 23-27% of lignin, on which the sorption capacity of the material depends. The values of flax waste sorbent sorption capacity by the effective sorption of ions in relation to heavy metals are 85-91 %, to oil products - from 3.9 to 17.3 mg/g, to iodine and methylene blue - 222 and 220 mg/g, respectively. These values don't concede the sorbents from wood and can replace the use of the latter. The developed technology of obtaining sorbent from flax allows to organize the production directly on flax-sowing farms and flax factories applying raw materials ready to use.

**Key words:** linseed flax shive, activated carbon, carbonization, activation, adsorption

**Acknowledgement:** the research was carried out within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (№075-00853-19-00).

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

**For citation:** Puchkov E. M., Galkin A. V., Ushchapovsky I. V. The technology of producing sorbents from linseed flax shive. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):517-525. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.517-525>

Received: 18.03.2019

Accepted for publication: 04.09.2019

Published online: 18.10.2019

По данным Росстата<sup>1</sup>, посевные площади масличного льна в 2018 году составили 744 тыс. гектаров. При этом используется только семенная часть льна, а льнотреста в основном сжигается или запахивается, нарушая экологию регионов и структуру почвы. При переработке тресты льна на льноволокно остается невостребованной льнокостра с ежегодным объемом более 700 тыс. тонн [1], которая также требует утилизации. В то же время льняная костра является природным целлюлозосодержащим ежегодно воспроизводимым источником сырья и может быть использована для различных отраслей экономики взамен древесины и прочего сельскохозяйственного сырья, в том числе для производства сорбентов и биоразлагаемых материалов.

Учитывая, что Россия обеспечивается собственными активированными углями всего на 41,1%, целесообразно использовать льнокостру для производства активных углей [2].

Активные угли (сорбенты) в РФ в основном производятся из древесины (береза), каменного угля, торфа. Они занимают важную роль в различных технологиях очистки воды и стоков. Структура использования углей: очистка питьевой воды и сточных вод – 34%, газов воздуха – 26%, пищевая промышленность – 22%, химическая, фармацевтическая и прочие отрасли – 18%<sup>2</sup>.

Объем производства активированных углей в РФ в 2017 году составил 10,4 тыс. тонн при объеме внутреннего рынка свыше 25 тыс. тонн.

По данным статистики внешней торговли и Федеральной таможенной службы РФ, за период с сентября 2017 года по сентябрь 2018 года Россия импортировала активного угля на сумму более 2,7 млрд рублей, экспорт составил всего 167 тыс. рублей<sup>3</sup>.

Технологии производства активированных углей в РФ из каменного угля, древесины, торфа в основном ориентированы на традиционные способы – карбонизацию сырья (термообработку) и активацию – химическую (агенты серная или фосфорная кислоты) или парогазовую.

Известна технология получения активированного угля из древесных отходов [2] на основе карбонизации и активации в одном агрегате. Недостатком этой технологии является большая материалоемкость агрегата, не позво-

ляющая в связи с большими экономическими затратами создавать небольшие производства, приближенные к расположению льносеющих хозяйств и цехов переработки масличного льна. Кроме того, для переработки древесины требуются дополнительные затраты по ее заготовке, доставке на переработку, а также измельчение и сушка.

Анализируя способы получения углеродных сорбентов [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], необходимо отметить, что они также ориентированы на создание крупных предприятий по производству сорбентов и не учитывают возможность использования костры льна на эти цели непосредственно в льносеющих хозяйствах.

**Цель исследования** – разработать технологическую схему и технологию производства костроугольного сорбента из недорогой костры масличного льна, ориентированную на создание небольших производств непосредственно в местах выращивания льна в сельской местности, совмещенных с переработкой льнотресты на волокно.

Задачи – выполнить расчеты объемов неиспользованных отходов переработки масличного льна, а также анализ рынка сорбентов в РФ. Провести научные и экспериментальные исследования физико-химического состава костры масличного льна на предмет содержания лигнино-целлюлозных и прочих веществ в сравнении с древесными материалами. Изготовить экспериментальную лабораторную установку для получения активированного угля из льняной костры. Провести экспериментальные исследования по определению сорбционных характеристик полученного сорбента по отношению к йоду, метиленовому голубому, к тяжелым металлам и нефтепродуктам.

**Материал и методы.** На основании открытых статистических данных, научных публикаций и собственных исследований выполнены расчеты объемов неиспользуемых отходов переработки масличного льна, проанализирован объем производства активированных углей в РФ. Исследования проведены в 2015-2018 годах в льносеющих хозяйствах Удмуртской Республики, Ростовской области и Краснодарского края.

<sup>1</sup>Росстат. Посевные площади сельскохозяйственных культур в 2018 году. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 10.03.2019).

<sup>2</sup>Анализ рынка активированного угля в России. Маркетинговое агентство Discovery Group. URL: <http://dzg-group.ru> (дата обращения: 18.10.2018).

<sup>3</sup>Рынок активированного угля. Текущая ситуация и прогноз 2018-2022 гг. Маркетинговое исследование компании Alto Consulting Group. URL: <http://alto-group.ru> (дата обращения: 21.11.2018).

Объектом исследования являлась треста масличного льна наиболее распространенных сортов ВНИИМК 622, Северный, Ручеек урожая 2015-2018 годов.

В соответствии с методикой действующих стандартов<sup>4, 5</sup> с помощью мялки лабораторной МЛ-5 и костровыделителя ПК-2М определяли содержание костры в тресте масличного льна. Влажность льняной костры измеряли влагомером серии FIZEPR-SW100.11. Содержание золы определяли методом сжигания образцов костры в фарфоровом тигле<sup>6</sup>, лигнина – гидролитическим методом при обработке образца костры концентрированной серной кислотой (72%). Содержание целлюлозы определяли азотно-спиртовым методом (Кюршнера). Массовую долю чистой целлюлозы вычисляли по формуле:

$$C = (m_1 - m)K_{II} \cdot \frac{100}{g}, \% \quad (1)$$

где  $C$  – массовая доля целлюлозы, %;  $m_1$  – масса фильтра с целлюлозой, г;  $m$  – масса пустого фильтра, г;  $g$  – масса абсолютно сухой навески костры, г;  $K_{II} = (100 - П) \cdot 100$  – поправочный коэффициент,  $П$  – массовая доля пентозанов в целлюлозе, г,  $K_{II}$  – принимаем 0,91.

С целью разработки технологической схемы промышленного получения костроугольного сорбента был изготовлен лабораторный экспериментальный образец пиролизного активатора, на котором получено 3,6 кг активированного угля.

В качестве теплоносителя карбонизации использовали газовую горелку с газодувкой при температуре от 300 до 800°C со скоростью подъема 20°C/мин, активацию парогенератором до 900°C. В качестве связывающего вещества применяли суспензию глауконитовой и бентонитовой муки на водной основе до 30% от общего объема. Смешивание костроугля и связывающего вещества проводили в смесителе. Грануляцию выполняли через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм, подсушку – в печи СВЧ, отбор пыли – пылесосом с насадкой.

Для определения сорбционной емкости костроугольного сорбента использовали стан-

дартную методику, основанную на измерении оптической плотности раствора вещества – маркера (0,1 н раствор иода метиленового голубого с концентрацией 1500 мг/л), полученного после контакта с навеской образца в течение заданного времени.

Для определения сорбционной способности костроугольного сорбента по отношению к ионам железа, марганца и меди приготавливали растворы (на дистиллированной воде), содержащие  $Fe^{3+}$  (железоаммонийные квасцы),  $Mn^{2+}$  (сульфат марганца),  $Cu^{2+}$  (сульфат меди) соответственно 0,6; 0,1; 1,0 мг/л, в которых настаивались в течение 1 часа навески исследуемых материалов (сорбентов) (0,5 г на 50 мл растворов), после чего была определена их оптическая плотность в соответствии с инструкцией фотоэлектроколориметра ФЭК-60.

Определение сорбционных характеристик костроугольного сорбента по отношению к нефтепродуктам, основанное на окислении угледородородного сырья концентрированной серной кислотой, проводили также с помощью фотоколориметра, измеряя плотность растворов различной концентрации (керосин, бензин, дизельное топливо). По трем изучаемым загрязнителям строили градуировочные графики и находили среднее значение результатов.

Сравнивали полученный сорбент из льняной костры с древесными активированными углями БАУ-А<sup>7</sup> и БАУ-МФ<sup>8</sup>.

Статическую обменную емкость определяли по формулам:

$$COE = V(C_{исх} - C_{равн})/g, \text{ мг/г}, \quad (2)$$

где  $COE$  – статическая обменная емкость, мг/г;  $V$  – объем приливаемой к сорбенту воды, л;  $C_{исх}$  – концентрация в исходной воде, мг/л;  $C_{равн}$  – равновесная (остаточная) концентрация в фильтре, мг/л,  $g$  – масса сухого сорбента, мг.

Степень извлечения нефтепродуктов  $E$  из воды определяли по формуле:

$$E = \frac{C_{исх} - C_{равн}}{C_{исх}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

<sup>4</sup>ГОСТ 24383-89 Треста льняная. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 19 с.

<sup>5</sup>ГОСТ 53143-2008 Треста льняная. М.: Стандартинформ, 2008. 19 с.

<sup>6</sup>ГОСТ 18461-93 Целлюлоза. Метод определения массовой доли золы. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 8 с.

<sup>7</sup>ГОСТ 4453-74 Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. М.: Издательство стандартов, 1993. 23 с.

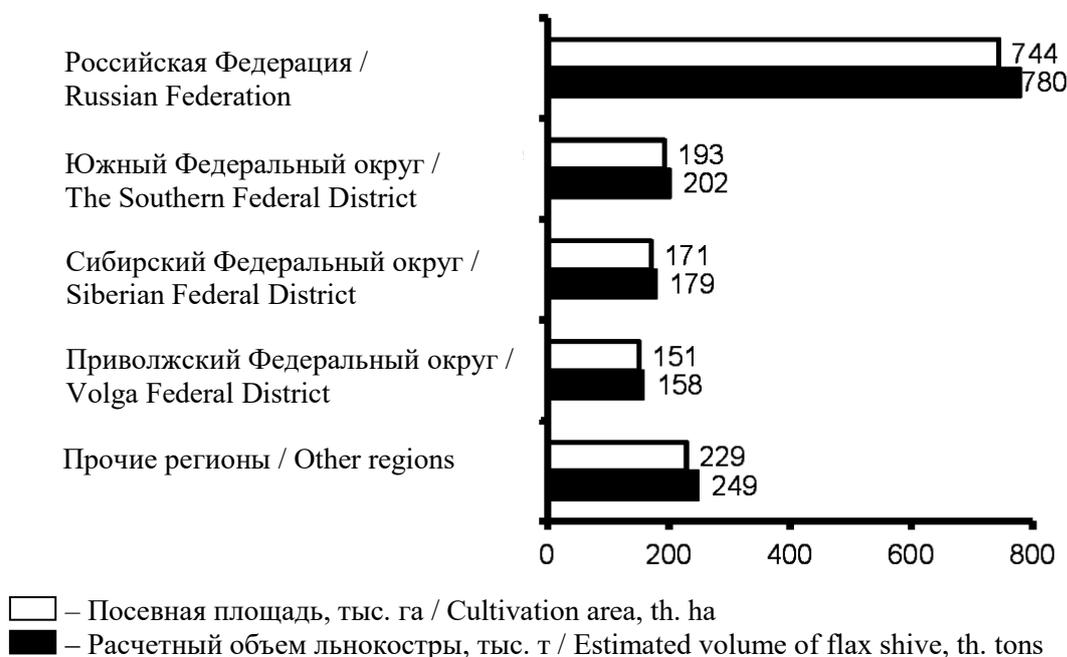
<sup>8</sup>ГОСТ 6217-74 Уголь активированный древесный дробленый. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 8 с.

Коэффициент  $K$  – отношение концентрации нефтепродуктов, содержащихся в сорбенте, к концентрации в растворе:

$$K = \frac{(C_{исх} - C_{равн}) \cdot V}{C_{разн} \cdot g}, \text{ л/г.} \quad (4)$$

Согласно полученным результатам рассчитали сорбционные характеристики сорбентов.

**Результаты и их обсуждение.** Расчеты объемов неиспользованных отходов переработки масличного льна показали, что в РФ не используется ежегодно свыше 700 тыс. тонн уникального сельскохозяйственного сырья – льняной костры (рис. 1).



**Рис. 1. Посевные площади масличного льна в 2018 году и расчетный объем неиспользуемой льняной костры / Fig. 1. Linseed flax cultivation area in 2018 and estimated volume of unutilized flax shive**

Анализ производства активных углей в РФ показывает, что при ежегодно растущих потребностях в сорбентах для очистки воды, почвы, пищевых продуктов, воздуха в объеме от 25 тыс. тонн в 2019 году до 30 тыс. тонн к 2022 году<sup>9</sup>, Россия не обеспечивает себя отечественными сорбентами (табл. 1).

В то же время исследования физико-химических свойств льняной костры показали,

что при влажности не более 13% (у древесины – 40-60%) и содержании свыше 50% целлюлозы и 25% лигнина она обладает сорбирующими свойствами, не уступающими древесине (целлюлозы 45-55%, лигнина 20-29%), и может использоваться для производства активных углей взамен трудновозобновляемых лесных насаждений (табл. 2).

**Таблица 1 – Объем производства активированного угля в 2010-2017 гг. / Table 1 – The volume of activated carbon production in 2010-2017**

Показатель / Indicator	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Объем производства, тонн / Production volume, tons	2917	3508	4780	4331	5992	4992	9450	10409

Источник: данные Росстата<sup>10</sup>, аналитика IndexBox<sup>11</sup> / Source: Rosstat data, IndexBox analytics

<sup>9</sup>Рынок активированного угля. Текущая ситуация и прогноз 2018-2022 гг. Маркетинговое исследование компании Alto Consulting Group. URL: <http://alto-group.ru> (дата обращения: 21.11.2018).

<sup>10</sup>Росстат. Промышленное производство. ЕМИСС. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 10.03.2019).

<sup>11</sup>Рынок активированного угля. Маркетинговые исследования. URL: [www.indexBox.ru](http://www.indexBox.ru) (дата обращения: 15.02.2019).

*Таблица 2 – Физико-химическое содержание компонентов в льняной костре за период 2015-2018 гг., % / Table 2 – Physico-chemical content of components in linseed flax shive in 2015-2018, %*

Компонент / Component	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее значение / Average
Зола / Ash	2	3	3	2	2,5
Лигнин / Lignin	27	23	25	25	25
Целлюлоза / Cellulose	49	50	51	51	50,25

Исследования сорбционных свойств полученного активированного угля из льняной костры в лаборатории ФНЦ ЛК на экспериментальной установке свидетельствуют о том, что показатели сорбционной емкости

по отношению к йоду и метиленовому голубому (табл. 3), тяжелым металлам (табл. 4) и нефтепродуктам (табл. 5) не уступают активированным углям из древесины марок БАУ-А и БАУ-МФ.

*Таблица 3 – Сорбционная емкость сорбентов по отношению к йоду и метиленовому голубому (МГ) / Table 3 – The sorption capacity of sorbents in relation to iodine and methylene blue (MB)*

Вид сорбента / Type of the sorbent	Сорбционная емкость мг/г / Sorption capacity, mg / g	
	по йоду / on iodine	по МГ / on MB
Костра масличного льна / Linseed shive	222,4	220,3
Активированный уголь БАУ-А / Activated carbon BAU-A	220,2	228,4
Активированный уголь БАУ-МФ / Activated carbon BAU-MF	223,6	231,1

*Таблица 4 – Сорбционная активность исследуемых сорбентов по отношению к тяжелым металлам / Table 4 – Sorption activity of the sorbents in relation to heavy metals*

Вид сорбента / Type of the sorbent	Эффективность сорбции ионов / Ion sorption efficiency, %		
	Fe	Mn	Cu
Костра масличного льна / Linseed flax shive	85,3	91,0	91,2
Активированный уголь БАУ-А / Activated carbon BAU-A	85,2	90,9	91,3
Активированный уголь БАУ-МФ / Activated carbon BAU-MF	85,4	91,9	91,6

*Таблица 5 – Адсорбционные характеристики сорбентов по отношению к нефтепродуктам / Table 5 – The adsorption characteristics of sorbents in relation to petroleum products*

Образец / Sample	Адсорбция керосина / Kerosene adsorption			Адсорбция бензина / Gasoline adsorption			Адсорбция дизельного топлива / Diesel oil adsorption		
	E, %	COE, мг/г	K	E, %	COE, мг/г	K	E, %	COE, мг/г	K
1	58,3	3,9	0,142	56,4	6,1	0,140	68,2	17,3	0,220
2	47,2	2,2	0,113	23,9	2,6	0,031	57,4	14,9	0,199
3	58,4	3,8	0,141	56,2	6,3	0,135	68,1	17,0	0,212

Примечания: Образец 1 – льняной костроуголь; 2 – активированный уголь БАУ-А; 3 – активированный уголь БАУ-МФ / Sample 1 – linseed shive coal; 2 – activated carbon BAU-A, 3 – activated carbon BAU-MF

Таким образом, исследования физико-химического состава льняной костры и сорбционных свойств, полученных из льняной костры активированных углей подтверждают целесообразность и необходимость использования костры льна в качестве дешевого сырья для

производства сорбентов.

В соответствии с результатами исследований разработана технологическая схема промышленного производства активированного угля из костры масличного льна (рис. 2).

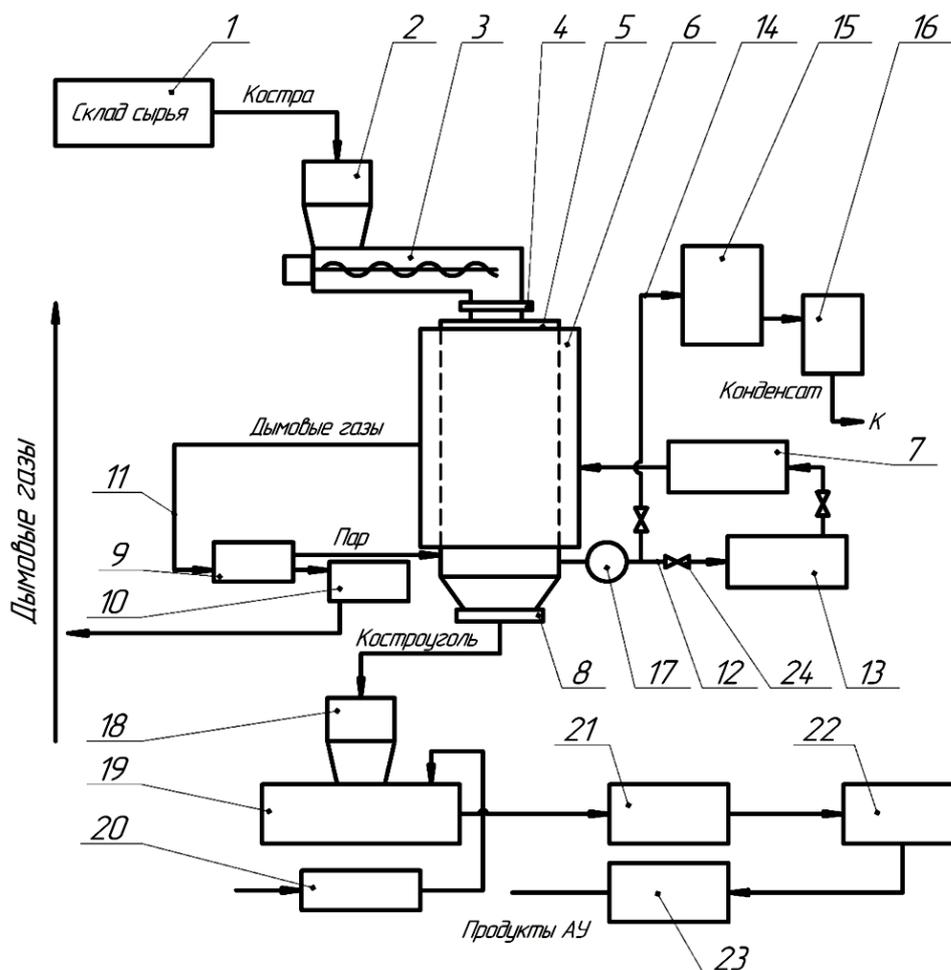


Рис. 2. Технологическая схема пиролиза активатора – гранулятора для получения костроугольного сорбента: 1 – склад льнокостры; 2 – бункер льнокостры; 3 – шнековый питатель; 4 – заслонка; 5 – реторта; 6 – нагревательная камера; 7 – топка (газогенератор, теплогенератор); 8 – заслонка; 9 – парогенератор; 10 – дымосос; 11 – дымовые газы; 12 – газы пиролиза; 13 – газгольдер; 14 – газы активации; 15 – холодильник; 16 – сборник конденсата; 17 – вакуумный насос; 18 – бункер-дозатор; 19 – смеситель; 20 – дозатор костровяжущего материала; 21 – термосушилка; 22 – гранулятор; 23 – сепаратор; 24 – вентиль /

Fig. 2. Technological scheme of the activator-granulator pyrolysis for obtaining linseed shive-coal sorbent: 1 – linseed shive store; 2 – hopper for linseed shive; 3 – screw feeder; 4 – damper; 5 – retort; 6 – heating chamber; 7 – furnace (gas generator, heat generator); 8 – damper; 9 – steam generator; 10 – exhauster; 11 – flue gases; 12 – pyrolysis gases; 13 – gasholder; 14 – activation gases; 15 – refrigerator; 16 – condensate collector; 17 – vacuum pump; 18 – hopper dispenser; 19 – mixer; 20 – shive binding dispenser; 21 – thermo dryer; 22 – granulator; 23 – separator; 24 – valve

Технологический процесс заключается в следующем: из цеха переработки тресты льна костра направляется пневмотранспортером в склад сырья 1 и затем через загрузочный бункер 2 в шнековый питатель 3, который заполняет емкость реторты 5. Блок пиролиза и активации состоит из герметичной реторты 5 и теплоизолированной снаружи нагревательной камеры 6. После наполнения реторты сырьем отверстие питателя загрузки закрывается герметичной заслонкой 4. Затем включается ва-

куумный насос 17 и производится откачка воздуха из реторты до разряжения 0,4-0,6 атм. в емкость холодильника 15. Используя теплогенератор 7 теплоноситель поступает в нагревательную камеру 6, где происходит нагрев реторты до температуры 700-900°C, необходимой для процесса карбонизации с выдержкой в течение 1-1,5 часа. После выдержки вакуумным насосом 17 пиролизный газ откачивается из реторты в газгольдер 13 для дальнейшего использования в теплогенераторе.

По окончании карбонизации парогенератором 9 в реторту подается перегретый пар температурой 900°C, и начинается процесс активации при соотношении пара к массе полукокса 1:1-5, затем производится дополнительное вакуумирование, при котором осуществляется охлаждение путем отсоса газообразных продуктов активации из реторты до давления 0,4-0,6 атм. в емкость конденсата 16. Выгрузка угля выполняется самопроизвольно в бункер 18 путем открытия герметичной заслонки 8, а затем уголь смешивается со связующим веществом в смесителе 19, сушится в термосушилке 21, гранулируется и сепарируется. Дымовые газы 11 удаляются из нагревательной камеры дымососом 10 в атмосферу.

Далее костроуголь поступает из реторты в бункер-дозатор 18, а потом в смеситель 19, костровящий материал на основе суспензии глауконитовой и бентонитовой муки на водной основе поступает в дозатор 20, а затем в смеситель 19, где костроуголь и костровящий материал смешиваются.

В качестве связующего материала можно использовать модифицированную льняную костру [5, 12, 13], однако этот процесс энергоемкий и затратный.

Далее костроугольный сорбент, после досушки в термосушилке 21 измельчается и гранулируется в грануляторе 22, затем подвергается сепарации в сепараторе 23 для отведения костроугольной пыли.

Новизна предложенной технологии производства костроугольного сорбента из отходов масличного льна заключается в следующем:

– может быть применена непосредственно в хозяйствах масличного льносеяния в виде небольших производств и не требует больших финансовых затрат;

– совмещена с переработкой льнотресты на волокно, использует часть оборудования

вышеуказанного цеха (теплогенератор, пневмокостротранспорт для подачи костры), не требует дополнительных затрат по доставке, измельчению и сушке сырья;

– в качестве связывающего вещества впервые предложено использовать вместо различных смол до 30% объема недорогостоящие природные минералы в виде суспензии бентонитовой и глауконитовой муки, которые обладают ионообменной способностью по отношению к ионам тяжелых металлов и высокой сорбционной способностью по отношению к органическим молекулам, что в целом улучшает сорбционные качества активированного костроугольного сорбента.

**Выводы.** Как показали исследования и проведенный анализ существующих технологий производства сорбентов из растительного сырья, содержание льняной костры в тресте масличного льна составляет до 70%. Она является ежегодно возобновляемым источником дешевого целлюлозного сырья для получения активных углей. Костра льна содержит более 50% целлюлозы, до 25% лигнина, при этом содержание золы незначительное.

Использование льнокостры на сорбенты в целях экологии полностью исключает ее сжигание в полях.

Предложенные в статье пути решения комплексного использования отходов масличного льна на основе внедрения технологии производства сорбентов, совмещенной с переработкой льнотресты на льноволокно в местах выращивания льна, будут способствовать развитию экономики региона и экологическую безопасность, создадут на основе импортозамещения условия дополнительного обеспечения отечественными дешевыми сорбентами всех отраслей экономики РФ, при этом будут сохранены трудновоспроизводимые лесные массивы.

#### **Список литературы**

1. Пучков Е. М., Галкин А. В., Ущаповский И. В. Экономическая эффективность инновационной технологии переработки тресты масличного льна. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(6(67)):134-140. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/290>
2. Воскобойников И. В., Шевченко А. О., Щелоков В. М. Технология производства активированных углей из древесных отходов. Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012;(8):56-58. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18041485>
3. Лысенко А. А., Асташкина О. В., Шевченко А. О., Удальцова Н. Н., Ибрагимов Р. И., Храмова Н. В., Тимошенко С. И., Крюкова О. В. Способ получения углеродного сорбента: пат. № 2141450 Российская Федерация. № 98114775/12; заявл. 29.07.1998; опубл. 20.11.1999. 4 с. Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=3580&DocNumber=2141450&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3580&DocNumber=2141450&TypeFile=html)
4. Новиков Н. Н. Способ получения активированного угля: пат. № 2196108 Российская Федерация. № 2001132164/12; заявл. 29.11.2001; опубл. 10.01.2003. Бюл. № 1. 5 с. Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=9210&DocNumber=2196108&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=9210&DocNumber=2196108&TypeFile=html)

5. Стеблинин А. Н., Стеблинин Н. А. Способ получения органического строительного материала на основе льняной костры: пат. № 2313502 Российская Федерация. № 2006119032/03; заявл. 31.05.2006; опубл. 27.12.2007. Бюл. № 36. 9 с. Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=8941&DocNumber=2313502&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=8941&DocNumber=2313502&TypeFile=html)
6. Якубовский С. Ф., Булавка Ю. А., Попкова Л. А., Писарева С. С. Сорбционные свойства природных целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов для сбора проливов нефтепродуктов. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2013;(11):110-115. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23566211>
7. Панкеев В. В., Свешникова Е. С., Панова Л. Г. Способ получения углеродного сорбента из растительного сырья: пат. № 2493907 Рос. Федерация. № 2012118778/05; заявл. 04.05.2012; опубл. 27.09.2013. Бюл. № 27. 6 с. Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=7780&DocNumber=2493907&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7780&DocNumber=2493907&TypeFile=html)
8. Мусеев Т. С., Солдатов К. В. Анализ современных сорбентов, на основе материалов органического происхождения. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017;(1-1):69-73. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27688776>
9. Ворошилова Е. Е., Гисматулина Ю. А., Золотухин В. Н. Химический состав соломы льна-межеумка и влияние способа получения на свойства образцов целлюлозы из нее. Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы VIII Всеросс. научн.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Бийск: ФГБОУ ВПО «Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова», Бийский технологический институт (филиал), 2015. С. 261-264. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24886987&>
10. Арсеньева Д. Ю., Казаков Я. В., Окулова Е. О. Особенности получения целлюлозы из костры льна методом пероксидно-ацетатной варки. Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности: сб. материалов VI Всеросс. отраслевой научн.-практ. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018. С. 27-31.
11. Хмылко Л. И., Орехова С. Е. Сорбенты на основе лигнина и целлюлозосодержащих материалов. Свиридовские чтения. Минск: БГУ, 2012. Вып. 8. С. 232-239. Режим доступа: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/6452>
12. Каретникова Н. В., Чендылова Л. В., Пен Р. З. Делигнификация льняной костры. Химия растительного сырья. 2018;(1):155-162. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32589325>
13. Гисматулина Ю. А. Химический состав перспективного недревесного сырья – мискантуса и соломы льна-межеумка. Фундаментальные исследования. 2016;(4-2):249-252. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25953346>

### References

1. Puchkov E. M., Galkin A. V., Ushchapovskiy I. V. *Ekonomicheskaya effektivnost' innovatsionnoy tekhnologii pererabotki tresty maslichnogo l'na*. [Economic efficiency of the innovation technology of linseed shive processing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(6(67)):134-140. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/290>
2. Voskoboynikov I. V., Shevchenko A. O., Shchelokov V. M. *Tekhnologiya proizvodstva aktivirovannykh ugley iz drevesnykh otkhodov*. [Technology of activated carbon production on the base of wood wastes]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik*. 2012;(8):56-58. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18041485>
3. Lysenko A. A., Astashkina O. V., Shevchenko A. O., Udaltsova N. N., Ibragimova R. I., Khrankova N. V., Timoshenko S. I., Kryukova O. V. *Sposob polucheniya uglerodnogo sorbenta* [Method of carbon sorbent obtaining]: пат. no. 2141450, 1999. URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=3580&DocNumber=2141450&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=3580&DocNumber=2141450&TypeFile=html)
4. Novikov N. N. *Sposob polucheniya aktivirovannogo uglya* [Method of activated carbon obtaining]: пат. no. 2196108, 2003. URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=9210&DocNumber=2196108&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=9210&DocNumber=2196108&TypeFile=html)
5. Steblinin A. N., Steblinin N. A. *Sposob polucheniya organicheskogo stroitel'nogo materiala na osnove l'nyanoy kostry* [Method of obtaining organic building material from flax shive]: пат. no. 2313502, 2007. URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=8941&DocNumber=2313502&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=8941&DocNumber=2313502&TypeFile=html)
6. Yakubovskiy S. F., Bulavka Yu. A., Popkova L. A., Pisareva S. S. *Sorbtsionnye svoystva prirodnykh tsellyulozo- i ligninsoderzhashchikh otkhodov dlya sbora proливov nefteproduktov*. [Sorption characteristics of natural cellulose-lignin wastes for oil products leakage treatment]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of Polotsk State University. Seriya V: Promyshlennost'. Prikladnye nauki*. 2013;(11):110-115. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23566211>

7. Pankeev V. V., Sveshnikova E. S., Panova L. G. *Sposob polucheniya uglerodnogo sorbenta iz rastitel'nogo syr'ya* [Method of obtaining of carbon sorbent from plant raw material]: pat. no. 2493907, 2013. URL: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=7780&DocNumber=2493907&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7780&DocNumber=2493907&TypeFile=html)

8. Museev T. S., Soldatov K. V. *Analiz sovremennykh sorbentov, na osnove materialov organicheskogo proiskhozhdeniya*. [Analysis of modern sorbents from organic matters]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2017;(1-1):69-73. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27688776>

9. Voroshilova E. E., Gismatulina Yu. A., Zolotukhin V. N. *Khimiche-skiy sostav solomy l'na-mezheumka i vliyanie sposoba polucheniya na svoystva obraztsov tsellyulozy iz nee*. [Chemical content of linseed straw and characteristics of cellulose in dependence to the methods for obtaining it]. *Tekhnologii i oborudovanie khimicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoy promyshlennosti: materialy VIII Vseross. nauchn.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*. [Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industries: Proceedings of the 8th All-Russia scientific and practical Conference for students, postgraduates and young scientists with international participation]. Biysk: FGBOU VPO «Altayskiy GTU im. I.I. Polzunova», Biyskiy tekhnologicheskii institut (filial), 2015. pp. 261-264. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24886987&>

10. Arsen'eva D. Yu., Kazakov Ya. V., Okulova E. O. *Osobennosti polucheniya tsellyulozy iz kostry l'na metodom peroksidno-atsetatnoy varki*. [Characteristics of obtaining cellulose from flax shive using the method of peroxide-acetate boiling]. *Innovatsii – osnova razvitiya tsellyulozno-bumazhnoy i lesopererabatyvayushchey promyshlennosti: sb. materialov VI Vseross. otraslevoy nauchn.-prakt. konf.* [Innovation is the basis for the development of pulp and paper and timber industry: Collection of materials of the 6<sup>th</sup> All-Russia industry scientific and practical Conference]. Ekaterinburg: FGBOU VO «Ural'skiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet», 2018. pp. 27-31.

11. Khmylko L. I., Orekhova S. E. *Sorbenty na osnove lignina i tsellyulozoderzhashchikh materialov*. [Sorbents made from lignin and cellulosic materials]. *Sviridovskie chteniya*. Minsk: BGU, 2012. Iss. 8. pp. 232-239. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/6452>

12. Karetnikova N. V., Chendylova L. V., Pen R. Z. *Delignifikatsiya l'nyanoy kostry*. [Delignification of flax shive]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2018;(1):155-162. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32589325>

13. Gismatulina Yu. A. *Khimicheskii sostav perspektivnogo nedrevesnogo syr'ya – miskantusa i solomy l'namezheumka*. [Chemical content of non-wood raw material – miscanthus and linseed straw]. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2016;(4-2):249-252. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25953346>

#### **Сведения об авторах:**

✉ **Пучков Евгений Михайлович**, кандидат экон. наук, ведущий научный сотрудник отдела экономического анализа в сельском хозяйстве ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-кт, д. 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [vniiml@mail.ru](mailto:vniiml@mail.ru), e-mail: [e.puchkov@vniiml.ru](mailto:e.puchkov@vniiml.ru),

**Галкин Алексей Васильевич**, кандидат техн. наук, ученый секретарь ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-т, д. 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [vniiml@mail.ru](mailto:vniiml@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3779-0267>, e-mail: [a.galkin@vniiml.ru](mailto:a.galkin@vniiml.ru),

**Ущачовский Игорь Валентинович**, кандидат биол. наук, заместитель директора ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский пр-т, д. 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [vniiml@mail.ru](mailto:vniiml@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>, e-mail: [vniptiml@mail.ru](mailto:vniptiml@mail.ru).

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

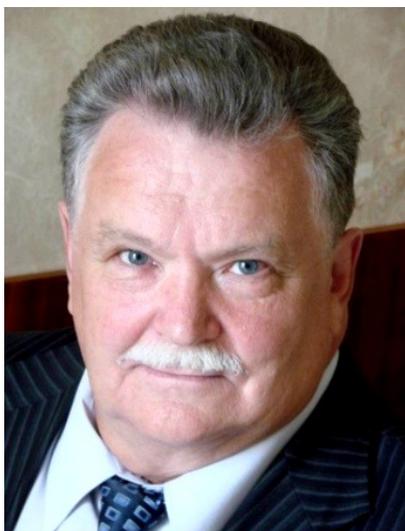
✉ **Evgeniy M. Puchkov**, PhD in Economics, leading researcher, the Department of Economic Analysis in Agriculture, Federal State Budget Research Institution – Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [vniiml@vniiml.ru](mailto:vniiml@vniiml.ru), e-mail: [e.puchkov@vniiml.ru](mailto:e.puchkov@vniiml.ru),

**Aleksey V. Galkin**, PhD in Engineering, Scientific Secretary, Federal State Budget Research Institution – Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [vniiml@vniiml.ru](mailto:vniiml@vniiml.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3779-0267>, e-mail: [a.galkin@vniiml.ru](mailto:a.galkin@vniiml.ru),

**Igor V. Ushchapovsky**, PhD in Biology, Deputy Director of the Federal State Budget Research Institution – Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [vniiml@vniiml.ru](mailto:vniiml@vniiml.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>, e-mail: [vniptiml@mail.ru](mailto:vniptiml@mail.ru).

✉ - Для контактов / Corresponding author

## Лиханову Виталию Анатольевичу – 70 лет!



24 октября 2019 г. исполняется 70 лет со дня рождения Виталия Анатольевича Лиханова, советского и российского ученого, специалиста в области двигателестроения и применения альтернативных топлив, академика Российской академии транспорта и Российской академии естествознания, доктора технических наук, профессора, заслуженного работника высшей школы РФ, заведующего кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, проректора ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».

Родился Виталий Анатольевич в Кирове, в 1972 г. закончил факультет механизации сельского хозяйства Кировского сельскохозяйственного института, которому он отдал более 45 лет своей жизни и продолжает работу по сей день.

Заниматься научно-исследовательской работой В. А. Лиханов начал со студенческой скамьи. В 1982 году успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1999 году – докторскую.

Одним из первых в стране Виталий Анатольевич начал исследования по применению природного газа в тракторных дизелях. Эта работа получила поддержку Минтракторосельхозмаша СССР. Позднее им была создана научная школа по исследованию применения альтернативных топлив в автотракторных дизелях.

В. А. Лиханов является автором и соавтором ряда учебников и учебных пособий, изданных общим тиражом более 500 тыс. экземпляров, а книга «Учебник тракториста-машиниста третьего класса» издана на четырех языках. В 2003 году за подготовку трехтомного учебного пособия «Справочная книга тракториста-машиниста» В. А. Лиханов номинировался на премию Правительства РФ в области образования.

Результаты исследований В. А. Лиханова опубликованы в более 600 научных статьях, в т.ч. за рубежом, и 40 монографиях. Настольными книгами для ученых и аспирантов являются работы: «Снижение токсичности автотракторных дизелей» (М.: «Агропромиздат», 1991 г., «Колос», 1994 г.) и «Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта» (М.: «Аспол», 1993 г.). Под научным руководством Виталия Анатольевича подготовлено 20 кандидатов технических наук и эта работа активно продолжается.

В. А. Лиханов является лауреатом премий им. С. М. Кирова, Кировской области, им. И. А. Лихачева, им. проф. А. М. Гуревича; награжден шестью медалями ВДНХ СССР и ВВЦ РФ.

Профессор В. А. Лиханов – член экспертного совета по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ. Виталий Анатольевич является Президентом Вятского научного общества учащихся «Вектор», исполнительным директором Кировского регионального отделения Российской научно-социальной программы для молодежи и школьников «Шаг в будущее». Избирался депутатом областного Совета народных депутатов, членом Президиума областного Совета.

За большой вклад в науку и общественную деятельность профессор В. А. Лиханов награжден Почетными знаками «За заслуги перед городом Кировом» и «За заслуги перед Кировской областью».

Все, кто знает Виталия Анатольевича, помимо его высочайшего профессионализма, компетентности, энергичности, требовательности к себе и окружающим, отмечают и человеческие качества – принципиальность, честность, уверенность в себе, оптимизм.

*От всей души поздравляем Виталия Анатольевича с юбилеем!  
Искренне желаем крепкого здоровья, благополучия, новых творческих достижений,  
личного счастья!*

Коллектив ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

