

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Марийский
государственный университет»,
424000, Российская Федерация,
Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1

Зарегистрирован
Федеральной службой
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций
(регистрационный номер и дата при-
нятия решения о регистрации: серия
ПИ № ФС 77-75884 от 30.05.2019 г.)

На сайте «Объединенного каталога
«Пресса России» <http://www.pressa-rf.ru>
можно оформить подписку
на печатную версию журнала
по подписному индексу 80820, а также
подписаться через интернет-магазин
«Пресса по подписке»
<https://www.akc.ru>

Тел.: (8362) 68-79-97 (1565)

Адрес редакции:

424002, Россия, Республика
Марий Эл, г. Йошкар-Ола,
ул. Кремлевская, 44, переход, к. 303
e-mail: vestnik.margu@mail.ru

<http://agro-econom.vestnik.marsu.ru>

Территория распространения:
Российская Федерация,
зарубежные страны

Оригинал-макет подготовлен к печати
в редакции научной и учебной литературы
ФГБОУ ВО «Марийский государственный
университет». 424002, г. Йошкар-Ола,
ул. Кремлевская, 44, переход, к. 303
и отпечатан в типографии «Принтекс».
424003, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова,
15а, к. 204

Тем. план 2023 г. № 67.

Подписано в печать 29.12.2023 г.

Дата выхода в свет 29.12.2023 г.

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 13,25.

Уч.-изд. л. 9,35. Тираж 500.

Цена свободная.

Литературные редакторы:

О. С. Крылова, Е. А. Бухвалова,

А. Ф. Соловьёва

Перевод *Е. А. Бухвалова*

Компьютерная верстка *Г. И. Галлямова*

Дизайн обложки *И. В. Шишкарева*

© ФГБОУ ВО «Марийский
государственный университет», 2023

Том 9. № 4. 2023

Сквозной номер выпуска – 36



ВЕСТНИК

**МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**Серия «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ.
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Научный журнал

DOI 10.30914/2411-9687



В Е С Т Н И К

МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

Журнал входит в международный справочник научных изданий Ulrichsweb Global Serials Directory.

Включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (с 11.10.2017 г.) по следующим научным специальностям:

с **01.02.2022** г. по:

- 5.2.1. Экономическая теория (экономические науки),
- 5.2.4. Финансы (экономические науки),
- 5.2.5. Мировая экономика (экономические науки),
- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

с **13.07.2022** г. по:

- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),
- 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки),
- 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

Журнал осуществляет научное рецензирование («двойное слепое») всех поступающих в редакцию материалов с целью экспертной оценки. Редакция журнала направляет копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении соответствующего запроса. Журнал придерживается стандартов редакционной этики в соответствии с международной практикой редактирования, рецензирования, изданий и авторства научных публикаций и рекомендациями Комитета по этике научных публикаций. Точка зрения редакции может не совпадать с точкой зрения авторов.

Наименование и содержание рубрик журнала соответствуют шифру и наименованию области науки (и шифру и наименованию группы научных специальностей) в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени: 4 – Сельскохозяйственные науки (4.1. Агротомия, лесное и водное хозяйство; 4.2. Зоотехния и ветеринария); 5 – Социальные и гуманитарные науки (5.2. Экономика).

Цель издания – распространение научного знания, информационное сопровождение достижений ученых в области сельскохозяйственных и экономических наук.

Включен и индексируется в:

Академия Google, East View, ePrints, РИНЦ, Ulrich's Periodicals Directory, «КиберЛенинка», EBSCO.

Выходит с 2015 года.

Периодичность издания: 4 раза в год.

FOUNDER AND PUBLISHER:

Mari State University,
1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000,
Republic of Mari El, Russia

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (registration number and date of registration decision: series PI no. FS 77-75884 dated on May 30, 2019)

On the website of the “United catalogue “Press of Russia” <http://www.pressa-ru.ru> you can subscribe to the printed version of the magazine according to the subscription index 80820, as well as subscribe through the online store “Subscription Press” <https://www.akc.ru>

Telephone: (8362) 68-79-97 (1565)

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

44 Kremlevskaya St.,
office 303 (passage), Yoshkar-Ola
424002, Republic of Mari El,
Russian Federation

e-mail: vestnik.margu@mail.ru

<http://agro-econom.vestnik.marsu.ru>

Distributed in the Russian Federation
and foreign countries

The layout original was prepared for printing in the editorial board of scientific and educational literature of the Mari State University. 44 Kremlevskaya St., office 303 (passage), Yoshkar-Ola 424002 and was printed at the printing house “Printecs”. 15a Suvorova St., office 204, Yoshkar-Ola 424003

Thematic plan of 2023 no. 67.
Signed to print 29.12.2023.
Date of publishing 29.12.2023.
Sheet size 60×84/8.
Conventional printed sheets 13,25.
Number of copies 500.
Free price

Editors

*O. S. Krylova, E. A. Bukhvalova,
A. F. Solovyova*

Translation

E. A. Bukhvalova

Desktop publishing

G. I. Galyamova

Cover design

I. V. Shishkareva

© Mari State University, 2023

ISSN 2411-9687

Vol. 9, no. 4, 2023
Continuous issue – 36



VESTNIK

OF THE MARI STATE UNIVERSITY

Chapter “AGRICULTURE. ECONOMICS”

Scientific journal

DOI 10.30914/2411-9687



V E S T N I K

OF THE MARI STATE UNIVERSITY

Chapter "AGRICULTURE. ECONOMICS"

The journal is indexed and archived in the international directory of scientific publications Ulrichsweb Global Serials Directory.

The journal is included in the List of Russian peer-reviewed scientific journals, where the main scientific results of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences theses (since 11.10.2017), on the following scientific specialties should be published:

since 01.02.2022:

- 5.2.1. – Economic Theory (Economics),
- 5.2.4. – Finance (Economics),
- 5.2.5. – World Economy (Economics),
- 4.1.1. – General Agriculture, Crop Production (Agricultural Sciences)

since 13.07.2022:

- 4.2.1. Animal Pathology, Morphology, Physiology, Pharmacology and Toxicology (Biological Sciences),
- 4.2.2. Sanitation, Hygiene, Ecology, Veterinary-Sanitary Expertise and Biosafety (Biological Sciences),
- 5.2.3. Regional and Sectoral Economy (Economics)

The journal carries out the reviewing (scientific double-blind peer-review) of all submitted materials with the view of their expert assessment. The editorial board sends review copies to the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation upon request. The journal adheres to the standards of editorial ethics in accordance with international practice of editing, reviewing, publishing and authorship of scientific publications and the recommendations of the Committee on Publication Ethics (COPE). The point of view of the editorial board may not coincide with the point of view of the authors.

The name and content of the journal's headings correspond to the code and name of the field of science (code and name of the group of scientific specialties) in accordance with the Nomenclature of scientific specialties for which academic degrees are awarded: 4 – Agricultural Sciences (4.1. Agronomy, Forestry and Water Management; 4.2. Animal Science and Veterinary Medicine); 5 – Social Sciences and Humanities (5.2. Economics).

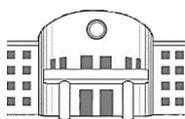
The purpose of the publication is the dissemination of scientific knowledge, information support of scientific achievements in the field of agricultural and economic sciences.

The journal is indexed and archived by:

Academy Google, East View, ePrints, RSCI, Ulrich's Periodicals Directory, "CyberLeninka", EBSCO.

Published since 2015.

Publication frequency: 4 times a year.



Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»

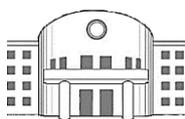
Выходит 4 раза в год

Главный редактор: **Баталова Галина Аркадьевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, г. Киров, Российская Федерация, g.batalova@mail.ru

Ответственный секретарь: **Крылова Ольга Сергеевна**, зав. редакцией научной и учебной литературы, Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация, vestnik.margu@mail.ru

Редакционная коллегия:

- Бурков Алексей Владимирович** доктор экономических наук, доцент, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), alexei.burkov@gmail.com
- Газетдинов Миршарип Хасанович** доктор экономических наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет (Казань), mirsharip@yandex.ru
- Ганиева Ирина Александровна** доктор экономических наук, доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт (Кемерово), ikolesni@mail.ru
- Гриб Станислав Иванович** доктор сельскохозяйственных наук, академик Национальной академии наук Беларуси, профессор, иностранный член (академик) РАН, иностранный член Национальной академии аграрных наук Украины, Научно-практический центр по земледелию Национальной академии наук Беларуси (Жодино, Республика Беларусь), triticale@tut.by
- Забиякин Владимир Александрович** доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), zabiakin@marsu.ru
- Кадиков Ильнур Равилевич** доктор биологических наук, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (Казань), vnivi@mail.ru
- Козлова Людмила Михайловна** доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (Киров), zemledel_niish@mail.ru
- Курманова Лилия Рашидовна** доктор экономических наук, доцент, Башкирский государственный университет (Уфа), kurmanova_ugaes@mail.ru
- Лисицын Евгений Михайлович** доктор биологических наук, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (Киров), edaphic@mail.ru
- Марчук Андрей Станиславович** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Университет естественных наук (Люблин, Польша), roman@ibmer.waw.pl
- Марыина-Чермных Ольга Геннадьевна** доктор биологических наук, доцент, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), oly6045@yandex.ru
- Матвеева Елена Лаврентьевна** доктор биологических наук, доцент, Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП) (Казань), matveeva@ieml.ru
- Матросова Лилия Евгеньевна** доктор биологических наук, профессор, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (Казань), M.Lilia.Evg@yandex.ru
- Новоселов Сергей Иванович** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), serg.novoselov2011@yandex.ru
- Полухина Анна Николаевна** доктор экономических наук, доцент, Поволжский государственный технологический университет (Йошкар-Ола), PoluhinaAN@volgatech.net
- Привалов Федор Иванович** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, Научно-практический центр по земледелию Национальной академии наук Беларуси (Жодино, Республика Беларусь), privalov_f@tut.by
- Романюк Вацлав** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт технологических и естественных наук (Фаленты, Польша), roman@ibmer.waw.pl
- Савиных Петр Алексеевич** доктор технических наук, профессор, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (Киров), peter.savinyh@mail.ru
- Саитов Вадим Расимович** доктор биологических наук, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (Казань), sinsavara@yandex.ru
- Сарычева Татьяна Владимировна** доктор экономических наук, доцент, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), tvdolmatova@bk.ru
- Смоленцев Сергей Юрьевич** доктор биологических наук, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), smolentsev82@mail.ru
- Урбан Эрома Петрович** доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор, Научно-практический центр по земледелию Национальной академии наук Беларуси (Жодино, Республика Беларусь), npz@tut.by
- Andrea Čajkova** Ph D, Университет Кирилла и Мефодия (Трнава, Словацкая Республика), Andrea.Cajkova@vsdanubius.sk
- Швецов Андрей Владимирович** доктор экономических наук, доцент, Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), shvetsoff@rambler.ru
- Шешегова Татьяна Кузьмовна** доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (Киров), immunitet@fanc-sv.ru
- Щенникова Ирина Николаевна** доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (Киров), i.schennikova@mail.ru
- Changzhong Ren** доктор наук, иностранный член Российской академии наук, академик, Байченская академия сельскохозяйственных наук (провинция Цзилинь, Китай)

**VESTNIK OF THE MARI STATE UNIVERSITY**
CHAPTER "AGRICULTURE. ECONOMICS"*Published since 2015*

Founder and publisher: Mari State University

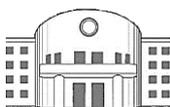
The journal is issued 4 times a year

Editor-in-chief: **Galina A. Batalova**, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation, *g.batalova@mail.ru*

Executive editor: **Olga S. Krylova**, Head of the the editorial board of scientific and educational literature, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation, *vestnik.margu@mail.ru*

Editorial board:

- Aleksey V. Burkov** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *alexey.burkov@gmail.com*
- Mirsharip H. Gazetdinov** Dr. Sci. (Economics), Professor, Kazan State Agricultural University (Kazan), *mirsharip@yandex.ru*
- Irina A. Ganieva** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Kemerovo State Agricultural Institute (Kemerovo), *ikolesni@mail.ru*
- Stanislav I. Grib** Dr. Sci. (Agriculture), Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor, Foreign Member (Academician) of the Russian Academy of Sciences, Foreign Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Research and Practical Center for Arable Farming of the National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Republic of Belarus), *triticale@tut.by*
- Vladimir A. Zabaykin** Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *zabaykin@marsu.ru*
- Ilnur R. Kadikov** Dr. Sci. (Biology), Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (Kazan), *vnivi@mail.ru*
- Lyudmila M. Kozlova** Dr. Sci. (Agriculture), Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky (Kirov), *zemledel_niish@mail.ru*
- Lilija R. Kurmanova** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Bashkir State University (Ufa), *kurmanova_ugae@mail.ru*
- Eugene M. Lisitsyn** Dr. Sci. (Biology), Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky (Kirov), *edaphic@mail.ru*
- Anzhei S. Marchuk** Dr. Sci. (Agriculture), Professor, University of Life Sciences (Lublin, Poland), *roman@ibmer.waw.pl*
- Olga G. Maryina-Chernnykh** Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *oly6045@yandex.ru*
- Elena L. Matveeva** Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov (IEML) (Kazan), *matveeva@ieml.ru*
- Liliya E. Matrosova** Dr. Sci. (Biology), Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (Kazan), *M.Lilia.Evg@yandex.ru*
- Sergey I. Novoselov** Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *serg.novoselov2011@yandex.ru*
- Konstantin Kh. Papunidi** Dr. Sci. (Veterinary), Associate Professor, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (Kazan), *vetvrach-vnivi@mail.ru*
- Anna N. Polukhina** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola), *PoluhinaAN@volgatech.net*
- Fedor I. Privalov** Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Research and Practical Center for Arable Farming of the National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Republic of Belarus), *privalov_f@tut.by*
- Vatslav Romanyuk** Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Institute of Technology and Life Sciences (Falenty, Poland), *roman@ibmer.waw.pl*
- Petr A. Savinykh** Dr. Sci. (Engineering), Professor, Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky (Kirov), *peter.savinykh@mail.ru*
- Vadim R. Saitov** Dr. Sci. (Biology), Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (Kazan), *sinsavara@yandex.ru*
- Tatyana V. Sarycheva** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *tvdolmatova@bk.ru*
- Sergey Yu. Smolentsev** Dr. Sci. (Biology), Mari State University (Yoshkar-Ola), *smolentsev82@mail.ru*
- Eroma P. Urban** Dr. Sci. (Agriculture), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Research and Practical Center for Arable Farming of the National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Republic of Belarus), *npz@tut.by*
- Andrea Chajkova** Ph. D., University of St. Cyril and Methodius (Trnava, Slovak Republic), *Andrea.Cajkova@vsdanubius.sk*
- Andrey V. Shvetsov** Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Mari State University (Yoshkar-Ola), *shvetsoff@rambler.ru*
- Tatyana K. Sheshegova** Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky (Kirov), *immumitet@fanc-sv.ru*
- Irina N. Shchennikova** Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky (Kirov), *i.schennikova@mail.ru*
- Changzhong Ren** Ph. D., Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Academician, Baicheng Academy of Agricultural Sciences (Jilin Province, China)



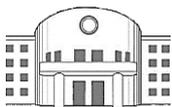
СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ 359

- Н. Н. Андержанова, Г. С. Юнусов, А. В. Майоров*
Сравнительный анализ по основным параметрам и режимам работы комбинированных малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов с различными рабочими органами359
- Т. В. Герунов, Л. К. Герунова, С. Ю. Смоленцев, В. А. Лапухова*
Диоксид кремния как полифункциональный энтеросорбент в свиноводстве и матрица для создания новых лекарственных средств368
- О. А. Грачева, И. Г. Галимзянов, З. Г. Чурина, Д. М. Мухутдинова*
Влияние антиоксидантной терапии на организм сухостойных коров и полученных от них телят376
- М. В. Долгорукова, С. И. Охотников*
Влияние глюконо-дельта-лактона на качественные показатели сливочных сыров.....382
- Е. С. Закамская*
Миграция фосфора по градиенту «почва-растение»389
- А. В. Онегов, Е. Д. Чиргин*
Связь молочной продуктивности кобыл русской тяжеловозной породы с промерами и индексами телосложения.....396
- Е. А. Скочилова*
Устойчивость пигментного комплекса ежи сборной к загрязнению окружающей среды автомобильным транспортом406
- С. Ю. Смоленцев, Л. М. Суфьянова*
Влияние суспензии хлореллы в сочетании с пробиотиком на продуктивность, качественные показатели молока и иммунный статус коз.....414
- О. В. Трудолобова, Ю. Г. Крысенко, И. С. Иванов, Р. Ф. Габдрахманов*
Лабораторные исследования объектов окружающей среды при оценке безопасности сибирезвенных захоронений423

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ 433

- М. В. Казаковцева, Е. В. Конакова*
Прогнозирование котировок финансовых инструментов с помощью нейронных сетей433
- А. В. Швецов, Н. К. Швецова*
Вывод капиталов за рубеж в контексте финансово-экономической безопасности государства443
- А. В. Швецов, Н. К. Швецова*
Энергоемкость и энергоэффективность отечественной экономики в контексте социально-экономического развития регионов.....451



CONTENTS

AGRICULTURE	359
<i>N. N. Anderzhanova, G. S. Yunusov, A. V. Mayorov</i> Comparative analysis of the main parameters and operating modes of combined small-sized tillage units with various working bodies	359
<i>T. V. Gerunov, L. K. Gerunova, S. Yu. Smolentsev, V. A. Lapukhova</i> Silicon dioxide as a multifunctional enterosorbent in pig farming and a matrix for the creation of new medicines	368
<i>O. A. Gracheva, I. G. Galimzyanov, Z. G. Churina, D. M. Mukhutdinova</i> Influence of antioxidant therapy on the bodies of dry cows and calves resulting from them	376
<i>M. V. Dolgorukova, S. I. Okhotnikov</i> The effect of glucono-delta-lactone on the quality indicators of cream cheeses	382
<i>E. S. Zakamskaya</i> Migration of phosphorus along the soil-plant gradient	389
<i>A. V. Onegov, E. D. Chirgin</i> Relationship of milk productivity of Russian heavy draft mares with measurements and physique indices	396
<i>E. A. Skochilova</i> Sustainability of the pigment complex of <i>Dactylis glomerata</i> to environmental pollution by vehicles	406
<i>S. Yu. Smolentsev, L. M. Sufyanova</i> The effect of chlorella suspension in combination with probiotic on productivity, milk quality indicators and immune status of goats	414
<i>O. V. Trudolyubova, Yu. G. Krysenko, I. S. Ivanov, R. F. Gabdrakhmanov</i> Laboratory studies of environmental objects in assessing the safety of anthrax burials	423
ECONOMICS	433
<i>M. V. Kazakovtseva, E. V. Konakova</i> Forecasting financial instrument quotations using neural networks	433
<i>A. V. Shvetsov, N. K. Shvetsova</i> Withdrawal of capital abroad in the context of financial and economic security of the state	443
<i>A. V. Shvetsov, N. K. Shvetsova</i> Energy intensity and energy efficiency of the domestic economy in the context of socio-economic development of the regions	451



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

AGRICULTURE

УДК 631.319.2

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-359-367

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРАМ И РЕЖИМАМ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Н. Н. Андержанова, Г. С. Юнусов, А. В. Майоров

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ по основным параметрам и режимам работы комбинированных малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов с различными рабочими органами. **Введение.** Фермерские хозяйства, на которых все чаще используются мотоблоки, вносят значительный вклад в формирование продовольственной безопасности страны и позволяют обеспечить население высококачественными продуктами питания. Существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур приводят к переуплотнению верхнего слоя почвы из-за необходимости многократных проходов мотоблока. В результате возникла проблема разработки сложных комбинированных механизмов, которые позволяют проводить несколько агротехнических мероприятий за один проход. **Материалы и методы.** В Марийском государственном университете разработаны различные конструкции малогабаритных комбинированных выравнивателей-измельчителей, а также сегментная фреза для мотоблока. При разработке конструктивно-технологической схемы комбинированного почвообрабатывающего агрегата были учтены технические параметры орудия и условия выполнения различных операций за один проход. В полевых условиях проведено исследование, определяющее основные факторы, влияющие на процесс выравнивания почвы через ее крошение. Значительное воздействие на данный процесс оказывают следующие факторы: глубина обработки почвы, нагрузка на каток и скорость вращения ротора катка. Для анализа полученных исследованием данных и построения графиков использовались стандартные программы для персональных компьютеров – Excel, Maple и STATISTICA. **Результаты.** План экспериментальных исследований включал несколько этапов, в том числе проведение предварительных однофакторных и полных трехфакторных экспериментов. После проведения однофакторных экспериментов были выявлены связи между показателями комковатости почвы и такими факторами, как глубина обработки, частота вращения двигателя и нагрузка прикатывающего катка в процессе комбинированной обработки почвы. Получены математические зависимости для мотоблоков с различными рабочими органами. **Заключение.** Анализируя результаты экспериментов прикатывающих катков на комбинированном почвообрабатывающем агрегате, можно сделать вывод, что спиральный прикатывающий каток для мотоблоков обеспечивает более качественную обработку почвы по сравнению с другими моделями.

Ключевые слова: сравнительный анализ, почва, комбинированный агрегат, режим работы, частота колебаний, степень крошения

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Андержанова Н. Н., Юнусов Г. С., Майоров А. В. Сравнительный анализ по основным параметрам и режимам работы комбинированных малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов с различными рабочими органами // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 359–367. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-359-367>

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN PARAMETERS AND OPERATING MODES
OF COMBINED SMALL-SIZED TILLAGE UNITS WITH VARIOUS WORKING BODIES****N. N. Anderzhanova, G. S. Yunusov, A. V. Mayorov***Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation*

Abstract. The article presents a comparative analysis of the main parameters and modes of operation of combined small-sized tillage units with various working bodies. **Introduction.** Farms, which increasingly use tillers, are the basis of agriculture and make it possible to provide the population with high-quality food. Existing crop cultivation technologies lead to over-compaction of the top layer of soil due to the need for multiple passes of the tillerblock. As a result, the problem arose of developing complex combined mechanisms that allow several agrotechnical measures to be carried out in one pass. **Materials and methods.** Mari State University has developed various designs of small-sized combined levelers-grinders, as well as a segment milling cutter for a tillerblock. When developing the design and technological scheme of the combined tillage unit, the technical parameters of the tool and the conditions for performing various operations in one pass were taken into account. A study was conducted in the field to determine the main factors affecting the process of soil leveling through its crumbling. The following factors have a significant impact on this process: soil tillage depth, load on the roller and the speed of rotation of the roller rotor. To analyze the data obtained by the study and plotting, standard programs for personal computers were used – Excel, Maple and STATISTICA. **Research results, discussion.** The experimental research plan included several stages, including conducting preliminary one-factor and full three-factor experiments. After carrying out one-factor experiments, the relationships between the indicators of soil lumpiness and such factors as the depth of treatment, engine speed and the load of the rolling roller during combined tillage were revealed. Mathematical dependences for tillers with various working bodies are obtained. **Conclusion.** Analyzing the results of experiments with rolling rollers on a combined tillage unit, it can be concluded that the spiral rolling roller for tillers provides better soil cultivation compared to other models.

Keywords: comparative analysis, soil, combined unit, operating mode, oscillation frequency, degree of crumbling

The authors declare no conflict of interest.

For citation: *Anderzhanova N. N., Yunusov G. S., Mayorov A. V. Comparative analysis of the main parameters and operating modes of combined small-sized tillage units with various working bodies. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2023, vol. 9, no. 4, pp. 359–367. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-359-367>*

Введение

Фермерские хозяйства вносят существенный вклад в сельское хозяйство и позволяют обеспечить население высококачественными продуктами питания. На таких предприятиях для обработки почвы все чаще используются мотоблоки. Существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур приводят к переуплотнению верхнего слоя почвы из-за необходимости многократных проходов мотоблока. В результате возникла проблема разработки сложных комбинированных механизмов, которые позволяют проводить несколько агротехнических мероприятий за один проход.

Комбинированный мотоблок сочетает в себе несколько преимуществ.

1. Универсальность. Мотоблоки комбинированного типа предлагают широкий спектр ис-

пользования. Они могут использоваться для многих операций. Это позволяет сельхозпроизводителям эффективно использовать гораздо меньше оборудования на своих участках.

2. Экономическая выгода. Одна машина, выполняющая несколько функций, может значительно снизить расходы на покупку и обслуживание оборудования. Кроме того, мотоблоки комбинированного типа требуют меньше амортизации и места для хранения, что также снижает затраты.

3. Удобство использования. Мотоблоки комбинированного типа являются компактными и маневренными. Ими легко управлять и перемещать их по сельскому участку. Это особенно важно для малых предприятий с ограниченными ресурсами и поверхностью земельного участка.

4. Сокращение времени работ. Использование мотоблоков комбинированного типа позволяет сделать больше работы за короткий промежуток времени. Это повышает производительность и позволяет сельхозпроизводителям более эффективно распоряжаться доступным временем.

5. Повышение качества работ. Комбинированные мотоблоки обычно обладают высокой эффективностью работы и точностью. Это особенно важно при выполнении таких операций, как рыхление почвы или посадка семян, где качество работы может оказывать значительное влияние на урожай.

В целом использование мотоблоков комбинированного типа на малых сельскохозяйственных предприятиях является актуальным решением для повышения эффективности работы, экономии затрат и увеличения производительности. Они предоставляют сельхозпроизводителям больше возможностей и гибкости при работе на своих участках.

Цель исследования: определить наиболее эффективную комплектацию малогабаритного комбинированного агрегата используя сравни-

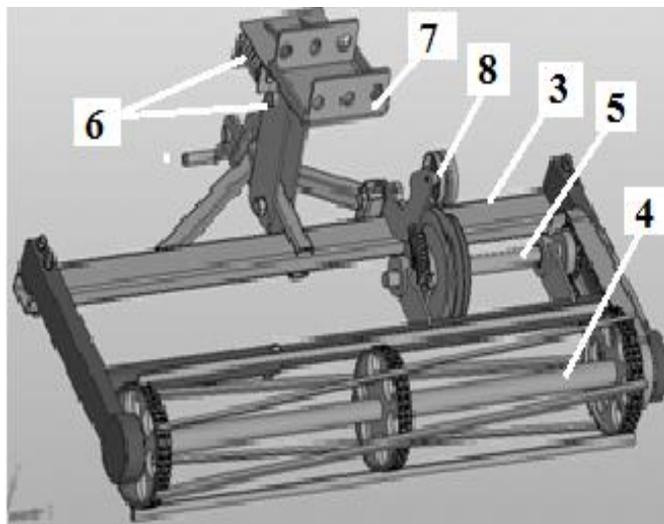
тельный анализ по основным параметрам и режимам работы комбинированных малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов с различными рабочими органами.

Материалы и методы исследования

В Марийском государственном университете разработаны различные конструкции малогабаритных комбинированных агрегатов для обработки почвы с использованием различных выравнивателей-измельчителей (активного планчато-спирального, активного игольчатого, активного спирального, пассивного игольчатого прикатывающих катков), стандартной саблевидной и разработанной сегментной фрез (рис. 1–5). При разработке конструктивно-технологической схемы комбинированного почвообрабатывающего агрегата (рис. 6) были учтены технические параметры орудия и условия выполнения различных операций за один проход. В агрегат включены функции измельчения почвенных глыб, рыхления почвы на определенную глубину, выравнивания микрорельефа поверхностного слоя, подрезания растительных остатков и перемешивания их с землей, а также прикатывания верхнего слоя почвы.

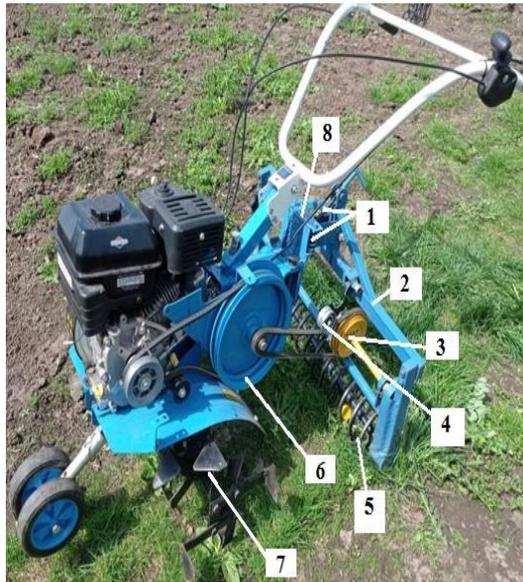


а)

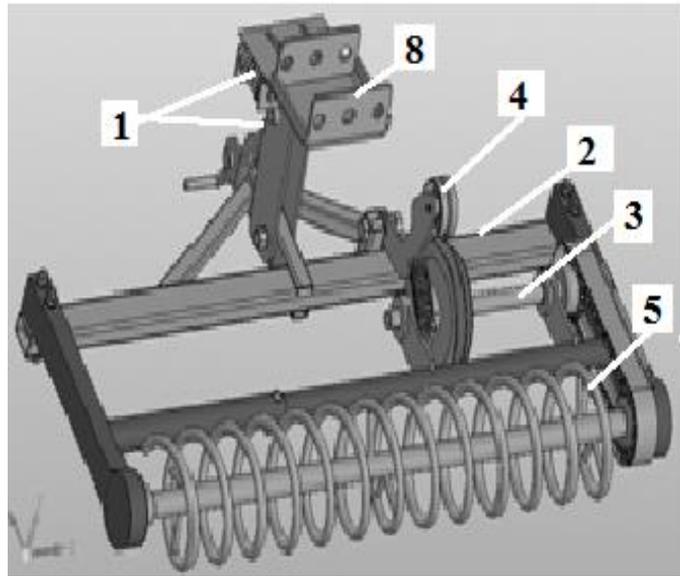


б)

Рис. 1. Активный планчато-спиральный каток: а – общий вид агрегата; б – конструктивная схема прикатывающего катка: 1 – сегментная фреза; 2 – мотоблок; 3 – рама катка; 4 – рабочий орган; 5 – привод катка; 6 – балансирующие пружины; 7 – прицепное устройство; 8 – натяжное устройство привода катка / Fig. 1. Active slat-spiral roller: a – general view of the unit; b – design scheme of the rolling roller: 1 – segment milling cutter; 2 – tillers; 3 – roller frame; 4 – working body; 5 – roller drive; 6 – balancing springs; 7 – trailer device; 8 – roller drive tensioner

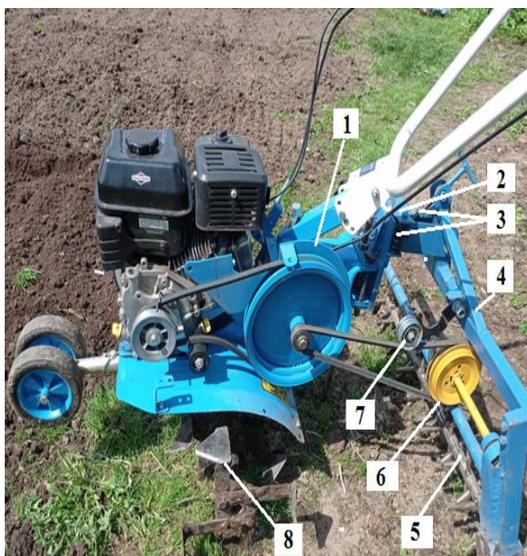


а)

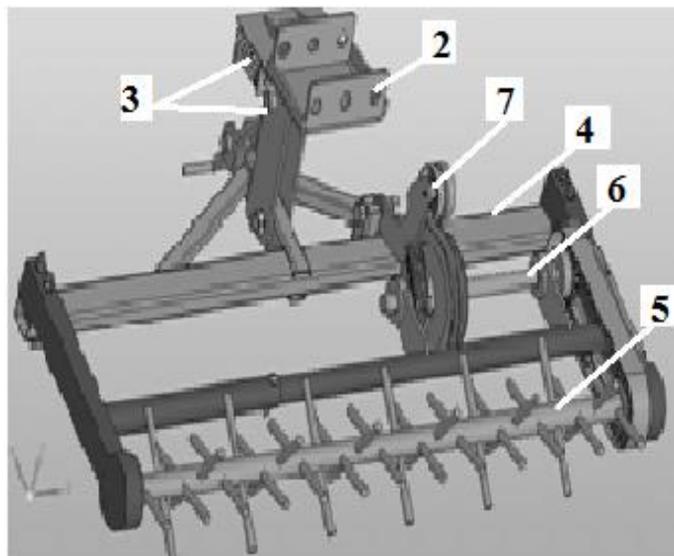


б)

Рис. 2. Активный спиральный каток: а – общий вид агрегата; б – конструктивная схема прикатывающего катка: 1 – балансирующие пружины, 2 – рама катка, 3 – привод катка, 4 – натяжное устройство, 5 – рабочий орган, 6 – мотоблок, 7 – сегментные фрезы, 8 – прицепное устройство / Fig. 2. Active spiral roller: a – general view of the unit; b – design scheme of the rolling roller: 1 – balancing springs, 2 – roller frame, 3 – roller drive, 4 – tensioner, 5 – working body, 6 – tillers, 7 – segment cutters, 8 – trailer device



а)



б)

Рис. 3. Активный игольчатый каток: а – общий вид агрегата; б – конструктивная схема прикатывающего катка: 1 – мотоблок; 2 – прицепное устройство; 3 – балансирующие пружины; 4 – рама катка; 5 – рабочий орган; 6 – привод катка; 7 – натяжное устройство; 8 – сегментная фреза / Fig. 3. Active needle roller: a – general view of the unit; b – design scheme of the rolling roller: 1 – tillers; 2 – trailer device; 3 – balancing springs; 4 – roller frame; 5 – working body; 6 – roller drive; 7 – tensioner; 8 – segment cutter

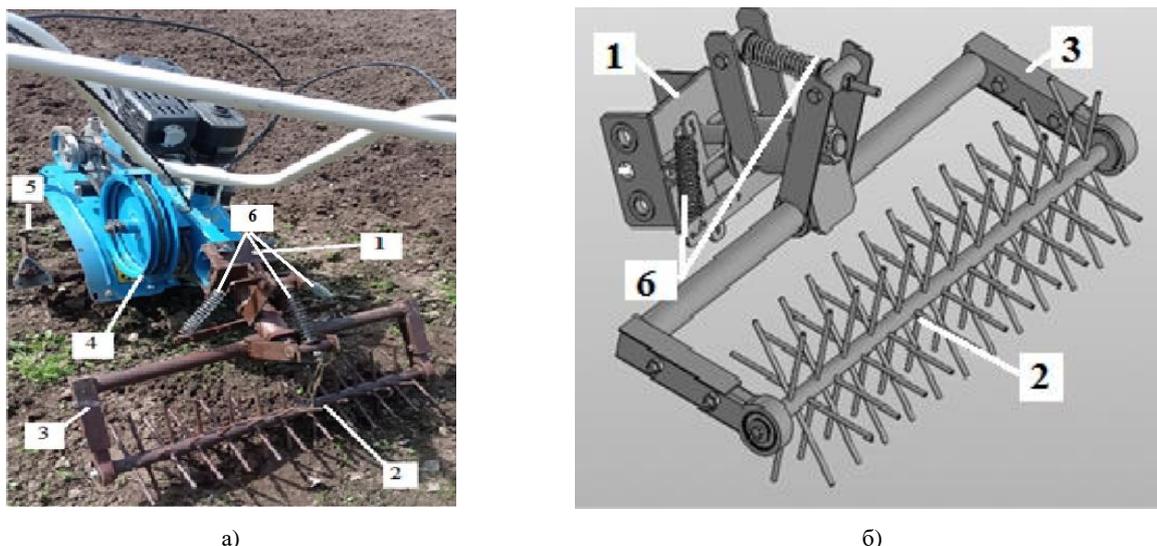


Рис. 4. Пассивный игольчатый каток: а – общий вид агрегата; б – конструктивная схема прикатывающего катка: 1 – прицепное устройство, 2 – рабочий орган, 3 – рама катка, 4 – мотоблок, 5 – сегментная фреза, 6 – балансирующие пружины / Fig. 4. Passive needle roller: a – general view of the unit; b – design scheme of the rolling roller: 1 – trailer device, 2 – working body, 3 – roller frame, 4 – tillers, 5 – segment cutters, 6 – balancing springs



Рис. 5. Фрезы для малогабаритной почвообрабатывающей техники: а – сегментная, б – саблевидная: 1 – ножи фрезы (сегментные, саблевидные); 2 – оси фрезы; 3 – стойка фрезы / Fig. 5. Milling cutters for small-sized tillage equipment: a – segmented, b – saber-shaped: 1 – milling cutter knives (segmented, saber-shaped); 2 – milling cutter axes; 3 – milling cutter rack

Активные (рис. 1–3) и пассивный (рис. 4) прицепные катки используются для прикатывания почвы и измельчения комков после работы фрезы на мотоблоке. Чтобы достичь наилучших результатов в копировании поверхности почвы, катки соединены с рамой мотоблока через пружинные шарниры, которые позволяют движение в двух перпендикулярных плоскостях.

Активные прикатывающие катки работают следующим образом: перед началом работы при-

водится во вращение рабочий орган путем включения его привода. Во время вращения прикатывающий каток взаимодействует с почвой, вычесывает сорные растения и измельчает комки, придавая ей мелкокомковатую структуру и определенную плотность после работы фрезы¹.

¹ Маркеев А. П. Теоретическая механика. М. : ЧеРо, 1999. 572 с.; Никитин Н. Н. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 1990. 607 с.

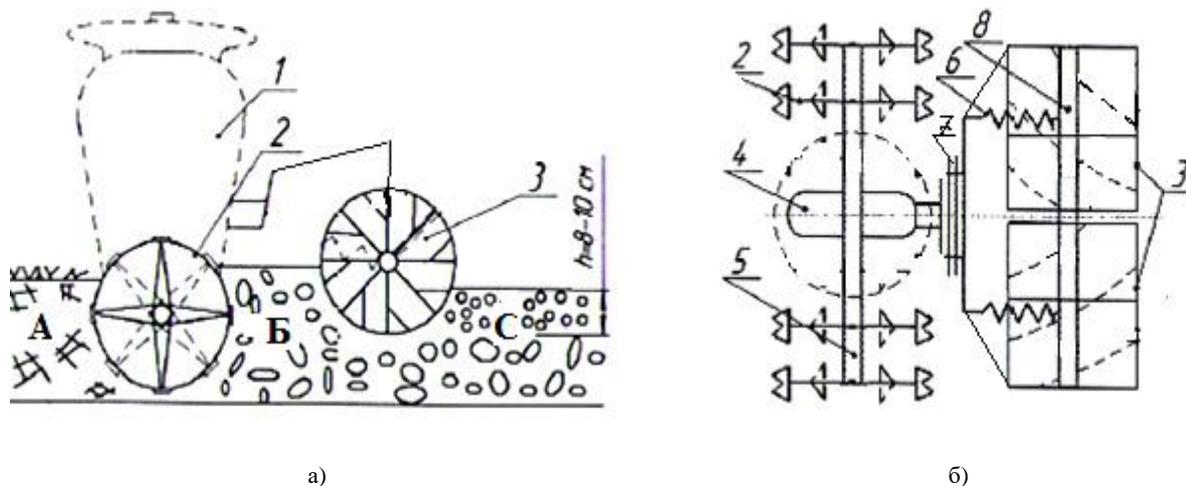


Рис. 6. Технологическая схема работы комбинированного агрегата: а – общий вид; б – вид сверху на рабочие органы:
А – зона до обработки; Б – зона обработки фрезой; С – зона после окончательной обработки почвы катком:

1 – мотоблок; 2 – сегментная фреза; 3 – каток измельчитель-уплотнитель; 4 – редуктор мотоблока 5 – вал фрезы;
6 – пружины для регулирования уплотнения земли; 7 – прицепное устройство катка; 8 – ротор катка /

Fig. 6. Technological diagram of the combined unit: а – general view; б – top view of the working bodies

А – zone before treatment; Б – milling zone; С – zone after final tillage of the soil with a roller:

1 – tillers; 2 – segment cutter; 3 – chopper-compactor roller; 4 – tiller gearbox, 5 – cutter shaft;

6 – springs for regulating soil compaction; 7 – trailer hitch of the roller; 8 – roller rotor

Исследования проводились в Медведевском районе РМЭ и на Агробиостанции МарГУ на дерново-подзолистых среднесуглинистых средней степени окультуренности почвах. На предшествующих участках выращивали сахарную свеклу.

В полевых условиях проведено исследование, определяющее основные факторы, влияющие на процесс выравнивания почвы через ее крошение. Самое значительное воздействие на данный процесс оказывают следующие факторы: глубина обработки почвы, нагрузка на каток и скорость вращения ротора катка.

Для анализа полученных в результате исследования данных и построения графиков использовались стандартные программы для персо-

нальных компьютеров – Excel, Maple и STATISTICA.

Результаты исследований

План экспериментальных исследований включал несколько этапов, в том числе проведение предварительных однофакторных и полных трехфакторных экспериментов. В таблице 1 указаны значения и диапазоны изменения факторов. После проведения однофакторных экспериментов были выявлены связи между показателями комковатости почвы и такими факторами, как глубина обработки, частота вращения двигателя и нагрузка прикатывающего катка в процессе комбинированной обработки почвы.

Таблица 1 / Table 1

Уровни факторов и интервалы варьирования / Factor levels and variation intervals

Обозначения / Designations	Название фактора, единица измерения / Factor name, unit of measurement	Уровень фактора / Factor level			Интервал варьирования / Variation interval
		-1	0	1	
X ₁	Глубина обработки Н (см)	16	18	20	2
X ₂	Частота вращения двигателя (катка, фрезы) (об/мин)	2000 (200,80)	2700 (270,100)	3400 (340,120)	700 (70,20)
X ₃	Нагрузка прикатывающего катка (Н)	30	50	70	20

Математические зависимости (1–4) для малогабаритных почвообрабатывающих агрегатов с различными рабочими органами получены после анализа экспериментальных данных и описывают, как изменяется степень

$$Y = -56,4192 + 12,4018X_1 + 0,2311X_2 + 0,3858X_3 - 0,0025X_1X_2 + 0,0043X_1X_3 + 0,0004X_2X_3 - 0,3248X_1^2 - 0,0004X_2^2 - 0,0055X_3^2 \quad (1)$$

Из результатов испытаний следует, что планчато-спиральный каток наиболее эффективен при глубине обработки 18 см, частоте вращения ротора катка 270 об/мин и нагрузке при-

$$Y = -77,2918 + 15,5573 X_1 + 0,1558 X_2 + 0,44981 X_3 - 0,0009 X_1X_2 - 0,0049 X_1X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,4147 X_1^2 - 0,0002 X_2^2 - 0,0035X_3^2 \quad (2)$$

Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод, что оптимальной работой активного спирального катка является такая, при которой глубина обработки составляет 18 см, частота вращения ротора катка –

$$Y = -32,0772 + 10,6384X_1 + 0,1844X_2 + 0,2791 X_3 - 0,0015 X_1X_2 - 0,0030 X_1X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,2845 X_1^2 - 0,0003 X_2^2 - 0,0034X_3^2 \quad (3)$$

Испытания показывают, что работа активного игольчатого катка является самой эффективной при определенных условиях. Наибольшая степень крошения почвы (92,3–92,4 %) достигается

$$Y = 70,0002 + 0,0818 X_2 + 0,5133 X_3 - 0,0002 X_2X_3 - 0,0001X_2^2 - 0,0046X_3^2 \quad (4)$$

Результаты испытаний подтверждают, что для достижения максимальной степени крошения почвы (98,2–98,4 %) наиболее эффективно использование пассивного игольчатого катка при следующих параметрах: глубина обработки $X_1 = 18$ см, частота вращения ротора катка $X_2 = 340$ об/мин и нагрузка прикатывающего катка $X_3 = 50$ Н.

Заключение

Анализируя результаты экспериментов прикатывающих катков на комбинированном почвообрабатывающем агрегате, можно сделать вы-

крошения почвы в зависимости от трех факторов: глубины обработки, частоты вращения двигателя и нагрузки на прикатывающий каток.

Для планчато-спирального катка:

катывающего катка 50 Н. В этих условиях достигается максимальная степень крошения почвы – 97,4 %.

Для активного спирального катка:

340 об/мин, а нагрузка на прикатывающий каток – 50 Н. Именно в таком случае достигается наибольшая степень измельчения почвы 99,8–100 %.

Для активного игольчатого катка:

при глубине обработки $X_1 = 18$ см, частоте вращения ротора катка $X_2 = 270$ об/мин и нагрузке прикатывающего катка $X_3 = 30$ Н.

Для пассивного игольчатого катка:

вод, что спиральный прикатывающий каток для малогабаритной почвообрабатывающей техники обеспечивает более качественную обработку почвы (наибольшая степень измельчения почвы 99,8–100 %) по сравнению с другими моделями (наибольшая степень измельчения почвы 92,3–98,4 %). На втором месте по качеству обработки почвы находится пассивный игольчатый каток (98,2–98,4 %). На третьем – планчато-спиральный каток – 97,4 %. И на последнем месте по результатам экспериментов находится игольчатый каток – 92,3–92,4 %.

1. Алёшкин А. В., Дёмшин С. Л., Владимиров Е. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного агрегата для обработки почвы и посева // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2009. № 1 (12). С. 143–148. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792478> (дата обращения: 07.08.2023)

2. Андержанова Н. Н. Обоснование конструкции и параметров малогабаритных почвообрабатывающих орудий к мотоблоку. Йошкар-Ола, 2022. 225 с.

3. Артизанов А. В., Фаттахова О. В., Волков А. И. Обеспеченность аграрного производства сельскохозяйственными машинами и агрегатами // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2020. № 22. С. 541–544. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tofago> (дата обращения: 27.07.2023).

4. Валиев А. Р., Яруллин Ф. Ф. Определение оптимальных параметров взаимного расположения конических рабочих органов на раме почвообрабатывающего орудия // Вестник Казанского ГАУ. 2012. № 3 (25). С. 68–73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17993504> (дата обращения: 10.08.2023).

5. Валиев А. Р., Ибятов Р. И., Яруллин Ф. Ф. Обоснование параметров конического почвообрабатывающего рабочего органа путем решения многокритериальной задачи оптимизации // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 7. С. 69–72. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053588> (дата обращения: 08.08.2023).

6. Результаты экспериментальных исследований ротационного конического рабочего органа в почвенном канале / А. Р. Валиев, Ф. Ф. Яруллин, Р. И. Ибятов и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2014. № 3 (33). С. 78–85. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22671392> (дата обращения: 25.07.2023).

7. Волков А. И., Артизанов А. В., Сивандаев М. В. Анализ конструкционных особенностей современных почвообрабатывающих агрегатов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2020. № 22. С. 548–551. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=aljzna> (дата обращения: 14.08.2023).

7. Кинематический анализ и обоснование параметров спирально-винтового рабочего органа почвообрабатывающей машины / Л. М. Нуриев, Ф. Ф. Яруллин, С. М. Яхин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 114–119. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114-119>

8. Влияния воздействий прикатывающих катков на обобщенные силы малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. Р. Валиев и др. // Вестник Казанского гос. ун-та: ежеквартальный научный журнал. Казань : Казанский гос. ун-т, 2021. № 3 (63). С. 98–105. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-98-105>

9. Теоретические исследования катка для малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. В. Алешкин и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2021. № 2 (62). С. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>

Статья поступила в редакцию 03.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 02.11.2023 г.; принята к публикации 21.11.2023 г.

Об авторах

Андержанова Нурия Нургалиевна

студент, старший преподаватель кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3319-0758>, Nuri160616@bk.ru

Юнусов Губейдулла Сибятуллович

доктор технических наук, профессор, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2127-6439>, 270144@mail.ru

Майоров Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9432-2291>, ao_maierov@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Aleshkin A. V., Demshin S. L., Vladimirov E. A. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoi skhemy kombinirovannogo agregata dlya obrabotki pochvy i poseva [Substantiation of the constructive and technological scheme of the combined unit for tillage and sowing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2009, no. 1 (12), pp. 143–148. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792478> (accessed 07.08.2023). (In Russ.).

2. Anderzhanova N. N. Obosnovanie konstruktivnykh i parametrov malogabaritnykh pochvoobrabatyvayushchikh orudii k motobloku [Substantiation of the design and parameters of small-sized tillage tools for a tiller]. *Yoshkar-Ola.*, 2022, 225 p. (In Russ.).

3. Artizanov A. V., Fattakhova O. V., Volkov A. I. Obespechennost' agrarnogo proizvodstva sel'skokhozyaistvennymi mashinami i agregatami [Provision of agricultural production with agricultural machines and aggregates]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva = Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*, 2020, no. 22, pp. 541–544. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tofago> (accessed 27.07.2023).

4. Valiev A. R., Yarulin F. F. Opredelenie optimal'nykh parametrov vzaimnogo raspolozheniya konicheskikh rabochikh organov na rame pochvoobrabatyvayushchego orudiya [Determination the optimal parameters of the conical working parts' relative position

on the tillage frame]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2012, no. 3 (25), pp. 68–73. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17993504> (accessed 10.08.2023). (In Russ.).

5. Valiev A. R., Ibyatov R. I., Yarullin F. F. Obosnovanie parametrov konicheskogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa putem resheniya mnogokriterial'noi zadachi optimizatsii [Justification of parameters of the conical soil-tilling working tool by the solution of the multi-objective problem of optimization]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex, 2017, no. 7, pp. 69–72. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053588> (accessed 08.05.2023). (In Russ.).

6. Valiev A. R., Yarullin F. F., Ibyatov R. I., Shiriyazdanov R. R. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy rotatsionnogo konicheskogo rabocheho organa v pochvennom kanale [The results of experimental research of rotational conical working unit in the soil canal]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2014, no. 3 (33), pp. 78–85. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22671392> (accessed 25.07.2023). (In Russ.).

7. Volkov A. I., Artizanov A. V., Sivandaev M. V. Analiz konstruksionnykh osobennosti sovremennykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatov [Analysis of structural features of modern tillage aggregates]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva* = Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, 2020, no. 22, pp. 548–551. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44611033> (accessed 14.08.2023). (In Russ.).

8. Nuriev L. M., Yarullin F. F., Yakhin S. M., Alikberov I. I., Khusainov R. M. Kinematische analiz i obosnovanie parametrov spiral'no-vintovogo rabocheho organa pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Kinematic analysis and substantiation of the parameters of a spiral-screw working unit of a soil processing machine]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2020, vol. 15, no. 2 (58), pp. 114–119. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114-119>

9. Yunusov G. S., Anderzhanova N. N., Valiev A. R., Aleshkin A. V. Vliyaniya vozdeistvii prikatyvayushchikh katkov na obobshchennye sily malogabaritnoi pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Effects of impacts of covering rollers on general forces of small-sized tillage machine]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2021, no. 3 (63), pp. 98–105. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-98-105>

10. Yunusov G. S., Anderzhanova N. N., Aleshkin A. V., Ziganshin B. G., Khaliullin D. T. Teoreticheskie issledovaniya katka dlya malogabaritnoi pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Theoretical research roller for small tillage machine]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2021, no. 2 (62), pp. 80–85. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>.

The article was submitted 03.10.2023; approved after reviewing 02.11.2023; accepted for publication 21.11.2023.

About the authors

Nuriya N. Anderzhanova

Student, Senior Lecturer of the Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3319-0758>, Nuri160616@bk.ru

Gubeidulla S. Yunusov

Dr. Sci. (Technical Sciences), Professor, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2127-6439>, 270144@mail.ru

Andrey V. Mayorov

Ph. D. (Technical Sciences), Associate Professor, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9432-2291>, ao_maivorov@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 615.682.2:615.326

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-368-375

**ДИОКСИД КРЕМНИЯ КАК ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭНТЕРОСОРБЕНТ В СВИНОВОДСТВЕ
И МАТРИЦА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ****Т. В. Герунов¹, Л. К. Герунова¹, С. Ю. Смоленцев², В. А. Лапухова¹**¹Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, г. Омск, Российская Федерация²Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Одной из проблем промышленного животноводства является качество кормов. Микотоксины, содержащиеся в кормах, способны циркулировать по пищевой цепи и представляют угрозу здоровью человека. Дополнительный фактор риска – лекарственные средства (противопаразитарные, антибактериальные и др.), остаточные количества которых могут присутствовать в продуктах питания. По этой причине возрастает роль энтеросорбентов в животноводстве. **Цель** – обобщить опыт применения диоксида кремния в свиноводстве и оценить перспективы создания новых лекарственных средств на его основе. **Материалы и методы.** Поиск данных осуществляли в базах данных eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, PubMed, где в качестве поисковых слов использовали «сорбент», «энтеросорбент», «сви-ньи», «диоксид кремния», «кремнезем». В рукопись включали статьи, описывающие различные эффекты энтеросорбентов и особенности действия диоксида кремния. **Результаты исследования, обсуждения.** Продемонстрированы результаты применения диоксида кремния в свиноводстве. Диоксид кремния улучшает усвояемость питательных веществ, повышает продуктивность животных, в том числе показатели среднесуточного прироста и послеубойной массы свиней, улучшает репродуктивную функцию свиноматок. В лабораторных и производственных условиях доказана способность диоксида кремния связывать микотоксины, а также улучшать белоксинтезирующую функцию печени. При этом он обладает антиоксидантным действием и проявляет антибактериальные свойства. При добавлении в рацион поросят снижает количество *E. coli* в фекалиях, устраняет признаки диареи. Диоксид кремния может быть использован как матрица для модификации различными соединениями, в том числе антибактериальными и противопаразитарными лекарственными средствами, что повышает их фармакологическую эффективность при более низких дозах. **Заключение.** Диоксид кремния применяется в качестве полифункционального энтеросорбента в свиноводстве и представляет интерес как матрица для получения модифицированных лекарственных препаратов с широким спектром фармакологических эффектов.

Ключевые слова: энтеросорбент, диоксид кремния, кремнезем, свиньи, микотоксины, противопаразитарные препараты, антибактериальные препараты

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (МД-2435.2022.5.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Диоксид кремния как полифункциональный энтеросорбент в свиноводстве и матрица для создания новых лекарственных средств / Т. В. Герунов, Л. К. Герунова, С. Ю. Смоленцев, В. А. Лапухова // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 368–375. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-368-375>

**SILICON DIOXIDE AS A MULTIFUNCTIONAL ENTEROSORBENT IN PIG FARMING
AND A MATRIX FOR THE CREATION OF NEW MEDICINES****T. V. Gerunov¹, L. K. Gerunova¹, S. Yu. Smolentsev², V. A. Lapukhova¹**¹Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russian Federation²Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. One of the problems of industrial animal husbandry is the quality of feed. Mycotoxins contained in feed are able to circulate through the food chain and pose a threat to human health. An additional risk factor is medicines (antiparasitic, antibacterial, etc.), residual amounts of which may be present in food. For this reason, the role of enterosorbents in animal husbandry is increasing. **Purpose.** To summarize the experience of using silicon dioxide in pig farming and evaluate the prospects for the creation of new medicines based on it.

Materials and methods. The data was searched in eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, and PubMed databases, where "sorbent", "enterosorbent", "pigs", "silicon dioxide", and "silica" were used as search words. The manuscript included articles describing various effects of enterosorbents and features of the action of silicon dioxide. **Research results and discussion.** The results of the use of silicon dioxide in pig farming have been demonstrated. Silicon dioxide improves the digestibility of nutrients, increases the productivity of animals, including the indicators of average daily growth and post-slaughter weight of pigs, and improves the reproductive function of sows. The ability of silicon dioxide to bind mycotoxins, as well as to improve the protein-synthesizing function of the liver, has been proven in laboratory and industrial conditions. At the same time, it has an antioxidant effect and exhibits antibacterial properties. When added to the diet of piglets, it reduces the amount of *E. coli* in the feces, and eliminates signs of diarrhea. Silicon dioxide can be used as a matrix for modification by various compounds, including antibacterial and antiparasitic drugs, which increases their pharmacological effectiveness at lower doses. **Conclusion.** Silicon dioxide is used as a multifunctional enterosorbent in pig breeding and is of interest as a matrix for the production of modified drugs with a wide range of pharmacological effects.

Keywords: enterosorbent, silicon dioxide, silica, pigs, mycotoxins, antiparasitic drugs, antibacterial drugs

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists (MD-2435.2022.5.).

The authors declare no conflict of interest

For citation: Gerunov T. V., Gerunova L. K., Smolentsev S. Yu., Lapukhova V. A. Silicon dioxide as a multifunctional enterosorbent in pig farming and a matrix for the creation of new medicines. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 368–375. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-368-375>

Введение

Корма для животных являются одним из факторов, определяющих их здоровье, продуктивность и, как следствие, экономическую эффективность животноводства как отрасли. При этом качество и безопасность кормов влияют на качественную характеристику продуктов питания животного происхождения [1]. Кормовые токсины и лекарственные препараты, используемые в животноводстве, могут накапливаться в различных тканях и органах животных, подвергая тем самым потребителей продукции животноводства экологическому риску. Контаминация кормов микотоксинами признана Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) приоритетной проблемой вследствие их высокой токсичности для животных и человека [2]. Чаще всего в кормах для животных выявляют афлатоксины, фумонизины, охратоксины, зеараленон и трихотецены (дезоксиниваленол и токсины Т-2 и НТ-2) [2; 3; 4]. Угрозу здоровью человека представляют и лекарственные средства, в том числе регулярно применяемые в животноводстве противопаразитарные препараты [5] и антибиотики [6],

остаточные количества которых могут присутствовать в продуктах питания [7]. По этой причине возрастает роль энтеросорбентов в животноводстве.

Цель обзора – обобщить опыт применения диоксида кремния в свиноводстве и оценить перспективы создания новых лекарственных средств на его основе.

Материалы и методы

Поиск данных для написания статьи осуществляли в базах данных eLIBRARY.RU, Scopus, Web of Science, PubMed, где в качестве поисковых слов использовали «сорбент», «энтеросорбент», «свины», «диоксид кремния», «кремнезем». В рукопись включали статьи, описывающие различные эффекты энтеросорбентов и особенности действия диоксида кремния.

Результаты исследования, обсуждения

Одним из универсальных методов эфферентной терапии, обеспечивающих прижизненное выведение токсических соединений различной природы из организма животных, является применение энтеросорбентов, механизм действия

которых заключается в прерывании энтерогапатической циркуляции веществ, их связывании и эвакуации с последующей дефекацией [8; 9]. С одной стороны, энтеросорбенты имеют существенные различия по химической природе, размерам пор, механизмам связывания токсикантов, с другой стороны, они обладают общим принципом действия. В настоящее время накоплен положительный опыт применения энтеросорбентов в свиноводстве. Использование цеолита и монтмориллонита в рационе свиней на откорме способствует увеличению среднесуточных привесов и повышает коэффициент конверсии корма [10; 11]. Цеолит существенно повышает показатели послеубойной массы свиней, в том числе убойный выход [12]. Применение в рационе бентонита способствует увеличению убойного выхода, длины туши и площади мышечного глазка [13].

Е. Ю. Тарасова и др. оценивали сорбционную активность ряда энтеросорбентов, среди которых Полисорб ВП (АО «Полисорб», Россия), в отношении афлатоксинов [14]. Исследование выполняли *in vitro* при рН 2,0 (моделирование среды желудка), 7,0 и 8,0 (моделирование среды кишечника). Это позволило оценить прочность комплекса микотоксин-адсорбент на всем протяжении желудочно-кишечного тракта. Результаты исследования после внесения в образцы по 10 мкг микотоксинов показали, что Полисорб ВП адсорбировал $8,10 \pm 0,19$ мкг афлатоксина В1 в кислой среде. При нейтральном рН сорбционная способность препарата повысилась на 13,18 % по сравнению с кислой средой. В щелочной среде адсорбция Полисорбом ВП афлатоксина В1 составила 0,12 мкг. В исследовании оценивалась также «истинная сорбция», которая определялась путем вычисления разницы между начальным связыванием в кислой среде («непрочное связывание») и последующей десорбцией в щелочной среде («прочное связывание»). «Истинная сорбция» при использовании Полисорба ВП составила $79,5 \pm 1,1$ % [14].

Этот же препарат в реальных производственных условиях продемонстрировал корректирующее действие на обмен веществ при микотоксикозах у свиней. Свиньям крупной белой породы в возрасте 7–9 месяцев, в кормах которых были обнаружены зеараленон и Т-2 токсин, при наличии клинических признаков микотоксикоза задавали профилактическую дозу препарата (0,2 г/кг массы животного) или лечебную дозу (0,5 г/кг

массы животного). Результаты исследования показали нормализацию уровня общего белка и белковых фракций у опытных животных. Так, исходный уровень общего белка составлял $48,46 \pm 6,86$ г/л при референсных значениях 72,0–86,0 г/л. После применения профилактической дозы Полисорба ВП показатели общего белка увеличились до $77,6 \pm 2,43$ г/л, лечебной дозы – до $76,12 \pm 3,6$ г/л. При этом наблюдалось значительное повышение альбуминов, α -, β -, и γ -глобулинов. Существенного влияния на липидный обмен и уровень холестерина Полисорб ВП не оказывает [15], однако приводит к снижению уровня малонового диальдегида в крови, а также повышению содержания витаминов А и Е и активности каталазы, что свидетельствует об антиоксидантном действии препарата [16].

В ряде исследований, направленных на изучение синергетических эффектов при использовании в кормлении свиней активированного диоксида кремния и других добавок, отмечено, что одновременное введение в рационы активированного диоксида кремния и фитазы повышает усвояемость кальция из кормов на 62 %, а фосфора – на 129 %. В сочетании с бензойной кислотой диоксид кремния повышает прирост живой массы у поросят, которая на 0,7 кг превосходит контрольные показатели. При обобщении результатов серии исследований отмечено, что применение активированного диоксида кремния способствует увеличению среднесуточного прироста у поросят в среднем на 5,6 % [17].

На одной из свиноферм Бразилии проведено исследование на супоросных и лактирующих свиноматках, в ходе которого утановлено влияние добавок с активированным кристаллическим диоксидом кремния (Silica⁺[®], Ceresco Nutrition, Канада) на показатели репродуктивной функции животных, а также выживаемость и прирост живой массы поросят. При добавлении в рацион животных 0,3 кг активированного кремния на тонну корма и скармливания его в период от 111-го дня супоросности по 21-й день лактации отмечено, что вес свиноматок опытной группы на 21-й день лактации был на 2,39 % больше, чем вес свиноматок контрольной группы, которые не получали активированного кремния. Вместе с тем свиноматки опытной группы вырабатывали на 5,05 % больше молока по сравнению с животными контрольной группы, а также у них наблюдались меньшие потери массы тела в период лактации.

У поросят-отъемышей, полученных от свиноматок опытной группы, отмечено увеличение массы тела на 4,43 % по сравнению с поросятами от свиноматок контрольной группы [18].

На базе исследовательской фермы Национального университета Чунгбук (Chungbuk National University, Республика Корея) изучено влияние силиката, содержащего 66,8 % SiO₂, на показатели массы тела, усвояемость питательных веществ, иммунные характеристики, фекальную микробиоту и наличие диареи у растущих свиней после введения липополисахарида *Escherichia coli*. Длительность эксперимента составила 14 недель. В рацион опытных животных вводили 0,1 % силиката. Результаты эксперимента показали, что прирост живой массы у поросят опытной группы был больше, чем у животных контрольной группы, их средний вес на конец эксперимента составил 79,23 и 75,39 кг соответственно. Также выявлено, что у поросят опытной группы усвояемость сырого протеина и сухого вещества корма выше по сравнению с поросятами контрольной группы. При этом силикат снижает стресс, маркером которого является кортизол. Концентрация гормона через 12 и 24 часа после введения липополисахарида *E. coli* у свиней, получавших силикат, была ниже по сравнению с контролем. При этом кормовая добавка снижала количество *Escherichia coli* в фекалиях поросят [19]. В исследовании с использованием препарата Evonik AG (Германия), целью которого была оценка влияния панкреатоподобных ферментов микробного происхождения и SiO₂ как антибактериального фактора на продуктивность поросят, установлено, что подобное сочетание компонентов способствует увеличению массы тела, снижению частоты возникновения диареи и сокращению смертности поросят в послеотъемный период [20].

Диоксид кремния обладает антибактериальным действием, а его наночастицы имеют более высокую бактерицидную активность, чем объемные аналоги, что продемонстрировано на примере *B. subtilis*, *E. coli* и *P. fluorescens* [21]. При этом частицы диоксида кремния могут быть использованы как матрица для модификации различными соединениями. Адресная доставка лекарственных соединений на основе наночастиц является одной из наиболее перспективных терапевтических стратегий, в том числе с применением антибактериальных препаратов для лечения инфекционных

заболеваний, осложненных развитием биопленок и выраженной антибактериальной устойчивостью возбудителей. Указанный подход обладает универсальностью и расширенной функциональностью для преодоления физиологических барьеров и вместе с этим позволяет предполагать применение более низких доз лекарственных средств [22]. При этом уже существуют подходы к разработке «интеллектуальных мезопористых наночастиц кремнезема», способных высвобождать противомикробные вещества в необходимой точке приложения в ответ на внутренние или внешние раздражители [23].

Получены данные об эффективности при альвеолярном эхинококкозе наночастиц кремнезема (NP), модифицированного дихлорофеном (DCP). В условиях *in vitro* полученный комплексный препарат NP-DCP продемонстрировал большую эффективность, чем дихлорофен в отдельности или альбендазол, который является препаратом выбора при данном виде паразитоза. Исследования *in vivo* показали, что препарат NP-DCP (4 мг/кг) имеет такую же эффективность, как альбендазол (25 мг/кг), и большую активность, чем свободный дихлорофен [24]. В целом такой подход рассматривается как перспективный метод эффективного лечения паразитарных заболеваний за счет повышения биодоступности и клеточной проницаемости, неспецифического распределения и быстрого выведения противопаразитарных препаратов из организма [25].

Применение диоксида кремния для иммобилизации лекарственных веществ с целью улучшения их фармакодинамических и фармакокинетических характеристик стало возможным благодаря низкой токсичности и биосовместимости. Весьма привлекательна способность сорбента легко изменять размер, форму и пористость частиц в процессе производства [26].

Заключение

Таким образом, диоксид кремния широко используется в свиноводстве как энтеросорбент при накоплении экзо- и эндотоксинов в организме животных. При этом он снижает нагрузку на органы экскреции и детоксикации, нормализует метаболический статус и гормональный фон, улучшает всасывание и усвояемость питательных веществ корма, повышает продуктивность животных. Специфическая фармакологическая активность диоксида кремния позволяет

существенно расширить спектр показаний к его применению в свиноводстве с перспективой создания новых лекарственных средств на его основе для лечения и профилактики инфекционных и паразитарных болезней животных.

1. Pulina G., Battacone G., Brambilla G., Cheli F., Danieli P. P., Masoero F., Pietri A., Ronchi B. An update on the safety of foods of animal origin and feeds // *Italian Journal of Animal Science. Sci.* 2014. Vol. 13. Pp. 845–856. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3571>

2. Fumagalli F., Ottoboni M., Pinotti L., Cheli F. Integrated Mycotoxin Management System in the Feed Supply Chain: Innovative Approaches // *Toxins (Basel)*. 2021. Vol. 13. No. 8. Pp. 572. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13080572>

3. Santos Pereira C., Cunha C. S., Fernandes J. O. Prevalent Mycotoxins in Animal Feed: Occurrence and Analytical Methods // *Toxins (Basel)*. 2019. Vol. 11. No. 5. Pp. 290. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11050290>

4. Микотоксикологический мониторинг кормов и его роль в профилактике микотоксикозов животных / В. И. Дорожкин, Т. В. Герунов, И. А. Симонова, Л. К. Герунова, Я. О. Крючек, А. А. Тарасенко, Е. А. Чигринский // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2022. Т. 17, № 4. С. 546–554. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-4-546-554>

5. Suvarna V. Ivermectin: A Critical Review on Characteristics, Properties, and Analytical Methods // *Journal of AOAC International*. 2023. Vol. 106. No. 3. Pp. 534–557. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsad031>

6. Ghimpețeanu O. M., Pogurschi E. N., Popa D. C., Dragomir N., Drăgoțoiu T., Mihai O. D., Petcu C. D. Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food-A Public Health Threat: A Review // *Foods*. 2022. Vol. 11. No. 10. Pp. 1430. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11101430>

7. Yang Y., Zhang H., Zhou G., Zhang S., Chen J., Deng X., Qu X., Chen Q., Niu B. Risk Assessment of Veterinary Drug Residues in Pork on the Market in the People's Republic of China // *Journal of Food Protection*. 2022. Vol. 85. No. 5. Pp. 815–827. DOI: <https://doi.org/10.4315/JFP-21-411>

8. Конорев М. Р. Клиническая фармакология энтеросорбентов нового поколения // *Вестник фармации*. 2013. № 4 (62). С. 79–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskaya-farmakologiya-enterosorbentov-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 20.09.2023).

9. Энтеросорбенты в ветеринарии: значение и перспективы создания новых препаратов / Т. В. Герунов, М. С. Дроздецкая, Л. К. Герунова, Л. Г. Пьянова // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2017. № 3 (17). С. 17–24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30708075&ysclid=lpwlas82ko409936570> (дата обращения: 20.09.2023).

10. Yu D. Y., Li X. L., Li W. F. Effect of montmorillonite superfine composite on growth performance and tissue lead level in pigs // *Biol Trace Elem Res*. 2008. Vol. 125. No. 3. Pp. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8173-0>

11. Islam M., Tabasum A. S., Seong-Gyun K., Hong-Seok M., Chul-Ju Y. Dietary effect of artificial zeolite on performance, immunity, faecal microflora concentration and noxious gas emissions in pigs // *Italian Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 13. Pp. 830–835. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3404>

12. Грехова О. Н., Позднякова Н. А. Жировой обмен поросят при потреблении бентонита // *Пермский аграрный вестник*. 2015. № 1 (9). С. 65–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhirovoy-obmen-porosyat-pri-potreblenii-bentonita?ysclid=lpwls8glu7948639145> (дата обращения: 22.09.2023).

13. Позднякова Н. А. Повышение качества мяса свиней с помощью природной минеральной добавки // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2014. № 3. С. 78–85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-myasa-sviney-s-pomoschyu-prirodnoy-mineralnoy-dobavki?ysclid=lpwlg1zy2629907611> (дата обращения: 22.09.2023).

14. Изучение сорбционной активности потенциальных средств профилактики микотоксикозов в отношении афлатоксинов / Е. Ю. Тарасова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, Н. Н. Мишина, А. З. Мухарлямова // *Ветеринарный врач*. 2020. № 2. С. 51–58. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-sorbtsionnoy-aktivnosti-potentsialnyh-sredstv-profilaktiki-mikotoksikozov-v-otnoshenii-afлатоксинov?ysclid=lpwm6lfhv8327239777](https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-sorbtsionnoy-aktivnosti-potentsialnyh-sredstv-profilaktiki-mikotoksikozov-v-otnoshenii-afلاتоксинov?ysclid=lpwm6lfhv8327239777) (дата обращения: 22.09.2023).

15. Грекова А. А. Влияние препарата «ПолисORB ВП» на обмен веществ у свиней при микотоксикозах // *Сельскохозяйственный журнал*. 2009. № 1–1. С. 139–142. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-preparata-polisorb-vp-na-obmen-veschestv-u-sviney-pri-mikotoksikozah> (дата обращения: 21.09.2023).

16. Грекова А. А. Антиоксидантный эффект препарата «ПолисORB ВП» при микотоксикозах свиней // *Сельскохозяйственный журнал*. 2009. № 1–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyy-effekt-preparata-polisorb-vp-pri-mikotoksikozah-sviney> (дата обращения: 21.09.2023).

17. Decaux C. Activated silicon dioxide to achieve a synergistic effect in pigs // *Int. Pig Topics*. 2017. Vol. 32. No 1. P. 25. URL: <https://ceresconutrition.com/wp-content/uploads/2017/02/Intl-Pig-Topics-Activated-Silicon-Dioxide-to-achieve-a-synergistic-effect-in-pigs.pdf> (дата обращения: 15.09.2023).

18. Araujo L. F., Vitagliano L. A., Decaux C., Janssen F. T., de Almeida Sartore Y. G., Granghelli C. A., Tse M. L. P., Carvalho R. S. B., Martins S. M. M. K., da Silva Araujo C. S. Activated crystalline silicon dioxide mitigates weight loss in lactating sows // *Italian Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 21. No. 1. Pp. 123–128. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2020692>

19. Effects of silicate derived from quartz porphyry supplementation in the health of weaning to growing pigs after lipopolysaccharide challenge / J. Lee, M. Song, W. Yun, S. Liu, H. Oh, J. An, Y. Kim, C. Lee, H. Kim, J. Cho // *Journal of Applied Animal Research*. 2020. Vol. 48. Pp. 440–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1817748>
20. Szczurek P., Kamyczek M., Pierzynowski S. G., Goncharova K., Michałowski P., Weström B., Prykhodko O., Grabowski T., Pieszka M. Effects of dietary supplementation with pancreatic-like enzymes of microbial origin (PLEM) and silicon dioxide (SiO₂) on the performance of piglets fed creep feed // *J. Anim. Sci.* 2016. Vol. 94. Iss. 3, Pp. 62–65. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9607>
21. Jiang W., Mashayekhi H., Xing B. Bacterial toxicity comparison between nano- and micro-scaled oxide particles // *Environmental Pollution*. 2009. Vol. 157. No. 5. Pp. 1619–1625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.12.025>
22. Selvarajan V., Obuobi S., Ee P. L. R. Silica Nanoparticles-A Versatile Tool for the Treatment of Bacterial Infections // *Front Chem*. 2020. Vol. 8. Pp. 602. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00602>
23. Colilla M., Vallet-Regí M. Targeted Stimuli-Responsive Mesoporous Silica Nanoparticles for Bacterial Infection Treatment // *Int J Mol Sci*. 2020. Vol. 21. No. 22. Pp. 8605. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21228605>
24. Fabbri J., Pensel P. E., Albani C. M., Arce V. B., Mártire D. O., Elisondo M. C. Drug repurposing for the treatment of alveolar echinococcosis: in vitro and in vivo effects of silica nanoparticles modified with dichlorophen // *Parasitology*. 2019. Vol. 146. No. 13. Pp. 1620–1630. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0031182019001057>
25. Sun Y., Chen D., Pan Y., Qu W., Hao H., Wang X., Liu Z., Xie S. Nanoparticles for antiparasitic drug delivery // *Drug Deliv*. 2019. Vol. 26. No. 1. Pp. 1206–1221. DOI: <https://doi.org/10.1080/10717544.2019.1692968>
26. Pieszka M., Bederska-Łojewska D., Szczurek P., Pieszka M. The Membrane Interactions of Nano-Silica and Its Potential Application in Animal Nutrition // *Animals (Basel)*. 2019. No. 12. Pp. 1041. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9121041>

Статья поступила в редакцию 04.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 02.11.2023 г.; принята к публикации 08.11.2023 г.

Об авторах

Герунов Тарас Владимирович

доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по учебно-научной работе, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (644008, Российская Федерация, г. Омск, Институтская площадь, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5594-2666>, tv.gerunov@omgau.org

Герунова Людмила Карповна

доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (644008, Российская Федерация, г. Омск, Институтская площадь, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0835-9352>, lk.gerunova@omgau.org

Смоленцев Сергей Юрьевич

доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

Лапухова Виктория Александровна

аспирант кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (644008, Российская Федерация, г. Омск, Институтская площадь, д. 1), va.lapukhova1721@omgau.org

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Pulina G., Battacone G., Brambilla G., Cheli F., Danieli P. P., Masoero F., Pietri A., Ronchi B. An update on the safety of foods of animal origin and feeds. *Italian Journal of Animal Science*, 2014, vol. 13, pp. 845–856. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3571>
2. Fumagalli F., Ottoboni M., Pinotti L., Cheli F. Integrated mycotoxin management system in the feed supply chain: innovative approaches. *Toxins (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 8, pp. 572. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins13080572>
3. Santos Pereira C., Cunha C. S., Fernandes J. O. Prevalent mycotoxins in animal feed: occurrence and analytical methods. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 5, pp. 290. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11050290>
4. Dorozhkin V. I., Gerunov T. V., Simonova I. A., Gerunova L. K., Kryuchek Ya. O., Tarasenko A. A., Chigrinski E. A. Mikotoksikologicheskii monitoring kormov i ego rol' v profilaktike mikotoksikozov zhivotnykh [Mycotoxicological monitoring of

feed and its role in prevention of animal mycotoxicoses]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 546–554. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-4-546-554>

5. Suvarna V. Ivermectin: a critical review on characteristics, properties, and analytical methods. *Journal of AOAC International*, 2023, vol. 106, no. 3, pp. 534–557. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsad031>

6. Ghimpețeanu O. M., Pogurschi E. N., Popa D. C., Dragomir N., Drăgoteiu T., Mihai O. D., Petcu C. D. Antibiotic use in livestock and residues in food - a public health threat: a review. *Foods*, 2022, vol. 11, no. 10, pp. 1430. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11101430>

7. Yang Y., Zhang H., Zhou G., Zhang S., Chen J., Deng X., Qu X., Chen Q., Niu B. Risk assessment of veterinary drug residues in pork on the market in the People's Republic of China. *Journal of Food Protection*, 2022, vol. 85, no. 5, pp. 815–827. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.4315/JFP-21-411>

8. Konorev M. R. Klinicheskaya farmakologiya enterosorbentov novogo pokoleniya [Clinical pharmacology of enterosorbents of new generation]. *Vestnik farmatsii* = Pharmacy Newsletter, 2013, no. 4 (62), pp. 79–85. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskaya-farmakologiya-enterosorbentov-novogo-pokoleniya> (accessed 20.09.2023). (In Russ.).

9. Gerunov T. V., Drozdetskaya M. S., Gerunova L. K., Piyanova L. G. Enterosorbenty v veterinarii: znachenie i perspektivy sozdaniya novykh preparatov [Enterosorbents in veterinary: significance and prospects of new medicinal products for animal use]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'* = Innovations and Food Safety, 2017, no. 3 (17), pp. 17–24. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30708075&ysclid=lpwlas82ko409936570> (accessed 20.09.2023). (In Russ.).

10. Yu D. Y., Li X. L., Li W. F. Effect of montmorillonite superfine composite on growth performance and tissue lead level in pigs. *Biol Trace Elem Res*. 2008, vol. 125, no. 3, pp. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8173-0>

11. Islam M., Tabasum A. S., Seong-Gyun K., Hong-Seok M., Chul-Ju Y. Dietary effect of artificial zeolite on performance, immunity, faecal microflora concentration and noxious gas emissions in pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 2014, vol. 13, pp. 830–835. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3404>

12. Grekhova O. N., Pozdnyakova N. A. Zhirovoi obmen porosyat pri potreblenii bentonita [Lipid metabolism in pigs consuming bentonite]. *Permskii agrarnyi vestnik* = Perm Agrarian Journal, 2015, no. 1 (9), pp. 65–70. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhirovoi-obmen-porosyat-pri-potreblenii-bentonita?ysclid=lpwls8gl7y948639145> (accessed 22.09.2023). (In Russ.).

13. Pozdnyakova N. A. Povyshenie kachestva myasa svinei s pomoshch'yu prirodnoi mineral'noi dobavki [The increase of pork quality with the help of natural mineral additive]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii* = Bulletin of the South Ural State University. Series: "Food and Biotechnology", 2014, no. 3, pp. 78–85. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-myasa-sviney-s-pomoschyu-prirodnoy-mineralnoy-dobavki?ysclid=lpwlg1zy2629907611> (accessed 22.09.2023). (In Russ.).

14. Tarasova E. Yu., Semenov E. I., Matrosova L. E., Mishina N. N., Mukharlyamova A. Z. Izuchenie sorbtionnoi aktivnosti potentsial'nykh sredstv profilaktiki mikotoksikozov v otnoshenii aflatoksinov [Study of sorption activity of potential means of prevention of mycotoxicosis against aflatoxins]. *Veterinarnyi vrach* = The Veterinarian, 2020, no. 2, pp. 51–58. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-sorbtsionnoy-aktivnosti-potentsialnyh-sredstv-profilaktiki-mikotoksikozov-v-otnoshenii-aflatoksinov?ysclid=lpwm6lfhv8327239777> (accessed 22.09.2023). (In Russ.).

15. Grekova A. A. Vliyanie preparata "Polisorb VP" na obmen veshchestv u svinei pri mikotoksikozakh [Influence of the drug "Polysorb VP" on metabolism in pigs with mycotoxicosis]. *Sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* = Agricultural Magazine, 2009, no. 1-1, pp. 139–142. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-preparata-polisorb-vp-na-obmen-veschestv-u-sviney-pri-mikotoksikozakh> (accessed 21.09.2023). (In Russ.).

16. Grekova A. A. Antioksidantnyi effekt preparata "Polisorb VP" pri mikotoksikozakh svinei [Antioxidant effect of the drug "Polysorb VP" for mycotoxicosis of pigs]. *Sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* = Agricultural magazine, 2009, no. 1–1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyy-effekt-preparata-polisorb-vp-pri-mikotoksikozakh-sviney> (accessed 21.09.2023). (In Russ.).

17. Decaux C. Activated silicon dioxide to achieve a synergistic effect in pigs. *Int. Pig Topics*, 2017, vol. 32, no. 1, pp. 25. Available at: <https://ceresconutrition.com/wp-content/uploads/2017/02/Intl-Pig-Topics-Activated-Silicon-Dioxide-to-achieve-a-synergistic-effect-in-pigs.pdf> (accessed 15.09.2023). (In Eng.).

18. Araujo L. F., Vitagliano L. A., Decaux C., Janssen F. T., de Almeida Sartore Y. G., Granghelli C. A., Tse M. L. P., Carvalho R. S. B., Martins S. M. M. K., da Silva C.S. Araujo Activated crystalline silicon dioxide mitigates weight loss in lactating sows. *Italian Journal of Animal Science*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 123–128. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2020692>

19. Lee J., Song M., Yun W., Liu S., Oh H., An J., Kim Y., Lee C., Kim H., Cho J. Effects of silicate derived from quartz porphyry supplementation in the health of weaning to growing pigs after lipopolysaccharide challenge. *Journal of Applied Animal Research*, 2020, vol. 48, pp. 440–447. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1817748>

20. Szcurek P., Kamyczek M., Pierzynowski S. G., Goncharova K., Michałowski P., Weström B., Prykhodko O., Grabowski T., Pieszka M. Effects of dietary supplementation with pancreatic-like enzymes of microbial origin (PLEM) and silicon dioxide (SiO₂) on the performance of piglets fed creep feed. *J. Anim. Sci.*, 2016, vol. 94, issue 3, pp. 62–65. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9607>

21. Jiang W., Mashayekhi H., Xing B. Bacterial toxicity comparison between nano- and micro-scaled oxide particles. *Environmental Pollution*, 2009, vol. 157, no. 5, pp. 1619–1625. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.12.025>

22. Selvarajan V., Obuobi S., Ee P.L.R. Silica nanoparticles-a versatile tool for the treatment of bacterial infections. *Front Chem*, 2020, vol. 8, pp. 602. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00602>
23. Colilla M., Vallet-Regí M. Targeted stimuli-responsive mesoporous silica nanoparticles for bacterial infection treatment. *Int J Mol Sci*, 2020, vol. 21, no. 22, pp. 8605. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21228605>
24. Fabbri J., Pensel P. E., Albani C. M., Arce V. B., Mártire D. O., Elissondo M. C. Drug repurposing for the treatment of alveolar echinococcosis: *in vitro* and *in vivo* effects of silica nanoparticles modified with dichlorophen. *Parasitology*, 2019, vol. 146, no. 13, pp. 1620–1630. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1017/S0031182019001057>
25. Sun Y., Chen D., Pan Y., Qu W., Hao H., Wang X., Liu Z., Xie S. Nanoparticles for antiparasitic drug delivery. *Drug Deliv*, 2019, vol. 26, no. 1, pp. 1206-1221. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/10717544.2019.1692968>
26. Pieszka M., Bederska-Łojewska D., Szczurek P., Pieszka M. The membrane interactions of nano-silica and its potential application in animal nutrition. *Animals (Basel)*, 2019, no. 12, pp. 1041. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9121041>

The article was submitted 04.10.2023; approved after reviewing 02.11.2023; accepted for publication 08.11.2023.

About the authors

Taras V. Gerunov

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Deputy Director for Educational and Scientific Work, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin (1 Institutskaya Sq., Omsk 644008, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5594-2666>, tv.gerunov@omgau.org

Lyudmila K. Gerunova

Dr. Sci. (Veterinary), Professor, Professor of the Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin (1 Institutskaya Sq., Omsk 644008, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0835-9352>, gerliud@mail.ru

Sergey Yu. Smolentsev

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

Viktoriya A. Lapukhova

Postgraduate student of the of the Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery and Obstetrics, Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin (1 Institutskaya Sq., Omsk 644008, Russian Federation), va.lapukhova1721@omgau.org

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 619:547:616-08:636.2

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-376-381

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ ТЕРАПИИ НА ОРГАНИЗМ СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ И ПОЛУЧЕННЫХ ОТ НИХ ТЕЛЯТ

О. А. Грачева, И. Г. Галимзянов, З. Г. Чурина, Д. М. Мухутдинова

*Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана,
г. Казань, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. В последнее время большое внимание уделяется использованию средств антиоксидантного действия, эффективность которых связана с воздействием на универсальное патогенетическое звено – окислительный стресс, развивающийся при метаболических болезнях. **Цель исследования** – оценить влияние средства на основе янтарной кислоты и бутафосфана на показатели прооксидантно-антиоксидантного статуса у новотельных коров и на организм новорожденных телят, полученных от них. **Материалы и методы.** Научные исследования выполнены в 2023 г. в КФХ Чуриной П. И. Чистопольского района Республики Татарстан на коровах голштинофризской породы в возрасте 3–5 лет, средней и выше средней упитанности, массой тела 500–700 кг, со среднегодовой молочной продуктивностью 9000 кг, разделенных на две группы, одной из которых применяли средство «Янтовет» в дозе 20 мл на животное в последний месяц стельности трехкратно в дозе 20 мл/гол с интервалом 7–10 дней. Вторая группа служила контролем. Показатели перекисного окисления липидов определяли в цельной крови животных. Малоновый диальдегид определяли с использованием анализа реакционноспособного вещества с тиобарбитуровой кислотой. Определение активности супероксиддисмутазы проводили спектрофотометрическим методом по степени торможения реакции окисления кверцетина. Активность каталазы определяли по методу Королюка. **Результаты исследований.** Применение сухостойным коровам средства «Янтовет» в дозе 20 мл/гол трехкратно в последний месяц стельности способствует снижению процессов перекисного окисления липидов и повышению активности ферментативной антиоксидантной системы крови у коров и, как следствие, повышению морфофункционального статуса телят при рождении, о чем свидетельствуют увеличение массы тела при рождении телят на 16,5 %, повышение интенсивности роста на 4,6 %, снижение количества случаев желудочно-кишечных заболеваний в неонатальный период на 13,4 %.

Ключевые слова: корова, теленок, перекисное окисление липидов, продуктивность, янтарная кислота, бутафосфан

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Грачева О. А., Галимзянов И. Г., Чурина З. Г., Мухутдинова Д. М. Влияние антиоксидантной терапии на организм сухостойных коров и полученных от них телят // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 376–381. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-376-381>

INFLUENCE OF ANTIOXIDATE THERAPY ON THE BODIES OF DRY COWS AND CALVES RESULTING FROM THEM

O. A. Gracheva, I. G. Galimzyanov, Z. G. Churina, D. M. Mukhutdinova

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russian Federation

Abstract. Introduction. Recently, much attention has been paid to the use of antioxidant agents, the effectiveness of which is associated with the effect on the universal pathogenetic link – oxidative stress that develops in metabolic diseases. **The purpose** of the study is to evaluate the effect of succinic acid and butophosphan on prooxidant-antioxidant status in newly-calved cows and on the organism of newborn calves obtained from them. **Materials and Methods.** Scientific research was carried out in 2023 in the farm Churina P. I. of the Chistopol region, Republic of Tatarstan on Holstein-Friesian cows aged 3–5 years, of average and above average fatness, body weight 500–700 kg, with average annual dairy productivity of 9000 kg, divided into two groups. One of them was treated with “Yantovet” at a dose of 20 ml per animal, in the last month of pregnancy three times at a dose of 20 ml/head with an interval of 7–10 days. The second group served as a control.

Indicators of lipid peroxidation were determined in whole blood of animals. Malonic dialdehyde was determined using the thiobarbituric acid reactive substance assay. Superoxide dismutase activity was determined by spectrophotometric method, according to the degree of inhibition of the quercetin oxidation reaction. Catalase activity was determined by the Korolyuk method. **Research results, discussion.** The use of "Yantovet" in a dose of 20 ml /head to dry cows three times in the last month of pregnancy helps to reduce the processes of lipid peroxidation and increase the activity of the enzymatic antioxidant system of the blood in cows, and as a result, increase the morphofunctional status of calves at birth, as evidenced by a higher body weight at birth of calves by 16.5 %, an increase in the intensity of growth by 4.6 %, a decrease in the number of cases of gastrointestinal diseases in the neonatal period by 13.4 %.

Keywords: cow, calf, lipid peroxidation, productivity, succinic acid, butaphosphan

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Gracheva O. A., Galimzyanov I. G., Churina Z. G., Mukhutdinova D. M. Influence of antioxidant therapy on the bodies of dry cows and calves resulting from them. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 376–381. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-376-381>

Введение

Одной из приоритетных задач в современном скотоводстве выступает эффективное использование маточного поголовья для повышения молочной продуктивности и стабильного воспроизводства стада. Перспективы решения этой задачи заложены в повышении устойчивости животных к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды и технологическим условиям в наиболее критические периоды.

Среди неблагоприятных периодов развития любого организма особое место отводится беременности и раннему неонатальному периоду. Создание в эти периоды адекватных эколого-физиологических условий для существования организмов матери и плода являются основным принципом, во многом определяющим их дальнейшую реактивную способность. Полиэтиологический стресс, возникающий как следствие ряда причин (неудовлетворительные параметры микроклимата, несбалансированное кормление, интенсивная эксплуатация, вакцинации, техногенные катастрофы и т. п.), в значительной мере негативно отражается на физиологическом состоянии, обмене веществ и неспецифической резистентности продуктивных животных и их потомстве [6].

В последнее время большое внимание уделяется использованию средств антиоксидантной направленности действия в составе комплексной терапии и профилактики. Эффективность данных средств связана с воздействием на универсальное

патогенетическое звено – окислительный стресс, развивающийся при метаболических болезнях [2].

В связи с этим была поставлена цель исследования – оценить влияние средства на основе янтарной кислоты и бутофосфана на показатели прооксидантно-антиоксидантного статуса у сухостойных и новотельных коров и на организм новорожденных телят, полученных от подопытных коров, при трехкратном применении средства в дозе 20 мл/гол.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные исследования проведены в 2023 г. в КФХ Чурин П. И. Чистопольского района РТ на коровах голштинофризской породы 3–5 лет, выше средней упитанности, массой тела 500–650 кг, со среднегодовой молочной продуктивностью 9000 кг. Опыты проводились в весенний период (март – апрель). Кормление коров осуществлялось по принятым в хозяйстве однотипным рационам для сухостойных коров. Содержание безвыгульное, привязное.

Всего в опыте для изучения влияния средства на процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) и состояния системы антиоксидантной защиты организма животных в период исследований находились 30 клинически здоровых коров, разделенных на две группы, одной из которых применяли средство «Янтовет» в дозе 20 мл на животное в последний месяц стельности с интервалом 7–10 дней. Вторая группа служила контролем. За подопытными животными было установлено постоянное наблюдение с учетом общего состояния, характера

протекания родов. Кровь у подопытных коров отбирали в утренние часы из хвостовой вены до начала опыта и через неделю после родов.

В дальнейшем у новорожденного молодняка, полученного от коров контрольной и опытной групп, определяли живую массу и основные физиологические показатели, учитывали наличие желудочно-кишечных заболеваний и сохранность.

Показатели ПОЛ определяли в цельной крови животных, обработанной антикоагулянтом. Клеточные элементы крови до исследования были лизированы путем замораживания и последующего размораживания.

Малоновый диальдегид в цельной крови животных определяли с использованием анализа реакционноспособного вещества с тиобарбитуровой кислотой, как описано авторами Buege & Aust (1978) и модифицировано Kheradmand A (2009) [7].

Определение активности супероксиддисмутазы проводили высокочувствительным и специфическим спектрофотометрическим методом, основанным на установлении степени торможения реакции окисления кверцетина СОД [5].

Активность каталазы определяли по методу Королюка (1988) [4]. Содержание каротина определяли по методу Карра – Прайса, в модифика-

ции Юдкина, витамина Е – по известной методике Р. Ж. Киселевич, С. И. Скварко (1972).

Результаты и обсуждение

Научные исследования последних лет показали, что большинство патологических процессов в живом организме сопряжено с нарушениями прооксидантно-антиоксидантного статуса. Окислительные процессы сопровождаются образованием токсических, вследствие своей высокой реактивности, активных форм кислорода, органических и неорганических перекисных соединений, но являются неотъемлемой частью функционирования живого организма так же, как и антиоксидантные механизмы, осуществляющие их инактивацию [8]. Дисбаланс этих компонентов на фоне патологических состояний приводит к избыточному накоплению свободных радикалов и продуктов их реакций, что сопровождается биохимическими и структурными изменениями клеток: изменению проницаемости клеточных мембран, нарушению межклеточного взаимодействия, обменных процессов. Метаболические нарушения, возникающие на клеточном уровне, обуславливают развитие функциональной несостоятельности органов и тканей, срыв адаптационных ресурсов, приводят к возникновению окислительного стресса [3].

Таблица 1 / Table 1

Показатели прооксидантно-антиоксидантного статуса у коров /
Indicators of prooxidant-antioxidant status in cows

Показатели / Indicators	Группы / Groups			
	Сухостойный период (n = 15) / Dry period (n = 15)		Новотельный период (n = 15) / Newly-calved period (n = 15)	
	Опытная / Experimental	Контрольная / Control	Опытная / Experimental	Контрольная / Control
Концентрация MDA, мкмоль/л	4,43 ± 0,09	4,52 ± 0,72	5,26 ± 0,21	7,02 ± 1,0
Активность каталазы, мкМ H ₂ O ₂ /л×мин	28,70 ± 5,12	29,6 ± 1,23	32,6 ± 1,79	38,11 ± 3,13
Активность СОД, % ингибирования кверцетина	52,9 ± 6,9	57,3±3,27	67,5 ± 7,0	96,5±2,58
Витамин Е, мкМ/л	26,4 ± 2,40	30,2 ± 1,28	27,9 ± 2, 52	30,6 ± 3,45
Каротин, мкМ/л	9,83 ± 0,98	8,76 ± 1,56	9,25 ± 0,12	7,38 ± 1,34

По мнению многих ученых, ПОЛ играет огромную роль в метаболизме и обеспечении процессов жизнедеятельности как в норме, патологии, так и при адаптации организма к стрессо-

вым условиям. Беременность и роды являются физиологическим процессом, но все-таки стрессом для организма матери, что отражается на результатах проведенных исследований. Исследуя

кровь коров на предмет продуктов ПОЛ в период до и после отела, установили повышение вторичных продуктов свободно-радикального окисления, а именно малонового диальдегида. Увеличение концентрации конечного продукта ПОЛ служит индикатором активности данных процессов в организме. Однако в группе, которой применяли антиоксидантную терапию, повышение было незначительным, тогда как у контрольных животных показатель увеличился на 55 % по сравнению с показателями до отела и на 33 % превышал значения у опытных коров. Соответственно, при интенсификации процессов ПОЛ увеличивается и активность ферментативных антиоксидантов каталазы и супероксиддисмутазы. Более значительно – в контрольной группе, соответственно на 28,8 и 68,4 %, а в опытной группе – на 13,6 и 12,7 %. В организме соотношение свободнорадикальных продуктов сбалансировано по принципу обратной связи: образование прооксидантов сопровождается образованием антиоксидантов с той же скоростью, что установлено в наших экспериментах.

Надо отметить, что концентрация природных неферментативных антиоксидантов – витамина Е и каротина – достоверно не изменялось в наших исследованиях, так и применение антиоксидантного средства не оказывало существенного влияния. Это может быть обусловлено недостаточным восполнением их через рацион животных, так как длительное хранение кормов приводит к снижению их качества и биологической активности витаминов.

Беременность сопровождается дополнительной потребностью в антиоксидантах для борьбы с окислительным стрессом, при этом действие свободных радикалов может превышать антиоксидантную активность беременного животного и плода, что может приводить к различным осложнениям беременности и родов [9; 10]. Окислительный стресс является одним из этиопатогенетических факторов развития ряда осложнений

неонатального периода, так как у новорожденных нет достаточно развитых механизмов антиоксидантной защиты [1]. В связи с этим нами была поставлена задача – оценить здоровье новорожденных телят, полученных от опытных коров при превентивной антиоксидантной терапии. После отела коров контрольной и опытной группы провели оценку клинического состояния и морфобиохимического статуса рожденных от них телят.

При исследовании гематологических и биохимических показателей достоверных различий между телятами от коров разных групп не наблюдалось. Отмечалась незначительная положительная тенденция в уровне общего белка и глюкозы у новорожденных от опытных коров. Живая масса телят при рождении в опытной группе составила $35,7 \pm 2,99$ кг, тогда как в контрольной – $29,8 \pm 3,67$ кг, что ниже на 16,5 %. За период наблюдений в течение месяца неонатальным гастроэнтеритом в контрольной группе заболели 5 телят, а в опытной – 2 животных. Анализ динамики роста за первый месяц показал, что среднесуточный привес телят от опытных коров составил $912,6 \pm 24,8$ г, тогда как от контрольных – $870,6 \pm 18,6$ г, что выше на 4,6 %.

Заключение

Применение сухостойным коровам средства «Янтовет» в дозе 20 мл/гол трехкратно в последний месяц стельности способствует снижению процессов перекисного окисления липидов и стимулированию активности ферментативной антиоксидантной системы крови у коров и, как следствие, повышению морфофункционального статуса телят при рождении, о чем свидетельствуют увеличение массы тела при рождении телят на 16,5 %, повышение интенсивности роста на 4,6 %, снижение заболеваемости желудочно-кишечными заболеваниями в неонатальный период на 13,4 %.

1. Бахарева И. В. Роль антиоксидантов при беременности высокого риска // Гинекология. 2014. №1. С. 90–94. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-antioksidantov-pri-beremennosti-vysokogo-riska?ysclid=lpv7qxb0da561471329> (дата обращения: 22.09.2023).

2. Грачева О. А. Применение субстратов энергетического обмена при кетозе коров для коррекции метаболических нарушений // Ветеринарная патология. 2016. № 4 (58). С. 35–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-substratov-energeticheskogo-obmena-pri-ketoze-korov-dlya-korreksii-metabolicheskikh-narusheniy?ysclid=lpv86p2mk724247868> (дата обращения: 05.10.2023).

3. Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньщикова Е. Б. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты. М. : Наука/Интерпериодика, 2001. 342 с.

4. Корольок М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Т. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16–19.
5. Костюк В. А., Потапович А. И., Ковалева Ж. В. Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кверцетина // Вопросы медицинской химии. 1990. Т. 36. № 2. С. 88–91.
6. Смоленцев С. Ю., Грачева О. А., Мухутдинова Д. М., Шагеева А. Р. Лечение желудочно-кишечных болезней телят природными лекарственными средствами // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 1. С. 82–90. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-82-90>
7. Buege J. A., Aust S. D. Microsomal lipid peroxidation // Methods in Enzymology. Academic press, 1978. Vol. 52. Pp. 302–310. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6)
8. Kheradmand A. et al. Antioxidant enzyme activity and MDA level in the rat testis following chronic administration of ghrelin // Andrologia. 2009. Vol. 41. No. 6. Pp. 335–340. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2009.00932.x>
9. Mert I, Oruc AS, Yuksel S. Role of oxidative stress in preeclampsia and intrauterine growth restriction // J Obstet Gynaecol Res. 2012. Vol. 38. No. 4. Pp. 658–64. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1447-0756.2011.01771.x>
10. Siddiqui I. A., Jaleel A., Al Kadri H. M. et al. Biomarkers of oxidative stress in women with preeclampsia // Biomark Med. 2013. Vol. 7. No. 2. Pp. 229–34. DOI: <https://doi.org/10.2217/bmm.12.109>

Статья поступила в редакцию 11.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 07.11.2023 г.; принята к публикации 10.11.2023 г.

Об авторах

Грачева Ольга Анатольевна

кандидат ветеринарных наук, доцент, кафедра терапии и клинической диагностики с рентгенологией, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6075-1127>, gracheva-oa@mail.ru

Галимзянов Ильсур Габдулхакович

кандидат ветеринарных наук, доцент, кафедра хирургии, акушерства и патологии мелких животных, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5833-7915>, ilsour@rambler.ru

Чурина Зоя Геннадьевна

кандидат ветеринарных наук, доцент, кафедра хирургии, акушерства и патологии мелких животных, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3136-5611>, zoya.churina78@mail.ru

Мухутдинова Дина Мингалиевна

кандидат ветеринарных наук, доцент, кафедра терапии и клинической диагностики с рентгенологией, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-8652>, dinavet23@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Bakhareva I. V. Rol' antioksidantov pri beremennosti vysokogo riska [The role of antioxidants in high risk pregnancy]. *Ginekologiya = Gynecology*, 2014, no. 1, pp. 90–94. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-antioksidantov-pri-beremennosti-vysokogo-riska?ysclid=lpv7qxb0da561471329> (accessed 22.09.2023). (In Russ.).

2. Gracheva O. A. Primenenie substratov energeticheskogo obmena pri ketoze korov dlya korrektsii metabolicheskikh narushenii [Application of energy exchange substrates at ketosis in cows for correction of metabolic disorders]. *Veterinarnaya patologiya = Russian Journal of Veterinary Pathology*, 2016, no. 4 (58), pp. 35–39. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-substratov-energeticheskogo-obmena-pri-ketoze-korov-dlya-korrektsii-metabolicheskikh-narusheniy?ysclid=lpv86p2mk724247868> (accessed 05.10.2023). (In Russ.).

3. Zenkov N. K., Lankin V. Z., Menshchikova E. B. Okislitel'nyi stress: Biokhimicheskie i patofiziologicheskie aspekty [Oxidative stress: Biochemical and pathophysiological aspects]. М., Nauka / Interperiodika Publ., 2001, 342 p. (In Russ.).

4. Korolyuk M. A. Metod opredeleniya aktivnosti katalazy [Method for determining catalase activity]. *Laboratornoe delo = Laboratory Work*, 1988, no. 1, pp. 16–19. (In Russ.).
5. Kostyuk V. A., Potapovich A. I., Kovaleva Zh. V. Prostoi i chuvstvitel'nyi metod opredeleniya aktivnosti superoksiddismutazy, osnovannyi na reaktsii okisleniya kvvertsetina [A simple and sensitive method of determination of superoxide dismutase activity based on the reaction of quercetin oxidation]. *Voprosy meditsinskoj khimii = Issues of Medical Chemistry*, 1990, vol. 36, no. 2, pp. 88–91. (In Russ.).
6. Smolentsev S. Yu., Gracheva O. A., Mukhutdinova D. M., Shageeva A. R. Lechenie zheludochno-kishechnykh boleznei telyat prirodnyimi lekarstvennymi sredstvami [Treatment of gastrointestinal diseases of calves with natural medicines]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2022, vol. 8, no. 1, pp. 82–90. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-82-90>
7. Buege J. A., Aust S. D. Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*. Academic press, 1978. vol. 52, pp. 302–310. (In Eng.). DOI: [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(78\)52032-6](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6)
8. Kheradmand A. et al. Antioxidant enzyme activity and MDA level in the rat testis following chronic administration of ghrelin. *Andrologia*, 2009, vol. 41, no. 6, pp. 335–340. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2009.00932.x>
9. Mert I, Oruc A. S., Yuksel S. Role of oxidative stress in preeclampsia and intrauterine growth restriction. *J Obstet Gynaecol Res*, 2012, vol. 38, no. 4, pp. 658–664. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1447-0756.2011.01771.x>
10. Siddiqui I. A., Jaleel A., Al Kadri H. M. et al. Biomarkers of oxidative stress in women with preeclampsia. *Biomark Med*. 2013, vol. 7, no. 2, pp. 229–234. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.2217/bmm.12.109>

The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 07.11.2023; accepted for publication 10.11.2023.

About the authors

Olga A. Gracheva

Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Department of Therapy and Clinical Diagnostics with Radiology, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6075-1127>, gracheva-oa@mail.ru

Ilsur G. Galimzyanov

Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Department of Surgery, Obstetrics and Pathology of Small Animals, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5833-7915>, ilsour@rambler.ru

Zoya G. Churina

Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Department of Surgery, Obstetrics and Pathology of Small Animals, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3136-5611>, zoya.churina78@mail.ru

Dina M. Mukhutdinova

Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Department of Therapy and Clinical Diagnostics with Radiology, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-8652>, dinavet23@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 637.3.05

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-382-388

ВЛИЯНИЕ ГЛЮКОНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОНА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛИВОЧНЫХ СЫРОВ

М. В. Долгорукова, С. И. Охотников

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В последнее время в пищевой промышленности находит применение полифункциональная добавка глюконо-дельта-лактон (ГДЛ), используемая в качестве стабилизатора окраски, подкислителя, разрыхлителя, консерванта и так далее. Статья посвящена изучению влияния вводимых доз глюконо-дельта-лактона на качественные показатели сливочных сыров. **Цель:** изучение действия ГДЛ на физико-химические и органолептические показатели модельных продуктов. **Материалы и методы.** Объектами исследования являлись молоко-сырье коровье, молоко обезжиренное-сырье, сливки-сырье, хлористый кальций, сычужный фермент, соль поваренная, глюконо-дельта-лактон (E575), закваска «Скваска». Для проведения исследования отбирали молоко коровье сырое, отвечающее требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ГОСТу 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Отбор проб молочного сырья и выработанного продукта, определение качественных показателей сырья и готового продукта определяли стандартными методами в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. **Результаты исследования, обсуждения.** Получен модельный продукт, для формирования сырного сгустка которого вместо хлористого кальция использовался глюконо-дельта-лактон. Все образцы сыра отличались высокими органолептическими показателями, однако наивысший комплексный балл получил опытный образец 2, в который вводили ГДЛ в количестве 2 % от массы сырья. Получен новый продукт, по качественным показателям не уступающий сливочным сырам, выработанным по традиционной технологии. **Заключение.** Использование ГДЛ при выработке сливочного сыра способствует улучшению образования сгустка в пастеризованном молоке, сокращает время свертываемости и увеличивает плотность сгустка. Модельные продукты соответствовали требованиям действующей нормативно-технической документации. Рекомендуемая доза внесения ГДЛ – 2 % от массы сырья.

Ключевые слова: сливочный сыр, глюконо-дельта-лактон, органолептические показатели, функциональное питание, пищевой продукт, регулятор кислотности

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Долгорукова М. В., Охотников С. И. Влияние глюконо-дельта-лактона на качественные показатели сливочных сыров // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 382–388. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-382-388>

THE EFFECT OF GLUCONO-DELTA-LACTONE ON THE QUALITY INDICATORS OF CREAM CHEESES

M. V. Dolgorukova, S. I. Okhotnikov

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Recently, a multifunctional additive glucono-delta-lactone (GDL) has been used in the food industry, used as a color stabilizer, acidifier, baking powder, preservative, and so on. The article is devoted to the study of the effect of administered doses of glucone-delta-lactone on the quality indicators of cream cheeses. **Purpose:** to study of the effect of GDL on physico-chemical and organoleptic parameters of model products. **Materials and methods.** The objects of the study were cow's milk-raw materials, skimmed milk-raw materials, cream-raw materials, calcium chloride, rennet, table salt, glucono-delta-lactone (E575), sourdough "Skvaska". For the study, raw cow's milk was selected that meets the requirements of TR CU 033/2013 "On the safety of milk and dairy products" and GOST 31449-2013 "Raw cow's milk. Technical specifications". Sampling of dairy raw materials and the developed product, determination of quality indicators of raw materials

and the finished product were determined by standard methods in accordance with the requirements of regulatory and technical documentation. **Research results, discussion.** A model product was obtained, for the formation of a cheese clot of which glucono-delta-lactone was used instead of calcium chloride. All cheese samples were distinguished by high organoleptic indicators, however, the highest complex score was obtained by prototype 2, into which GDL was injected in an amount of 2 % of the mass of raw materials. A new product has been obtained in terms of quality, which is not inferior to cream cheeses produced using traditional technology. **Conclusion.** The use of GDL in the production of cream cheese improves the formation of a clot in pasteurized milk, reduces the clotting time and increases the density of the clot. The model products met the requirements of the current regulatory and technical documentation. The recommended dose of GDL application is 2 % by weight of raw materials.

Keywords: cream cheese, glucono-delta-lactone, organoleptic indicators, functional nutrition, food product, acidity regulator

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Dolgorukova M. V., Okhotnikov S. I. The effect of glucono-delta-lactone on the quality indicators of cream cheeses. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 382–388. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-382-388>

Введение

Среди всего многообразия сыров особое место занимают кисломолочные сыры, отличающиеся выраженным кисломолочным вкусом и запахом. К этим сырам относятся сливочные сыры, получившие свое название из-за использования при их производстве в качестве основного ингредиента сливок. Высокое содержанием влаги в сырах обуславливает нежную структуру и мажущую консистенцию.

Использование доброкачественного молочного сырья и специальных заквасок, ввод в рецептуру различных вкусовых добавок – грибов, чеснока и лука, зелени, паприки – обеспечивает обилие вкусовых характеристик продукта. Сливочные сыры широко используются при приготовлении бутербродов, различных закусок, десертов, чизкейков, причем улучшить структуру сыра и его пластичность можно, используя различные гидроколлоиды и их смеси [1; 2]. Технология сливочных сыров отличается относительно длительными процессами формирования сгустка и выделения из него сыворотки [5].

Развитие российского рынка сыров связано с новыми технологиями производства. Они позволяют увеличить ассортимент и улучшить качество сыров. Технологии отдельных видов мягких сыров основаны на прямом подкислении молока пищевыми кислотами, что может привести к быстрому падению уровня кислотности и осаждению белков. В качестве подкисляющего агента может использоваться глюконо-дельта-

лактон, что представляет интерес для развития этой области [4].

Глюконо-дельта-лактон используется в пищевой промышленности как подкислитель, разрыхлитель и консервирующий агент. Это серийно выпускаемый препарат по технологии аэробной ферментации декстрозы с получением глюконовой кислоты, из которой посредством дегидратации получают эфир глюконовой кислоты. В сыроделии применение этой добавки позволяет получать продукты с заданными показателями качества [8; 10]. Его получают из изюма и других сухофруктов, содержащих глюконовую кислоту. С функциональной точки зрения препарат является гидролитически лабильным эфиром, который под действием фермента лактаза полностью распадается на глюконовую кислоту. Скорость этого процесса увеличивается при повышении температуры и увеличении кислотности среды.

Обеспечение продовольственной безопасности является одним из ключевых направлений национальной безопасности и важным компонентом экономического развития. Молочная промышленность – составляющая этого сектора. Важной задачей для страны является также обеспечение населения качественными продуктами питания [9]. Глюконо-дельта-лактон, позволяет контролировать рН в различных продуктах питания. Его использование в производстве мягких сыров, вроде рикотты или моцареллы, вызывает изменение физико-химических характеристик

данных продукта, однако не дает основания рекомендовать его использования в качестве основного коагулянта.

В связи с этим исследования были посвящены изучению качества сливочных сыров, выработанных с использованием в качестве коагулянта глюконо-дельта-лактона.

Материалы и методы

Задачей исследования являлось определение оптимальной дозы внесения ГДЛ в молоко-сырье; определение продолжительности образования сгустка, изучение динамики титруемой кислотности в процессе образования сгустка, расчет выхода готового продукта и оценка его показателей качества, определение объема получившейся сыворотки, ее кислотности. В процессе исследования изучали химический состав, физико-химические свойства молока коровьего – сырья, молока обезжиренного – сырья, сливок-сырья на соответствие требованиям Технического регламента таможенного союза – ТР ТС 033/2013; ГОСТа 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия»; ГОСТа 34335-2017 «Сливки-сырье. Технические условия».

Исследуемые пробы сырья отбирали и готовили к анализу в соответствии с ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу». При выработке сыров использовалась закваска «Скваска», состоящая из живых мезофильных лактобактерий *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. biovar diacetylactis*, концентрацией не менее 10^9 КОЕ/г.

Выработанные сливочные сыры контрольного и опытных вариантов, содержащих разное количество глюконо-дельта-лактона, и полученная подсырная сыворотка исследовались по физико-химическим, органолептическим показателям и показателям безопасности. Кроме того, определяли выход готового продукта и показатели флокуляции и коагуляции. Точку флокуляции определяли опытным путем. Время коагуляции рассчитывали по формуле:

$$K = F \times M,$$

где K – время коагуляции, минут; F – время флокуляции, минут; M – мультипликатор флокуляции.

При проведении исследований было выработано три разновидности сливочных сыров: в опыте I в подготовленную смесь вносили глюконо-дельта-лактон в количестве 2 % от массы молока; в опыте II – 4 %; в контроле сливочный сыр вырабатывался без внесения ГДЛ.

Массовые доли жира, белка, СОМО определяли по ГОСТ 32255-2013 «Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора».

Качественные, физико-химические и органолептические показатели сливочных сыров и подсырной сыворотки изучали с использованием следующих общепринятых методик:

– внешний вид, вкус, консистенция, запах готового продукта изучали по ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»;

– определение кислотности сливочных сыров – по ГОСТу 32892-2014 «Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности»;

– определение массовой доли жира в сливочном сыре – по ГОСТу 5867-90 «Молоко и молочная продукция. Метод определения жира»;

– определение массовой доли влаги и сухого вещества в сырах и подсырной сыворотке – по ГОСТу 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Метод определения влаги и сухого вещества»;

– определение кислотности сливочных сыров и подсырной сыворотки – по ГОСТу 32892-2014 «Молоко и молочные продукты. Титриметрический метод определения кислотности»;

– определение доли жира в подсырной сыворотке – по ГОСТу 5867-90 «Молоко и молочная продукция. Метод определения жира»;

– определение плотности подсырной сыворотки осуществляли – по ГОСТу 54758-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности»;

– белок в подсырной сыворотке определяли титриметрически.

Полученные результаты обрабатывались статистически по общепринятым методикам.

Результаты

Показатели качества цельного молока-сырья определялись на соответствие требованиям ГОСТа 31449-2013 и ТР ТС 033/2013. Органолептическая

оценка молока-сырья показала, что молоко по своей консистенции представляет собой белую однородную жидкость с чистым вкусом и запахом, свойственным свежему молоку. Анализ проб сырья показал, что массовая доля жира в исследуемом молоке составила $3,75 \pm 0,04$ %, белка – $2,91 \pm 0,01$ %, СОМО – $8,46 \pm 0,01$ %. Плотность молока была на уровне $28,58 \pm 0,17$ °А, а кислотность – на уровне $17,14 \pm 0,15$ °Т, что соответствовало требованиям Технического регламента Таможенного Союза 033/2013 и ГОСТа 31449-2013 по качеству молочного сырья.

Во всех вариантах опыта изучали продолжительность образования сгустка с установлением точки флокуляции. После внесения коагулянта в контроле образование сгустка начиналось через

40 минут, в то время как в опыте I через 32 минуты, а в опыте II – через 28 минут. Время коагуляции в контроле составило 320 минут, в опыте I – 256 минут, и в опыте II – 224 минуты. При увеличении дозы глюконо-дельта-лактона в образцы сливочного сыра время, пошедшее на образование сгустка, уменьшается.

Физико-химические показатели качества выработанных сливочных сыров в контрольном и опытных вариантах представлены в таблице 1. Как показывают данные таблицы 1, по содержанию жира контрольный и опытные образцы отличались незначительно, в то время как содержание сухих веществ в опытных вариантах с увеличением дозы глюконо-дельта-лактона повышалось и составило 29,6 % в опытном образце № 1 и 34,31 % в образце № 2.

Таблица 1 / Table 1

Физико-химические показатели контрольного и опытных образцов сливочного сыра /
Physico-chemical parameters of control and experimental samples of cream cheese

Показатели / Indicators	Вариант опыта / Experiment Option		
	Контроль / Control	Опыт I / Experiment I	Опыт II / Experiment II
Массовая доля:			
молочного жира, %	$9,57 \pm 0,55$	$9,40 \pm 0,81$	$9,69 \pm 0,18$
сухого вещества, %	$25,77 \pm 1,86$	$29,60 \pm 0,64$	$34,31 \pm 0,53$
Титруемая кислотность, °Т	$97,61 \pm 0,94$	$99,43 \pm 0,23$	$109,6 \pm 0,64$
Активная кислотность, рН	$6,59 \pm 0,01$	$6,2 \pm 0,01$	$6,2 \pm 0,01$

Титруемая кислотность по мере увеличения дозы внесения ГДЛ в опытные образцы также возрастала с 97,61 до 99,43 в опыте I и до 109,6°Т в опыте II. При проведении исследований мы изучали и уровень активной кислотности. Это значимый фактор, обеспечивающий накопление в сырах вкусовых и ароматических веществ, соотношение которых влияет на вкусовые качества продукта. Опытные образцы отличались более низким уровнем активной кислотности от контроля (6,2 против 6,59).

Органолептические показатели выработанных образцов сливочного сыра также соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013. Ощутимых различий между образцами при оценке внешнего вида, консистенции, вкуса, запаха и цвета не наблюдалось. Контрольный и опытные варианты сливочных сыров были белого цвета; мягкой, мажущей, однородной по всей массе

консистенции; имели характерный чистый, кисломолочный вкус, запах без посторонних прикусов и ароматов. Каждый органолептический показатель оценивался по пятибалльной шкале. Результаты этой оценки представлены на рисунке.

Наивысший суммарный балл получил опытный образец сыра № 2, который набрал 20,8 баллов из 25 максимально возможных.

Выход сливочного сыра и подсырной сыворотки в разных вариантах представлен в таблице 2.

Как показывают данные таблицы 2, более полное осаждение белков молока и, как следствие, более высокий выход готового продукта имели место в опытных вариантах в сравнении с контролем. Так, в опыте II масса сливочного сыра составила 240 г, а в опыте I – 250 г. Соответственно, выход сыра в первом случае составил 24, а во втором – 25 % от массы сырья.

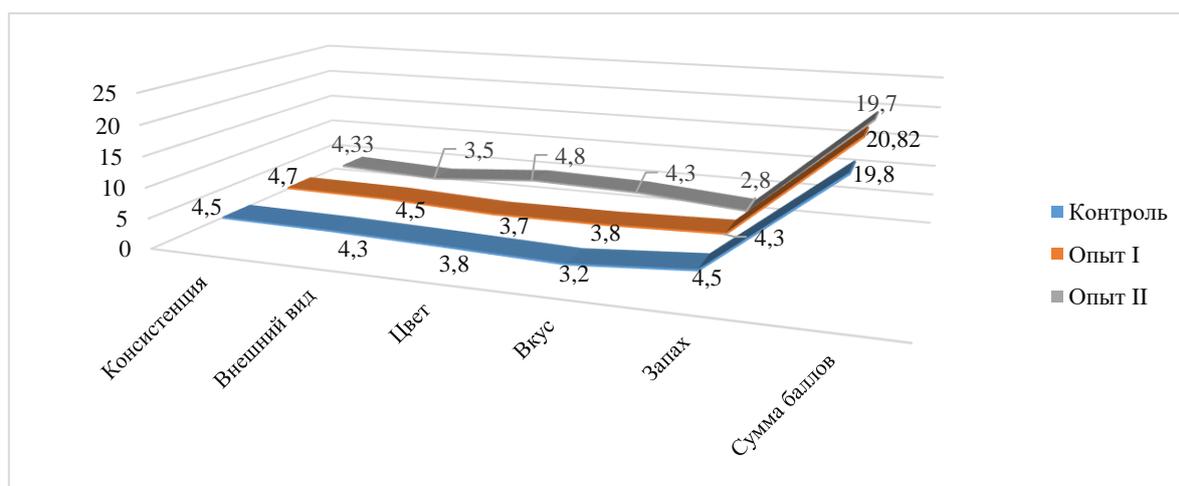


Рис. Результаты балльной оценки выработанных сливочных сыров /
Fig. The results of the scoring of the produced cream cheeses

Таблица 2 / Table 2

Масса готового продукта, подсырной сыворотки и выход сливочного сыра /
The mass of the finished product, cheese whey and the yield of cream cheese

Вариант опыта / Experiment option	Масса готового продукта, г / Weight of the finished product, g	Масса подсырной сыворотки, г / The mass of cheese whey, g	Выход сыра, % / Cheese output, %
Контроль	170,7	829,3	17
Опыт I	250,7	749,3	25
Опыт II	241,0	759,0	24

Результаты проведенных исследований показывают, что использование сырья, соответствующего требованиям нормативно-технической документации, и глюконо-дельта-лактона в дозе 2 % от массы молока для выработки сливочных сыров, увеличивает выход проектируемого продукта при сохранении его органолептических показателей и физико-химических свойств.

Таким образом, использование глюконо-дельта-лактона перспективно в производстве сливочных сыров на стадии подкисления с целью вызова коагуляции молочных белков. Правильно подобранная доза введения добавки способствует увеличению выхода готового продукта при сохранении основных качеств готового продукта.

1. Технология производства сливочного сыра с использованием стабилизатора «пектин» / Т. В. Кабанова, С. Ю. Смоленцев, Э. К. Папуниди, Г. Р. Юсупова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. Казань. 2016. № 4. С. 87–89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-slivochno-go-syura-s-ispolzovaniem-stabilizatora-pektin/viewer> (дата обращения: 28.09.2023).

2. Мазалевский В. Б., Мироненко И. М., Яшкин А. И. Разработка технологии мягкого кислотно-сычужного сыра: 1. Эффективность комбинированного применения глюконо-дельта-лактона и бактериальной закваски // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей: в 3 кн. (Барнаул, 05–06 февраля 2014 г.). Барнаул: Алтайский государственный университет, 2014. Кн. 3. С. 152–154. URL: <https://elibrary.ru/vspbpj?ysclid=lpw85lt6o4635421426> (дата обращения: 25.09.2023).

3. Майоров А. А., Мироненко И. М., Яшкин А. И. Исследование возможности использования глюконо-дельта-лактона в технологии мягкого сыра из восстановленного цельного молока // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4. С. 1–5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-ispolzovaniya-glyukono-delta-laktona-v-tehnologii-myagkogo-syura-iz-vostanovlennogo-tselnogo-moloka> (дата обращения: 25.09.2023).

4. Мусина О. Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А. Мягкий сливочный сыр // От биопродуктов к биоэкономике: матер. III межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием) / под ред. А. Н. Лукьянова. 2019. С. 120–125.

5. Мусина О. Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А. Разработка ускоренной технологии сливочного сыра с комбинированным подкислением // Индустрия питания. 2023. Т. 8. № 1. С. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-1-3>
6. Новинюк Л. В., Кабанов В. Л., Кукин М. Ю. Использование глюконо-дельта-лактона в пищевых производствах и технологические решения его получения // Все о мясе. 2020. № 2. С. 40–44. DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-2-40-44>
7. Усатюк Д. А. Глюконо-дельта-лактон в технологии мягких сыров // Перспективы и риски инновационной пищевой и химической промышленности: матер. I Всероссийской научно-практической конференции (г. Барнаул, 19 мая 2022 г.). Ар-наул : Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2022. С. 112–115.
8. Усатюк Д. А. Глюконо-дельта-лактон в технологии сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы // Аграрные проблемы горного Алтая и сопредельных регионов: матер. Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию Горно-Алтайского НИИ сельского хозяйства и 100-летию Министерства сельского хозяйства Республики Алтай. Барнаул, 2020. С. 432–436.
9. Яшкин А. И. Применение пищевых волокон в технологии мягкого сыра // Агропродовольственная экономика. 2019. № 5. С. 45–49. URL: <http://apej.ru/article/03-05-19> (дата обращения: 20.09.2023).
10. Яшкин А. И. Разработка технологии мягкого кислотно-сычужного сыра с глюконо-дельта-лактоном // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 7 (153). С. 181–185. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-myagkogo-kislotno-sychuzhnogo-syra-s-glyukono-delta-laktonom?ysclid=lpwax869ok676803747> (дата обращения: 18.09.2023).

Статья поступила в редакцию 29.09.2023 г.; одобрена после рецензирования 24.10. 2023 г.; принята к публикации 07.11.2023 г.

Об авторах

Долгорукова Мария Васильевна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии мясных и молочных продуктов, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9093-2922>, dolmavas@yandex.ru

Охотников Сергей Иванович

кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии мясных и молочных продуктов, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), okhsi@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Kabanova T. V., Smolentsev S. Yu., Papunidi E. K., Yusupova G. R. Tekhnologiya proizvodstva slivochnogo syra s ispol'zovaniem stabilizatora "pektin" [The technology of cream cheese production with the use of pectin]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific notes of the Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine, 2016, no. 4, pp. 87–89. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-slivochnogo-syra-s-ispolzovaniem-stabilizatora-pektin/viewer> (accessed 28.09.2023). (In Russ.).
2. Mazalevskiy V. B., Mironenko I. M., Yashkin A. I. Razrabotka tekhnologii myagkogo kislotno-sychuzhnogo syra: 1. Effektivnost' kombinirovannogo primeneniya glyukono-del'ta-laktona i bakterial'noi zakvaski [Development of soft acid rennet cheese technology: 1. The effectiveness of the combined use of gluconic-delta-lactone and bacterial starter culture]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu: sbornik statei XX Mezhdunarodnoi nauch-prakticheskoi konferentsii, Barnaul, 05-06 fevralya 2014 goda* = Agrarian science – to agriculture: collection of articles of the IX International scientific and practical conference (Barnaul, February 5–6, 2014) in 3 books, Barnaul, Publ. house of ASAU, 2014, vol. 3, pp. 152–154. Available at: <https://elibrary.ru/vspbpj?ysclid=lpw85lt6o4635421426> (accessed 25.09.2023). (In Russ.).
3. Mayorov A. A., Mironenko I. M., Yashkin A. I. Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya glyukono-del'ta-laktona v tekhnologii myagkogo syra iz vosstanovlennogo tsel'nogo moloka [Using gluconic-delta-lactone for the production of soft cheese from restored whole milk]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* = Food Processing: Techniques and Technology, 2012, no. 4, pp. 1–5. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-ispolzovaniya-glyukono-delta-laktona-v-tehnologii-myagkogo-syra-iz-vosstanovlennogo-tsel'nogo-moloka> (accessed 25.09.2023). (In Russ.).
4. Musina O. N., Bondarenko N. I., Usatyuk D. A. Myagkii slivochnyi syr [Soft cream cheese]. *Ot bioproduktov k bioekonomike: Materialy III mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* = From bioproducts to bioeconomics: materials of the III Interregional scientific and practical conference (with international participation). Ed. A. N. Lukyanova, 2019, pp. 120–125. (In Russ.).
5. Musina O. N., Bondarenko N. I., Usatyuk D. A. Razrabotka uskorennoi tekhnologii slivochnogo syra s kombinirovannym podkislaniem [Accelerated cream cheese technology development with combined acidification]. *Industriya pitaniya* = Food Industry, 2023, vol. 8, no. 1, pp. 26–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-1-3>

6. Novinyuk L. V., Kabanov V. L., Kukin M. Yu. Ispol'zovanie glyukono-del'ta-laktona v pishchevykh proizvodstvakh i tekhnologicheskie resheniya ego polucheniya [Glucono-delta-lactone application in food industry and technological processing solutions]. *Vse o myase* = All about meat, 2020, no. 2, pp. 40–44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-2-40-44>

7. Usatyuk D. A. Glyukono-del'ta-lakton v tekhnologii myagkikh syrov [Glucono-delta-lactone in soft cheese technology]. *Perspektivy i riski innovatsionnoi pishchevoi i khimicheskoi promyshlennosti: Materialy I Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* = Prospects and risks of innovative food and chemical industry: materials of the I All-Russian scientific and practical conference (Barnaul, May 19, 2022). Barnaul, Publ. house of Altai State Technical University named after. I. I. Polzunova, 2022, pp. 112–115. (In Russ.).

8. Usatyuk D. A. Glyukono-del'ta-lakton v tekhnologii syrov s cheddarizatsiei i termomekhanicheskoi obrabotkoi syrnoi massy [Glucono-delta-lactone in the technology of cheeses with cheddarization and thermomechanical processing of cheese mass]. *Agrarnye problemy gornogo Altaya i sopredel'nykh regionov: mater. Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu Gorno-Altayskogo NII sel'skogo khozyaistva i 100-letiyu Ministerstva sel'skogo khozyaistva Respubliki Altai* = Agrarian problems of the Altai Mountains region and adjacent regions: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Gorno-Altai Research Institute of Agriculture and the 100th anniversary of the Ministry of Agriculture of the Altai Republic, Barnaul, 2020, pp. 432–436. (In Russ.).

9. Yashkin A. I. Primenenie pishchevykh volokon v tekhnologii myagkogo syra [Application of food fibers in the technology of soft cheese]. *Agroprodovol'stvennaya ekonomika* = Agro Production and Economics Journal, 2019, no. 5, pp. 45–49. Available at: <http://apej.ru/article/03-05-19> (accessed 20.09.2023). (In Russ.).

10. Yashkin A. I. Razrabotka tekhnologii myagkogo kislotno-sychuzhnogo syra s glyukono-del'ta-laktonom [Development of soft acid-rennet cheese technology with glucono-delta-lactone]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2017, no. 7 (153), pp. 181–185. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-myagkogo-kislotno-sychuzhnogo-syra-s-glyukono-delta-laktonom?ysclid=lpwax869ok676803747> (accessed 18.09.2023). (In Russ.).

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 24.10.2023; accepted for publication 07.11.2023.

About the authors

Maria V. Dolgorukova

Ph. D. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9093-2922>, dolmavas@yandex.ru

Sergey I. Okhotnikov

Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), okhsi@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 631.423.3:633.22
DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-389-395

МИГРАЦИЯ ФОСФОРА ПО ГРАДИЕНТУ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ»

Е. С. Закамская

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация,

Аннотация. Введение. Фосфор относится к основным биогенным элементам и необходим всем живым организмам. Почвенное плодородие зависит от количества необходимых веществ и их доступности для растений. Обеспеченность почвы республики подвижным фосфором составляет 170,7 мг/кг. Биологический вынос питательных веществ определяет качество продукции растениеводства, предназначенной для животноводства. Одним из широко используемых в злаково-бобовых травосмесях видов является ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). В связи с этим **целью** нашей работы явилось изучение содержания подвижного фосфора в почве и накопление его растениями ежи сборной. **Материал и методы исследований.** Пробные площади были заложены на суходольных лугах Республики Марий Эл. Отбор почвенных проб и пробоподготовка проводились согласно ГОСТу 17.4.4.02-2017. Подвижный фосфор в почве определяли по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26210-91). Содержание фосфора в надземных органах ежи сборной определяли спектрофотометрически по «синему» фосфорномолибденовому комплексу. Были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения и перехода. **Результаты исследования, обсуждения.** Концентрация подвижного фосфора в почве варьирует от 40 до 230 мг/кг; содержание общего фосфора в еже сборной составило 0,545, 1,389, 1,099 мг/% на ПП 1, 2, 3 соответственно. В корнях содержание общего фосфора варьирует в пределах 0,078–0,225 мг/%, в стеблях – 0,134–0,360 мг/%; в листьях – 0,135–0,387 мг/%; в соцветиях – 0,198–0,425 мг/%. **Заключение.** Содержание фосфора зависит от конкретной территории, органа растения и от совместного действия этих факторов. В растениях происходит увеличение аккумуляции общего фосфора от корней к соцветиям. Биологическое поглощение фосфора средневозрастными растениями ежи сборной обратно пропорционально содержанию этих элементов в почве.

Ключевые слова: почва, фосфор, ежа сборная, органы растения

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Закамская Е. С. Миграция фосфора по градиенту «почва-растение» // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 389–395. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-389-395>

MIGRATION OF PHOSPHORUS ALONG THE SOIL-PLANT GRADIENT

E. S. Zakamskaya

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Phosphorus is one of the main biogenic elements and is necessary for all living organisms. Soil fertility depends on the amount of necessary elements and their availability to plants. The availability of mobile phosphorus in the republic's soil is 170.7 mg/kg. The biological removal of nutrients determines the quality of crop production intended for animal husbandry. One of the species widely used in cereal and legume mixtures is cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). In this regard, the **purpose** of our work was to study the content of mobile phosphorus in the soil and its accumulation by *Dactylis glomerata* plants. **Materials and methods.** Trial plots were laid on the dry meadows of the Republic of Mari El. Soil sampling and sample preparation were carried out according to GOST 17.4.4.02-2017. Mobile phosphorus in the soil was determined by the Chirikov method in the modification of the TsINAO (GOST 26210-91). The phosphorus content in the aboveground organs of *Dactylis glomerata* was determined spectrophotometrically by the "blue" phosphor-molybdenum complex. The coefficients of biological absorption and transition were calculated. **Research results and discussion.** The concentration of mobile phosphorus in the soil varies from 40 to 230 mg/kg; total phosphorus in *Dactylis glomerata* was 0.545, 1.389, 1.099 mg/% at PP 1, 2, 3, respectively. In the roots, the total phosphorus content varies between 0.078–0.225 mg/%, in stems – 0.134–0.360 mg/%; in leaves – 0.135–0.387 mg/%; in inflorescences – 0.198–0.425 mg/%. **Conclusion.** The phosphorus content depends on the specific territory, the plant organ and on the combined action of these

factors. In plants, there is an increase in the accumulation of total phosphorus from the roots to the inflorescences. The biological absorption of phosphorus by medium-aged plants of *Dactylis glomerata* is inversely proportional to the content of these elements in the soil.

Keywords: soil, phosphorus, *Dactylis glomerata*, plant organs

The author declares no conflict of interest.

For citation: Zakamskaya E. S. Migration of phosphorus along the soil-plant gradient. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 389–395. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-389-395>

Введение

Фосфор относится к основным биогенным элементам и необходим всем живым организмам. Фосфор – важный компонент аденозинтрифосфата – основного источника энергии в клетке. Фосфолипиды играют важную роль в клеточных мембранах. Обеспеченность растений фосфором влияет на процессы фотосинтеза, цветения, плодоношения, деления клеток и роста меристематических тканей, процессы фиксации азота [1; 12]. У животных фосфор входит в состав соединительной ткани. Помимо влияния фосфора на растения, этот элемент необходим и животным, которые получают его с растительными кормами. Почвенный покров Медведевского района Республики Марий Эл, где проводились исследования, представлен в основном дерново-подзолистыми, малогумусными бедными почвами, характерными для юга таежно-лесной зоны Европейской части России [2]. По данным В. Р. Габдуллина и Л. А. Гараевой [2], обеспеченность почвы республики подвижным фосфором составляет в среднем 170,7 мг/кг. Почвенное плодородие зависит не только от количественного содержания необходимых элементов, но и от их доступности для растений [3]. Несмотря на всю важность для нормального роста растений и обмена веществ, фосфор является одним из наименее доступных питательных веществ. Более того, во многих почвах значительная доля общего количества почвенного Р находится в органической форме, и эти формы непосредственно недоступны растениям [10; 11]. Фосфор поступает в корневую систему и функционирует в растении в виде окисленных соединений, главным образом остатков ортофосфорной кислоты ($H_2PO_4^-$, $HP_0_4^{2-}$, PO_4^{3-}) [5]. Биологический вынос питательных веществ определяет качество продук-

ции растениеводства, предназначенной для животноводства [6]. Одним из широко используемых в злаково-бобовых травосмесях видов является ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) [7; 8].

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение содержания подвижного фосфора в почве и накопление его растениями ежи сборной.

Материал и методы исследований

Три пробные площади (ПП) были заложены на суходольных лугах около села Азаново Медведевского района Республики Марий Эл. Отбор почвенных проб и пробоподготовка проводилась согласно ГОСТу 17.4.4.02-2017¹. На каждой ПП в 100 м² выкапывали по 10 средневозрастных генеративных растений ежи сборной. Подвижный фосфор в почве определяли по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26210-91)². Содержание фосфора в надземных органах ежи сборной определяли спектрофотометрически по «синему» фосфорномолибденовому комплексу [1].

Для характеристики переноса вещества из почвы в растения был рассчитан коэффициент транслокации или коэффициент биологического поглощения Кб как отношение содержания (концентрации) элемента в организме к содержанию (концентрации) его в окружающей среде [9]. Для определения интенсивности накопления фосфора надземными органами ежи сборной

¹ ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 01.01.2019. – М. : Стандартинформ, 2018. 12 с.

² ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Введ. 1993-07-01. М. : Изд-во стандартов, 1992. 7 с.

нами был рассчитан коэффициент перехода как отношение содержания элемента в надземных органах к таковому в корнях.

Определение онтогенетических состояний ежи сборной проводили на основе диагнозов онтогенетических состояний [4].

Экспериментальные данные, полученные в результате проведенных исследований, обрабатывались статистически с использованием программы MS Excel.

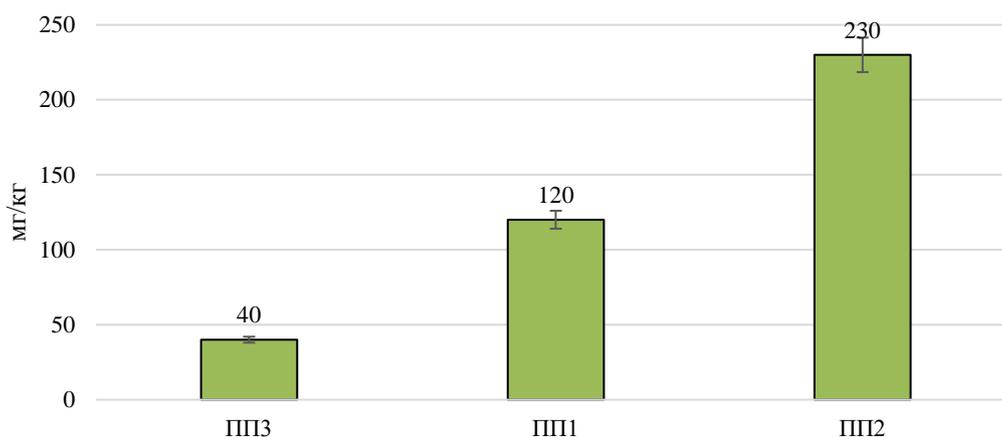


Рис. 1. Содержание подвижного фосфора в почве /
Fig. 1. The content of mobile phosphorus in the soil

Однофакторный дисперсионный анализ позволил установить зависимость содержания подвижного фосфора в почве от места отбора проб ($P = 2,6 \cdot 10^{-7}$).

Анализ результатов показал, что содержание общего фосфора в еже сборной, произрастающей на разных пробных площадях, сильно варьирует. В целом содержание этого элемента в растениях ежи сборной минимально у особей, растущих на ПП 1. Причем эта закономерность наблюдается для всех органов. Наибольшие значения суммарного содержания общего фосфора зафиксированы у растений, растущих на ПП 2. В этом районе содержание общего фосфора в почве максимально по сравнению с другими районами исследования. Содержание фосфора в еже сборной составило 0,545, 1,389, 1,099 мг/% на ПП 1, 2, 3 соответственно. Разница статистически значима ($P < 0,05$). Корреляционной зависимости между подвижным фосфором в почве и фосфором в растениях не наблюдалось ($r = 0,42$).

Результаты проведенных исследований по содержанию общего фосфора в корнях, листьях,

Результаты и их обсуждение

Фосфор – распространенный в природе элемент, встречающийся главным образом в апатитах в виде ортофосфата. В исследованных пробах почвы содержание этого элемента сильно варьирует – если на ПП 3 его содержится $40 \pm 1,7$ мг/кг, то на ПП 1 почти в 6 раз больше (рис. 1). В результате множественных сравнений выявлены значимые различия между содержанием подвижного фосфора в почве между всеми пробными площадями ($P < 0,05$).

стеблях и соцветиях ежи сборной представлены на рисунке 2. Если рассматривать распределение этого макроэлемента по органам ежи сборной, то можно заметить некую закономерность, а именно увеличение содержания общего фосфора от корней к соцветиям. Фосфор легко перераспределяется между органами растения, оттекая из стареющих листьев к молодым, много его в семенах (в составе фитина) и в меристематических тканях растений [10].

Однако следует заметить, что полного тождества не наблюдается, и во всех случаях имеют место свои особенности. На ПП 1 содержание общего фосфора распределяется следующим образом: корни < стебли < листья < соцветия. Однако разница по содержанию общего фосфора в листьях и стеблях статистически незначима (табл. 1). У растений ежи сборной, растущих на ПП 2, мы видим такую же закономерность (рис. 2). Тем не менее в данном случае есть и отличия: нет значимой разницы не только по содержанию этого элемента между листьями и стеблями, но и между листьями и соцветиями.

Таблица 1 / Table 1

Результаты множественных сравнений содержания общего фосфора в растениях
Dactylis glomerata (крит. Шеффе) / The results of multiple comparisons of the total phosphorus content
in *Dactylis glomerata* plants (crit. Scheffe)

ПП 1			
	Корни / Roots	Листья / Leaves	Стебли / Stems
корни			
листья	$2,5 \cdot 10^{-07}$		
стебли	$2,7 \cdot 10^{-07}$	0,28	
соцветия	$1,3 \cdot 10^{-08}$	$1,7 \cdot 10^{-07}$	$1,61 \cdot 10^{-07}$
ПП 2			
корни			
листья	0,001		
стебли	$9,1 \cdot 10^{-05}$	0,053	
соцветия	$3,4 \cdot 10^{-09}$	0,32	$2,5 \cdot 10^{-09}$
ПП 3			
корни			
листья	0,001		
стебли	0,09	0,0006	
соцветия	$3,4 \cdot 10^{-09}$	$3,0 \cdot 10^{-05}$	$2,5 \cdot 10^{-09}$

У растений ежи сборной, растущих на ПП 3, несмотря на то что в почве наблюдается самое малое среди исследованных районов содержание общего фосфора в почве, самое высокое его содержание в корнях по сравнению с таковым показателем в дру-

гих районах. И здесь распределение общего фосфора по органам растения несколько иное, чем в предыдущих двух случаях: стебли < корни < листья < соцветия. И разница незначима между значениями содержания фосфора в корнях и стеблях.

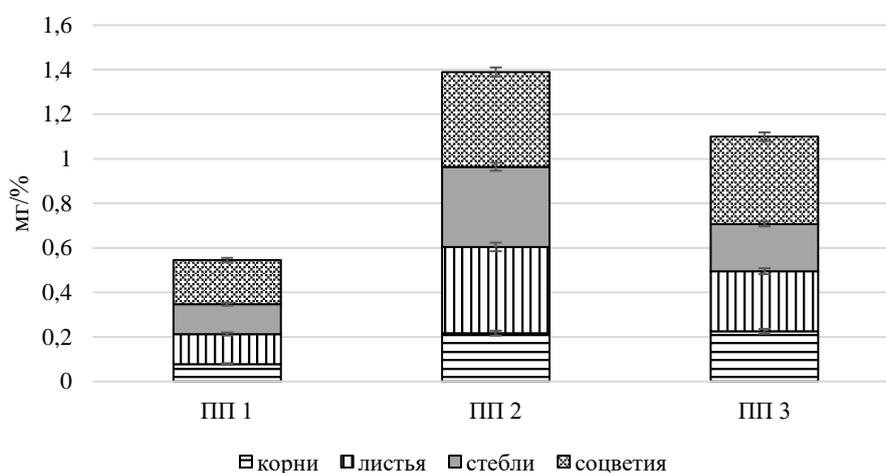


Рис. 2. Содержание фосфора в разных органах *Dactylis glomerata* /
Fig. 2. Phosphorus content in different organs of *Dactylis glomerata*

Статистически значимые различия были между содержанием общего фосфора в стеблях ежи сборной, произрастающей на ПП 2, ПП 1 и на ПП 3.

Для выявления факторов, оказывающих влияние на содержание фосфора в еже сборной, был проведен двухфакторный дисперсионный анализ.

В результате он показал, что содержание этого элемента зависит от ПП, органа растения и от совместного действия этих факторов (табл. 2).

Значимость того или иного химического элемента для живого организма оценивается коэффициентом биологического поглощения.

Таблица 2 / Table 2

Результаты дисперсионного анализа содержания общего фосфора в растениях *Dactylis glomerata* /
Results of dispersion analysis of total phosphorus content in *Dactylis glomerata* plants

Источник вариации / Source of variation	SS	df	MS	F	P-знач.	F крит.
ПП	0,27583	2	0,13791	14910,1	7,31E-38	3,4028
Орган	0,12655	3	0,04218	4560,45	3,35E-33	3,0087
Взаимодействие	0,02989	6	0,00498	538,594	2,31E-24	2,5081
Внутри	0,00022	24	9,25E-06			
Итого	0,43250	35				

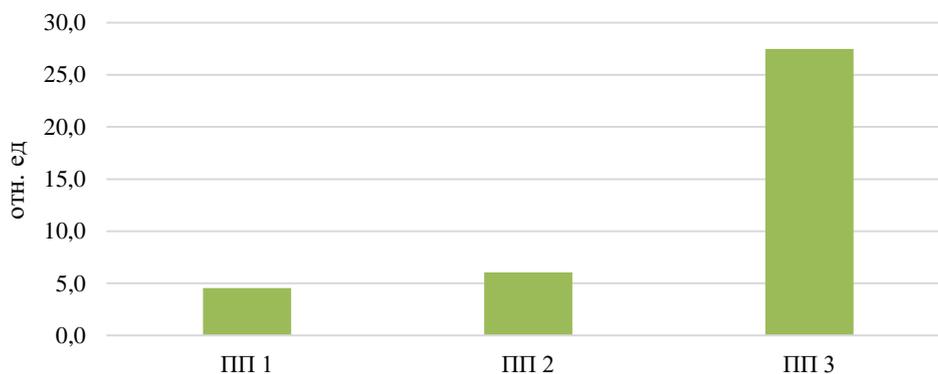


Рис. 3. Коэффициент биологического поглощения фосфора растениями *Dactylis glomerata* /
Fig. 3. Coefficient of biological phosphorus absorption by *Dactylis glomerata* plants

По содержанию фосфора в почве пробные площади, на которых проводились исследования, располагаются в следующей последовательности: ПП 2 > ПП 1 > ПП 3. Значения же коэффициентов биологического поглощения располагаются в обратном порядке (рис. 3), т. е. чем

больше фосфора содержится в почве, тем в меньшем количестве его поступает в растения.

Интенсивность аккумуляции фосфора растениями ежи сборной характеризует коэффициент перехода этого элемента из корней в надземные органы.

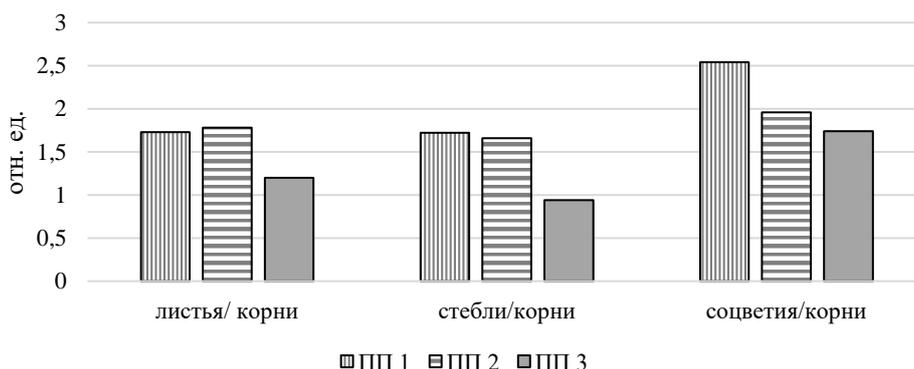


Рис. 4. Коэффициент перехода фосфора из подземных органов *Dactylis glomerata* в надземные /
Fig. 4. Coefficient of phosphorus transfer from the underground organs of *Dactylis glomerata* to the aboveground ones

В большинстве случаев значения этого коэффициента больше 1 (рис. 4), что говорит об интенсивной миграции фосфора и калия в надзем-

ные органы из подземных. Мы также можем заметить, что значения коэффициента перехода имеют максимальные значения при переходе в

соцветия, где он накапливается в семенах в форме фитина.

Заключение

По содержанию в почве подвижного фосфора районы исследования располагаются в порядке убывания в следующей последовательности: ПП 2 > ПП 1 > ПП 3. Наибольшие значения суммарного содержания фосфора во всех органах зафиксированы у средневозрастных генеративных

растений ежи сборной, растущих на ПП 2, наименьшие – на ПП 1. Во всех районах исследования меньше всего содержится общего фосфора в корнях, больше всего в соцветиях. Содержание этого макроэлемента зависит от района исследования, органа растения, а также от совместного действия факторов. Биологическое поглощение фосфора средневозрастными растениями ежи сборной обратно пропорционально содержанию этих элементов в почве.

1. Воскресенская О. Л., Половникова М. Г. Содержание общего фосфора в вегетативных органах газонных растений в условиях городской среды // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 2 (30). С. 14–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-obschego-fosfora-v-vegetativnyh-organah-gazonnyh-rasteniy-v-usloviyah-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 06.11.2023).

2. Габдуллин В. Р., Гараева Л. А. Мониторинг плодородия почв Республики Марий Эл и пути его повышения // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 22–26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-plodorodiya-pochv-respubliki-mariy-el-i-puti-ego-povysheniya> (дата обращения: 06.11.2023).

3. Евдокимова М. А. Оптимизация питательного режима дерново-подзолистой почвы под посевами ярового ячменя // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. Т. 1. № 1. С. 10–17. URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1105> (дата обращения: 06.11.2023).

4. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) / Н. М. Григорьева, И. М. Ермакова, Л. А. Жукова, А. Р. Матвеев // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. М.: МГПИ им. В. И. Ленина. 1980. Ч. I. С. 56–59. URL: <https://istina.msu.ru/download/20219288/1fC5Iq:Lb5EyaHZ170wwV6umR2AISmc1QU?ysclid=lon1sy1cfh137450953> (дата обращения: 06.11.2023).

5. Желтопузов В. Н., Великдаль Н. Т. Продуктивность и качество корма бобово-злаковых травостоев // Сельскохозяйственный журнал. 2015. № 8. С. 121–126. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-kachestvo-korma-bobovo-zlakovyh-travostoev> (дата обращения: 07.11.2023).

6. Изучение фосфатмобилизующей способности штаммов *Agrobacterium radiobacter* 10 и *Pseudomonas chlororaphis* ПГ7 in vitro / С. В. Железняков, Т. В. Калинина, В. К., Деева Ю. В. Лактионов, Л. М. Якоби // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. С. 158–170. URL: <http://www.agrobiologiya.ru/articles/1-2021zheleznyakov-rus.pdf> (дата обращения: 07.11.2023).

7. К теории биологического выноса элементов питания из почвы посевами мятликовых трав при внесении минерального удобрения / С. М. Пакшина, Н. М. Белоус, С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский // Пермский аграрный вестник. 2020. № 3 (31). С. 52–65. URL: <http://agrovest.psa.ru/wp-content/uploads/2022/05/3-2020-52-65.pdf> (дата обращения: 07.11.2023).

8. Накопление биомассы клевером луговым и злаковыми травами разной скороспелости в первый год пользования в Предуралье / В. М. Макарова, Э. Д. Акманаев, Ю. А. Акманаева, Д. Л. Башкирцев // Известия ОГАУ. 2012. № 1–1. С. 32–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nakoplenie-biomassy-kleverom-lugovym-i-zlakovymi-travami-raznoy-skorospelosti-v-pervyy-god-polzovaniya-v-preduralie> (дата обращения: 07.11.2023).

9. Фролова Л. Д., Новиков М. Н. Многолетние травы в земледелии Владимирской области // Владимирский земледелец. 2017. № 2 (80). С. 24–25. URL: <https://uchimsya.com/a/bcvx1Mq8> (дата обращения: 07.11.2023).

10. Холдаров Д. М., Собилов А. О. Коэффициент биологической поглощаемости растений в засоленных почвах и солончаках // Universum: химия и биология. 2021. № 1–1 (79). С. 2325. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koeffitsient-biologicheskoy-pogloschaemosti-rasteniy-v-zasolennyh-pochvah-i-solonchakah> (дата обращения: 07.11.2023).

11. Weil R. R., Brady N. C. Soil Phosphorus and Potassium // The Nature and Properties of Soils. Columbus, Pearson. 2017. Pp. 643–695. URL: https://www.researchgate.net/publication/337262066_Soil_Phosphorus_and_Potassium (дата обращения: 03.11.2023).

12. Malhotra H., Vandana, Sharma S., Renu P. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess // Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Springer Singapore. 2018. Pp. 171–190. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7

13. Weil R.R., Brady N.C. Phosphorus and Potassium // The Nature and Properties of Soils. Columbus, Pearson. 2017. Pp. 643–695. Available from: https://www.researchgate.net/publication/337262066_Soil_Phosphorus_and_Potassium (дата обращения: 02.11.2023).

Статья поступила в редакцию 10.11.2023 г.; одобрена после рецензирования 05.12.2023 г.; принята к публикации 08.12.2023 г.

Об авторе

Закамская Елена Станиславовна

кандидат биологических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3204-2892>, zakamskay@mail.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

1. Voskresenskaya O. L., Polovnikova M. G. Soderzhanie obshchego fosfora v vegetativnykh organakh gazonnykh rastenii v usloviyakh gorodskoi sredy [Content of total phosphorus in vegetative organs of lawn plants in the conditions of the urban environment]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Estestvennye nauki.* = University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences, 2020, no. 2 (30), pp. 14–22. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-obshego-fosfora-v-vegetativnykh-organakh-gazonnykh-rasteniy-v-usloviyah-gorodskoy-sredy> (accessed 06.11.2023). (In Russ.)
2. Gabdullin V. R., Garayeva L. A. Monitoring plodorodiya pochv Respubliki Marii El i puti ego povysheniya [Monitoring and improving soil fertility in the Mari El Republic]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology in AIC, 2019, vol. 33, no 4, pp. 22–26. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-plodorodiya-pochv-respubliki-mariy-el-i-puti-ego-povysheniya> (accessed 06.11.2023). (In Russ.)
3. Evdokimova M. A. Optimizatsiya pitatel'nogo rezhima dernovo-podzolistoi pochvy pod posevami yarovogo yachmenya [Optimization supply of nutrients to the sod-podzolic soil under crops of spring barley]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki"* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2016, vol. 2, no. 1, pp. 10–17. Available at: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1105> (accessed 06.11.2023). (In Russ.)
4. Grigorieva N. M., Ermakova I. M., Zhukova L. A., Matveev A. R. Ezha sbornaya (*Dactylis glomerata* L.) [*Dactylis glomerata* L.]. *Diagnostika i klyuchi voznrastnykh izmeneniy lugovykh rasteniy* = Diagnostics and keys of age-related changes in meadow plants. M., Publ. house of MSPI named after V. I. Lenin, 1980, issue 1, pp. 56–59. Available at: <https://istina.msu.ru/download/20219288/1f51q:Lb5EyaHZ170wV6umR2AISmc1QU/?ysclid=lon1sylcfh137450953> (accessed 06.11.2023). (In Russ.)
5. Zheltopuzov V. N., Velikdan N. T. Produktivnost' i kachestvo korma bobovo-zlakovykh travostoev [Productivity and forage quality of legume-grass herbage]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* = Agricultural Journal, 2015, no. 8, pp. 121–126. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-kachestvo-korma-bobovo-zlakovykh-travostoev> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
6. Zheleznyakov S. V., Kalinina T. V., Deeva V. K., Laktionov Yu. V., Jacobi L. M. Izuchenie fosfatmobilizuyushchei sposobnosti shtammov *Agrobacterium radiobacter* 10 i *Pseudomonas chlororaphis* PG7 in vitro [The study of *Agrobacterium radiobacter* 10 and *Pseudomonas fluorescens* PG7 phosphate-mobilizing abilities in vitro]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* = Agricultural Biology, 2022, vol. 57, no. 1, pp. 158–170. Available at: <http://www.agrobiology.ru/articles/1-2021zheleznyakov-rus.pdf> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
7. Pakshina S. M., Belous N. M., Chesalin S. F., Smolsky E. V. K teorii biologicheskogo vynosa elementov pitaniya iz pochvy posevami myatlikovykh trav pri vnesenii mineral'nogo udobreniya [To the theory of biological removal nutrients from the soil with poaceae grasses when applying mineral fertilizer]. *Permskii agrarnyi vestnik* = Perm Agrarian Journal, 2020, no. 3 (31), pp. 52–65. Available at: <http://agrovest.psa.ru/wp-content/uploads/2022/05/3-2020-52-65.pdf> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
8. Makarova V. M., Akmanaev E. D., Akmanaeva Yu. A., Bashkirtsev D. L. Nakoplenie biomassy klevrom lugovym i zlakovymi travami raznoi skorospelosti v pervyi god pol'zovaniya v Predural'e [Biomass accumulation by meadow clover and grasses of different terms of early ripening in the first year of production]. *Izvestiya OGAU* = News Orenburg State Agrarian University, 2012, no. 1–1, pp. 32–34. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nakoplenie-biomassy-klevrom-lugovym-i-zlakovymi-travami-raznoy-skorospelosti-v-pervyy-god-polzovaniya-v-preduralie> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
9. Frolova L. D., Novikov M. N. Mnogoletnie travy v zemledelii Vladimirskei oblasti [Perennial herbs in the agriculture of the Vladimir Region]. *Vladimirskaia zemledelets* = Vladimir Agrilicist, 2017, no. 2 (80), pp. 24–25. Available at: <https://uchimsya.com/a/bcvx1Mq8> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
10. Kholdarov D. M., Sobirov A. O. Koeffitsient biologicheskoi pogloshchaemosti rastenii v zasolennykh pochvakh i solonchakakh [Biological absorption coefficient of plants in salted soils and salts]. *Universum: khimiya i biologiya* = Universum: Chemistry and Biology, 2021, no. 1–1 (79), pp. 23–25. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/koeffitsient-biologicheskoy-pogloshchaemosti-rasteniy-v-zasolennykh-pochvah-i-solonchakah> (accessed 07.11.2023). (In Russ.)
11. Balemi T., Negisho K. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2012, no. 12 (3), pp. 547–561. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/aeab/4c9bb9c53795e9b5fab15ac4dbff78c02454.pdf> (accessed 03.11.2023). (In Eng.)
12. Malhotra H., Vandana, Sharma S., Renu P. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, Singapor, Springer, 2018, pp. 171–190. (In Eng.). (In Eng.). DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7
13. Weil R. R., Brady N. C. Phosphorus and Potassium. *The nature and properties of soils*. Columbus, Pearson, 2017, pp. 643–695. Available at: https://www.researchgate.net/publication/337262066_Soil_Phosphorus_and_Potassium (accessed 02.11.2023). (In Eng.)

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 05.12.2023; accepted for publication 08.12.2023.

About the author

Elena S. Zakamskaya

Ph. D. (Biology), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3204-2892>, zakamskay@mail.ru

The author has read and approved the final manuscript.

УДК 635.15:636.082.251

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-396-405

СВЯЗЬ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОБЫЛ РУССКОЙ ТЯЖЕЛОВОЗНОЙ ПОРОДЫ С ПРОМЕРАМИ И ИНДЕКСАМИ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

А. В. Онегов, Е. Д. Чиргин

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Направленный отбор лошадей по молочной продуктивности за более чем сорокалетний период позволил получить популяцию кобыл русской тяжеловозной породы с высочайшими продуктивными качествами. **Целью** настоящих исследований явилось установление взаимосвязи между молочностью кобыл, их промерами и индексами телосложения. **Материал и методы исследований.** Исследования проведены в ЗАО ПЗ «Семеновский» Республики Марий Эл на кумысном комплексе на русских тяжеловозных кобылах. Для исследований отобрали 68 дойных конематок в возрасте от 4 до 17 лет. У всех исследуемых животных были определены промеры, вычислены индексы телосложения, установлена молочная продуктивность кобыл и проведена оценка влияния на молочность экстерьерных особенностей кобыл. **Результаты и обсуждение.** Проведенная оценка по промерам свидетельствует о типичности телосложения исследуемой популяции лошадей. Кобылы имеют длинное туловище, в меру широкое и достаточно глубокое; со средними по длине ногами и хорошо развитым крупом. Кобылы дойного табуна имеют желательный для молочного коневодства тип телосложения. В среднем по исследуемой популяции молочная продуктивность за 210 дней лактации составила 3370 кг молока. В ходе исследований установлено, что высокомолочные кобылы имеют менее массивное телосложение, они более растянуты, чуть более угловаты и имеют увеличенный обхват пясти. В исследованиях установлена средняя положительная взаимосвязь между молочной продуктивностью и обхватом пясти (+0,42), длиной туловища (+0,42), индексом формата (+0,43) и индексом обхвата пясти (+0,45). Отрицательная средняя корреляция установлена между молочной продуктивностью и обхватом груди (-0,31), шириной груди (-0,39), индексами обхвата груди (-0,52) и компактности (-0,39). **Заключение.** С повышением молочной продуктивности у кобыл наблюдается увеличение длины туловища, ширины и длины крупа, глубины груди, обхвата пясти. Ростовые промеры не оказали влияния на молочную продуктивность. Отрицательно сказалось на молочности кобыл увеличение обхвата и ширины груди.

Ключевые слова: молочная продуктивность, промеры, индексы телосложения, русская тяжеловозная порода лошадей, экстерьер

Благодарность. Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда, проект 23-26-00285.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Онегов А. В., Чиргин Е. Д. Связь молочной продуктивности кобыл русской тяжеловозной породы с промерами и индексами телосложения // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 396–405. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-396-405>

RELATIONSHIP OF MILK PRODUCTIVITY OF RUSSIAN HEAVY DRAFT MARES WITH MEASUREMENTS AND PHYSIQUE INDICES

A. V. Onegov, E. D. Chirgin

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Directed selection of horses for milk production over a period of more than forty years has made it possible to obtain a population of Russian heavy draft mares with the highest productive qualities. **The purpose** of this research was to establish the relationship between the milk production of mares, their measurements and physique indices. **Material and research methods.** The studies were carried out at the kumys complex of ZAO PZ “Semenovsky”, Republic of Mari El, on mares of the Russian heavy draft breed. 68 lactating mares aged from 4 to 16 years were selected for research. For all studied animals, measurements were determined, physique indices were calculated, the milk productivity of mares was established, and the influence

of the mares' exterior characteristics on milk production was assessed. **Results and discussion.** The assessment based on measurements indicates the typical body type of the studied population of horses. Mares have a long body, moderately wide and quite deep; with medium-length legs and a well-developed croup. Mares of a milking herd have the body type desirable for dairy horse breeding. The average milk production of mares was 3370 kg of milk over 210 days of lactation. Studies have found that high-milk mares have a less massive physique, they are more elongated, slightly more angular and have an increased pastern girth. We also established an average positive correlation between milk production and body length (+0.42), metacarpal girth (+0.42), format (+0.43) and metacarpal girth (+0.45) indices. A negative average correlation was established between milk production and chest girth (-0.31), chest width (-0.39), indices of chest girth (-0.52) and compactness (-0.39). **Conclusion.** An increase in milk production in mares is accompanied by an increase in body length, width and length of the croup, chest depth and pastern girth. Growth measurements had no effect on milk productivity. An increase in the girth and width of the chest had a negative impact on the milk production of mares.

Keywords: milk productivity, measurements, physique indices, Russian heavy draft horse breed, exterior

Acknowledgements. The work was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project 23-26-00285.

The authors declare no conflict of interest

For citation: Onegov A. V., Chirgin E. D. Relationship of milk productivity of Russian heavy draft mares with measurements and physique indices. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 396–405. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-396-405>

Введение

В 1982 году в Республике Марий Эл была создана уникальная стационарная ферма по круглогодичному производству товарного кобыльего молока. С самого начала функционирования кумысной фермы (сегодня это племенной кумысный комплекс ЗАО племенной завод «Семеновский») ученые ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» осуществляли направленную селекцию популяции лошадей по молочной продуктивности. На сегодняшний день кумысный комплекс имеет статус племенного завода по русской и литовской тяжеловозным породам. Наиболее многочисленной популяцией лошадей комплекса является русская тяжеловозная порода, именно она и послужила материалом для проведения настоящих исследований. За более чем сорокалетний период существования племенного кумысного комплекса получено уже 8 поколений лошадей русских тяжеловозов. Благодаря системной селекции по продуктивности в Марий Эл сформирована довольно многочисленная популяция высокопродуктивных тяжеловозных кобыл с отличительными экстерьерными особенностями. Данный факт позволяет задуматься о регистрации селекционного достижения – формировании молочного типа лошадей русской тяжеловозной породы.

Целью настоящих исследований явилось установление взаимосвязей между экстерьером (промерами и индексами телосложения) русских тяжеловозных кобыл в дойном табуна кумысного комплекса и их молочностью.

Материал и методы исследований

Исследования проведены на кумысном племенном комплексе ЗАО племенной завод «Семеновский» в Республике Марий Эл. Для проведения изысканий нами у 68 русских тяжеловозных конематок дойного табуна (возраст от 4 до 17 лет) определены промеры, вычислены индексы телосложения, установлена молочная продуктивность кобыл и проведена оценка влияния экстерьерных особенностей на молочность кобыл. Для взятия промеров использовали палку Вилькенса, циркуль Лидтина и измерительную ленту. Взятие промеров проводили в соответствии с описанием инструкции по бонитировке. Индексы телосложения вычисляли по стандартным формулам.

По результатам контрольных доений у изучаемой популяции рассчитали молочную продуктивность. Для определения суточного удоя кобыл использовали формулу И. А. Сайгина. Для наших исследований мы использовали только завершённые лактации длительностью

не менее 6 месяцев. Учет молочной продуктивности пересчитывали на 210 дней лактации.

Результаты и обсуждение

Для проведения исследования нами в 2022–2023 гг. проведена оценка популяции русских тяжеловозных кобыл племенного кумысного

комплекса по промерам, индексам телосложения и молочной продуктивности. Всего для исследований отобрали 68 кобыл русской тяжеловозной породы, у которых в исследуемый период была полноценная законченная лактация продолжительностью не менее 180 дней. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика исследуемой популяции кобыл по промерам, индексам телосложения и молочной продуктивности / Characteristics of the studied population of mares by measurements, indices of physique and milk productivity

Характеристика кобыл по промерам, см / Characteristics of mares by measurements, cm			
Название промера / Measurement name	M ± m	Название промера / Measurement name	M ± m
Высота в холке	150,1 ± 2,6	Глубина груди	74,2 ± 1,1
Длина туловища	159,9 ± 3,1	Ширина груди	44,6 ± 2,2
Обхват груди	196,4 ± 4,2	Ширина крупа	56,7 ± 1,5
Обхват пясти	21,1 ± 0,44	Длина крупа	57,1 ± 1,6
Высота ноги в локте	86,1 ± 1,8		
Характеристика кобыл по индексам телосложения, % / Characteristics of mares by physique indices, %			
Название индекса / Index name	Величина индекса, % / Index value, %	Название индекса / Index name	Величина индекса, % / Index value, %
Индекс формата	106,5	Индекс глубины груди	49,4
Индекс обхвата груди	130,8	Индекс длинноногости	57,4
Индекс компактности	122,8	Индекс обхвата пясти	14,1
Характеристика кобыл по молочной продуктивности за 210 дней лактации, кг / Characteristics of mares by milk productivity for 210 days of lactation, kg			
M	m	σ	Cv, %
3370	125	1035	30,7

Проведенная оценка по промерам свидетельствует о типичности телосложения исследуемой популяции лошадей. Кобылы имеют длинное туловище (около 160 см), в меру широкое (44 см) и достаточно глубокое (74 см); со средними по длине ногами (86 см) и хорошо развитым крупом (длина и ширина крупа составляют 56–57 см). Вычисленные индексы телосложения подтверждают, что кобылы дойного табуна имеют желательный тип телосложения для молочного коневодства. Лошади характеризуются хорошей растянутостью – величина индекса формата составила более 106,5 %; достаточно высокой компактностью – величина индекса обхвата груди составляет 130,8 % и относительно невысокой массивностью – величина индекса компактности находится в районе 122 %.

У конематок хорошо развита грудная клетка – индекс глубины груди в пределах 49 %; длинноногость кобыл средняя – на уровне 57 %, и можно отметить достаточную костистость – индекс обхвата пясти составляет 14 %. Молочность маток исследуемой популяции высокая – за 210 дней лактации 3370 кг молока. Следует также отметить относительно высокую изменчивость молочной продуктивности, которая составила 30,7 %.

Одним из методов комплексной оценки животных при проведении бонитировки является оценка по промерам. В ней предусмотрено сравнение со специальной шкалой промеров животного.

Основные промеры у кобыл исследуемой популяции в сравнении со стандартом породы показаны на рисунке 1.

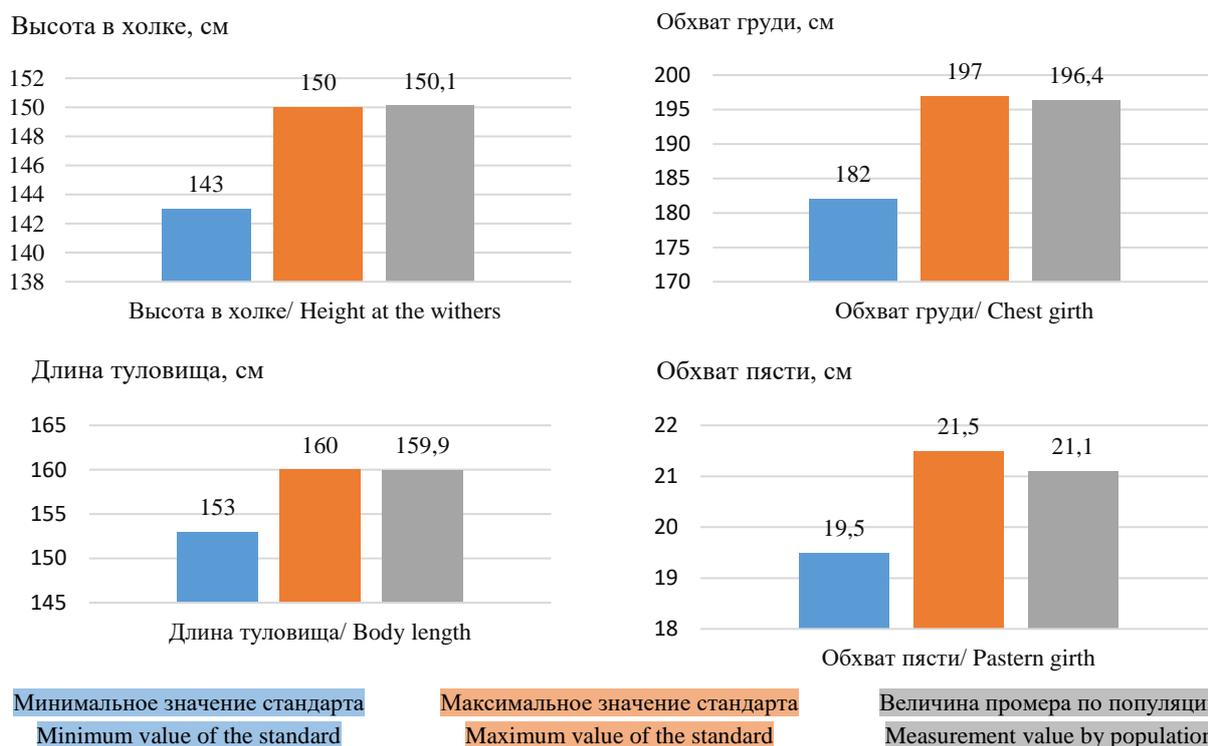


Рис. 1. Сравнение основных промеров кобыл исследуемой популяции со стандартом русской тяжеловозной породы / Fig. 1 Comparison of the main measurements of mares of the studied population with the standard of the Russian heavy draft breed

Представленные материалы свидетельствуют о том, что оценка по промерам позволяет присвоить кобылам исследуемой популяции бонитировочный класс элита. Так, нами установлено, что кобылы племенного кумысного комплекса в среднем на 0,1 см превосходили стандарт породы по высоте в холке, а по длине туловища, напротив, уступали максимальному значению стандарта, разница составила 0,1 см. Обхват груди у кобыл исследуемой популяции составил 196,4 см при среднем обхвате пясти 21,1 см.

Для определения влияния промеров и индексов кобыл на их молочную продуктивность весь исследуемый массив животных разделили на 4 группы: в первой оказались кобылы с продуктивностью менее 2000 кг молока, вторая группа сформирована из числа маток с продуктивностью от 2001 до 3000 кг молока, в третьей группе находились лошади с молочностью от 3001 до 4000 кг молока, и в четвертую группу вошли конематки с продуктивностью более 4000 кг молока. Для каждой группы конематок вычислили средние показатели – продуктивность, промеры и индексы. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Полученные материалы свидетельствуют о том, что на молочную продуктивность не оказывает влияние промер высоты в холке – более высокие кобылы (высота в холке 150,5 см) имеют молочность 2773 кг молока, что намного ниже среднего значения. Также не оказывал влияния на продуктивность кобыл промер высоты ноги в локте. Увеличение длины туловища до 161,1 см повышало молочную продуктивность, также положительное влияние на молочность конематок оказало увеличение обхвата пясти и глубины груди. Негативное влияние на молочность маток оказывали увеличение ширины и обхвата груди.

Таким образом, проведенные исследования показали, что высокомолочные кобылы имеют менее массивное телосложение (уменьшаются ширина и обхват груди), они более растянуты (увеличиваются круп и длина туловища) и становятся чуть более угловатыми (увеличивается глубина груди). Лактирующие кобылы приобретают черты телосложения, свойственные молочным коровам. Следует также отметить у обильномолочных кобыл увеличение обхвата пясти, что свидетельствует о лучшем развитии скелета и крепости телосложения. Данный факт объясняется тем, что, на наш

взгляд, у высокопродуктивных кобыл значительно увеличивается выведение с молоком из организма

кальция, вследствие чего развитие костной системы происходит более интенсивно.

Таблица 2 / Table 2

Изменение промеров тела у кобыл русской тяжеловозной породы с разной молочной продуктивностью /
Change in body measurements in mares of the Russian heavy draft breed with different milk productivity

Группа по молочной продуктивности / Dairy productivity group	n, голов / heads	Промеры, см / Measurements, cm									Молочная продуктивность, кг / Milk productivity, kg
		Высота в холке / Height at the withers	Длина туловища / Body length	Обхват груди / Chest girth	Обхват пясти / Pastern girth	Высота ноги в локте / Height of the leg at the elbow	Глубина груди / Chest depth	Ширина груди / Chest width	Ширина крупа / Croup width	Длина крупа / Croup length	
В среднем по изучаемой популяции	68	150,1	159,9	196,4	21,1	86,1	74,2	44,6	56,7	57,1	3370
свыше 4000 кг	7	150,0	161,1	194,7	21,2	86,0	74,8	43,7	56,7	57,3	4119
3001–4000 кг	41	150,2	161,1	195,1	21,2	86,2	74,8	44,0	56,8	57,4	3654
2001–3000 кг	14	150,5	158,2	200,5	21,0	86,5	73,7	46,8	57,2	57,0	2773
менее 2000 кг	6	148,6	154,3	198,1	20,6	84,9	72,9	45,1	55,1	55,2	1948

Для наглядности и лучшего выявления различий в экстерьере конематок с разным уровнем молочной продуктивности мы построили экстерьерные профили кобыл с минимальной и максимальной молочностью (рис. 2).

Из рисунка следует, что на снижение молочной продуктивности влияют увеличение обхвата и ширины груди, так называемые признаки

массивности телосложения. Увеличение ширины и длины крупа, глубины груди, длины туловища и обхвата пясти повышает продуктивность маток.

Динамика изменения индексов телосложения у конематок русской тяжеловозной породы с разным уровнем молочной продуктивности представлена в таблице 3.

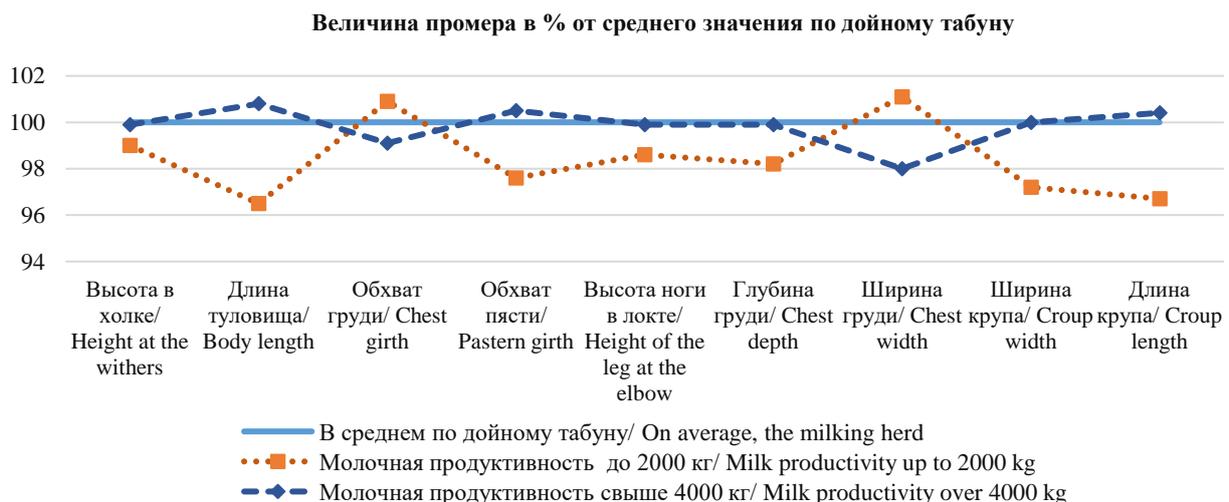


Рис. 2. Экстерьерный профиль кобыл русской тяжеловозной породы с высокой и низкой молочной продуктивностью /
Fig. 2 Exterior profile of the Russian heavy draft mares with high and low milk productivity

Таблица 3 / Table 3

Динамика индексов телосложения у кобыл русской тяжеловозной породы с разной молочной продуктивностью / Changes in physique indices in mares of the Russian heavy draft breed with different milk productivity

Группа по молочной продуктивности / Dairy productivity group	n, голов / heads	Индексы телосложения, %/ Physique indices, %						Молочная продуктивность, кг / Milk productivity, kg
		Формата / Format index	Обхвата груди / Chest girth index	Компактности / Compactness index	Глубины груди / Chest depth index	Длинноногости / Long-legged index	Обхвата пясти / Index of pastern girth	
В среднем по изучаемой популяции	68	106,5	130,8	122,8	49,4	57,4	14,1	3370
более 4000	7	107,4	129,8	120,9	49,9	57,3	14,1	4119
3001–4000 кг	41	107,3	129,9	121,1	49,8	57,4	14,1	3654
2001–3000 кг	14	105,1	133,2	126,7	49,0	57,5	14,0	2773
до 2000 кг	6	103,8	133,3	128,4	49,1	57,1	13,9	1948

Представленные материалы свидетельствуют о том, что с уменьшением индекса формата снижается и молочность. Так у кобыл с молочной продуктивностью свыше 4000 кг молока индекс формата составил 107,4 %, у лошадей с продуктивностью от 3001 до 4000 кг молока – 107,3 %, у конематок с продуктивностью от 2001 до 3000 кг молока – 105,1 % и у кобыл с продуктивностью до 2000 кг молока – 103,8 %.

Увеличение индекса сбитости снижает молочную продуктивность. Так, у низкопродуктивных кобыл индекс составил 133,3 %, а у высокомоложных – 129,8 %. Подобная картина наблюдалась и по индексу компактности – при увеличении молочной продуктивности наблюдается снижение индекса с 128,4 до 120,9 %. Основная причина снижения массивности высокомоложных кобыл заключается в том, что в продуктивном коневодстве от лошадей не требуется значительное развитие легких, сердца и грудной клетки. Так как кобылы не работают, у них опосредованно сокращается избыточная массивность (ширина и обхват груди), но при этом повышается глубина груди с 49 до 50 %. Благодаря этому кобылы становятся более удлиненными, угловатыми, приобретая сходные с молочным скотом черты телосложения. Индекс

длинноногости не выявил наличия связи с молочной продуктивностью, но можно отметить, что менее молочные кобылы по сравнению с высокопродуктивными были более коротконогими.

Индекс обхвата пясти (костистости) у кобыл исследуемой популяции увеличивался с повышением молочной продуктивности с 13,9 до 14,1 %. Это связано, по нашему мнению, с усилением развития костной системы обильномолочных маток для поддержания минералов в молоке, так как именно кости являются депо кальция.

Для наглядности наличия связи между индексами телосложения и молочной продуктивностью кобыл построим экстерьерный профиль индексов телосложения высокомоложных и низкопродуктивных кобыл (рис. 3).

Из рисунка следует, что у кобыл с невысокой молочной продуктивностью наблюдается увеличение индексов компактности и обхвата груди, в то время как у высокомоложных маток увеличиваются индексы обхвата пясти, формата и глубины груди.

Мы рассчитали коэффициенты корреляции между индексами телосложения, промерами и молочной продуктивностью конематок. Полученные данные представлены в таблице 4.

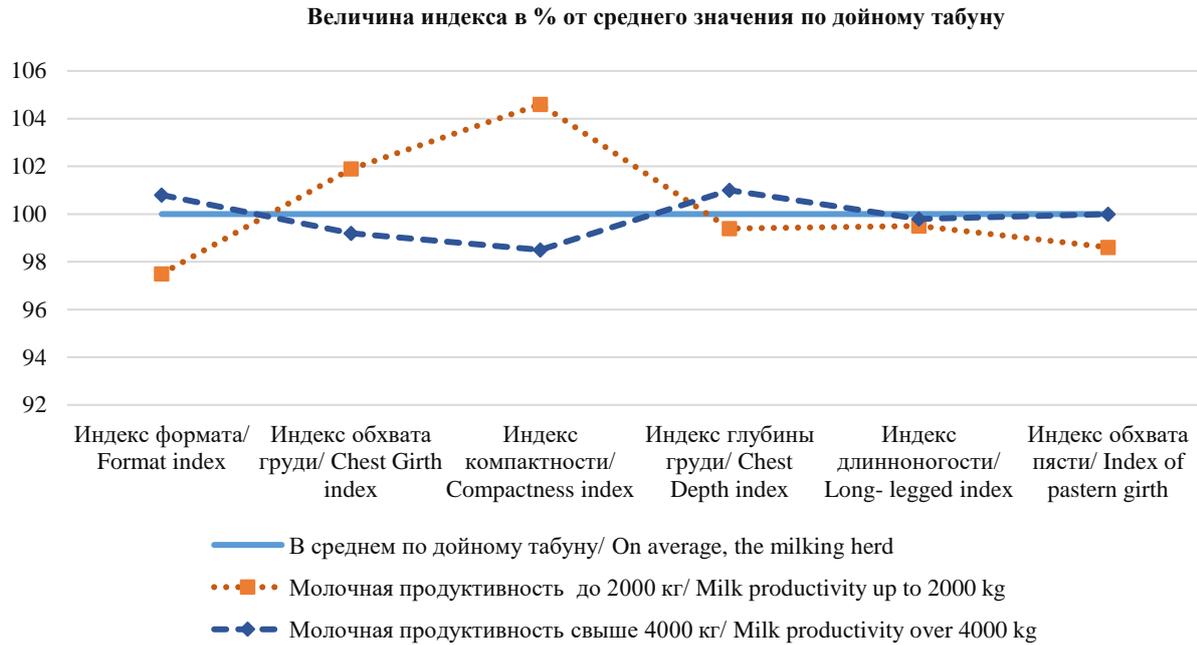


Рис. 3. Экстерьерный профиль индексов телосложения кобыл русской тяжеловозной породы с высокой и низкой молочной продуктивностью / Fig. 3. Exterior profile by the physique indices of mares of the Russian heavy draft breed with high and low milk productivity

Таблица 4 / Table 4

**Связь молочной продуктивности кобыл русской тяжеловозной породы с промерами тела /
 The relationship of milk productivity of the Russian heavy draft mares with body measurements**

Связь молочной продуктивности с промерами тела / The relationship of milk productivity with body measurements			
Промер / Measurement	Коэффициент корреляции с молочной продуктивностью / Correlation coefficient with milk productivity	Промер / Measurement	Коэффициент корреляции с молочной продуктивностью / Correlation coefficient with milk productivity
Высота в холке	+0,01	Глубина груди	+0,27
Длина туловища	+0,42	Ширина груди	-0,39
Обхват груди	-0,31	Ширина крупа	+0,21
Обхват пясти	+0,42	Длина крупа	+0,24
Высота ноги в локте	+0,01		
Связь молочной продуктивности с индексами телосложения / The relationship of milk productivity with physique indices			
Индекс телосложения / Physique index	Коэффициент корреляции с молочной продуктивностью / Correlation coefficient with milk productivity	Индекс телосложения / Physique index	Коэффициент корреляции с молочной продуктивностью / Correlation coefficient with milk productivity
Формата	+0,43	Глубины груди	+0,12
Обхвата груди	-0,52	Длинноногости	+0,03
Компактности	-0,39	Обхвата пясти	+0,45

Из материалов таблицы следует, что между молочностью конематок и длиной туловища, а также обхватом пясти установлена средняя положительная связь – коэффициент корреляции составил +0,42 в обоих случаях. Невысокая положительная взаимосвязь выявлена между продуктивностью кобыл и длиной крупа, шириной крупа, глубиной груди – коэффициент корреляции менялся от +0,21 до +0,27. Ростовые промеры (высота в холке и высота ноги в локте) не оказывали влияния на молочную продуктивность кобыл. В то время как между обхватом груди, шириной груди и молочностью установлена средняя отрицательная корреляция (-0,31 и -0,39).

В результате проведенных исследований нами установлено, что между индексами обхвата пясти, формата, и продуктивностью имеется средняя положительная связь (соответственно +0,45 и +0,43). Незначительная положительная связь выявлена между индексами глубины груди, длинноногости и продуктивностью – от +0,03 до +0,12. Между индексами компактности, обхвата груди, и молочностью нами установлена отрицательная средняя корреляция, которая составила соответственно: -0,39 и -0,52.

Таким образом, проведенные исследования показали наличие связи между экстерьером лошадей и их молочной продуктивностью.

Заключение

Многолетние исследования молочной продуктивности лошадей Ю. Н. Барминцева, И. А. Сайгина, В. С. Яворского¹ [8], Е. Д. Чиргина [6; 7; 10; 11], А. М. Аллагужина, В. В. Калашникова [5], А. В. Онегова [3; 4] и других ученых [1; 2; 9] свидетельствуют о признаках желательного типа телосложения конематок. Вышеперечисленные авторы в своих научных трудах, посвященных местным и заводским породам лошадей отмечают, что более высокомолочными являются животные с широким телом, удлиненным корпусом, в меру широкой и глубокой грудной клеткой и развитым (длинным и широким) крупом.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Кобылы исследуемой популяции обладают достаточным ростом, имеют удлиненный корпус с неширокой, но при этом глубокой грудной клеткой и хорошо развитый круп. У животных дойного табуна сформирован желательный тип сложения тела – с большой растянутостью, невысокими массивностью и компактностью, заметной угловатостью, средними по длине ногами и относительно высокой костистостью. Молочная продуктивность в среднем по популяции составила 3370 кг молока.

2. При сравнении основных промеров конематок дойного табуна племенного комплекса установлено превосходство в высоте в холке на 0,1 см и соответствие стандарту обхвата груди, обхвата пясти и длины туловища. При бонитировке матки нашей популяции были отнесены к классу элита.

3. Повышение молочности конематок сопровождалось увеличением ширины и длины крупа, обхвата пясти, длины туловища и глубины груди. Ростовые промеры высоты ноги в локте и высоты в холке не оказывали влияния на продуктивность. Отрицательно сказывалось на молочности кобыл увеличение обхвата и ширины груди. Вследствие направленной селекции по молочной продуктивности у высокомолочных кобыл формируется менее массивное телосложение, они становятся более растянутыми, угловатыми, с лучшим развитием костной системы.

4. Увеличение индексов формата, глубины груди и обхвата пясти сопровождается у кобыл исследуемой популяции увеличением молочной продуктивности. Увеличение индексов обхвата груди и компактности, напротив, вызывает снижение молочной продуктивности. Изменения индекса длинноногости не оказало влияния на молочную продуктивность.

5. В результате проведенных исследований установлена средняя положительная корреляционная взаимосвязь между молочной продуктивностью и обхватом пясти (+0,45), индексами формата (+0,43), длиной туловища (+0,42), обхватом пясти (+0,42). Отрицательная средняя корреляция установлена между продуктивностью и индексами обхвата груди (-0,52) и компактности (-0,39), а также промерами обхвата груди (-0,31) и шириной груди (-0,39).

¹ Яворский В. С. Интенсивная технология молочного коневодства в условиях нечерноземной зоны: автореф. дис. докт. с.-х. наук. М., 1988. 33 с.

1. Борисова А. В., Басс С. П. Современное состояние и перспективы развития русской тяжеловозной породы в Удмуртской Республике // Коневодство и конный спорт. 2019. № 1. С. 8–10. DOI: <https://doi.org/10.25727/HS.2019.1.27672>
2. Дубровина Н. В. Динамика численности лошадей тяжеловозных пород в России в XXI веке // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 2 (22). С. 41–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41314524&ysclid=lpwqki0rgd608394548> (дата обращения: 04.10.2023).
3. Онегов А. В. Особенности селекции кобыл русской тяжеловозной породы по молочной продуктивности в ЗАО ПЗ «Семеновский» // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 65–70. URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1343> (дата обращения: 02.10.2023).
4. Онегов А. В., Чиргин Е. Д. Хозяйственные и биологические особенности кобыл-рекордисток русской тяжеловозной породы // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2016. Т. 2. № 1 (5). С. 44–48. URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1112> (дата обращения: 01.10.2023).
5. Современные вызовы в коневодстве России и биотехнологические методы в селекции лошадей / В. В. Калашников, Л. Ф. Лебедева, А. М. Зайцев, Блохина Н. В. [и др.] // Коневодство и конный спорт. 2023. № 4. С. 4–8. DOI: <https://doi.org/10.25727/HS.2023.4.60603>
6. Чиргин Е. Д., Семенов В. Г. Анализ количественных показателей молочной продуктивности кобыл советской, русской и литовской тяжеловозных пород // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (25). С. 152–159. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54315738> (дата обращения: 05.10.2023).
7. Чиргин Е. Д., Семенов В. Г. Рост и развитие племенного молодняка лошадей русской тяжеловозной породы в ЗАО «Племзавод "Семеновский"» // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (6). С. 66–71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759597> (дата обращения: 05.10.2023).
8. Яворский В. С. Молочное коневодство. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2001. 128 с.
9. Holodova L. V., Onegov A. V., Smolentsev S. Yu. [et al.] Duration of economic use of lithuanian heavy draft stud mares // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Krasnoyarsk, June 20–22, 2019) / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. Vol. 315. P. 72039. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072039>
10. Chirgin E. D., Semenov V. G., Mokretsova A. S. [et al.] Genetic factor affecting the milk production of mares // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary (April 16, 2021). Cheboksary. 2021. P. 012010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012010>
11. Chirgin E. D., Onegov A. V., Strelnikov A. I. [et al.] Changes in milk yield, fat and protein mass fractions in mares' milk within 24 hours // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, (June 20–22, 2019) / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 315. Krasnoyarsk : Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 42046. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/4/042046>

Статья поступила в редакцию 10.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 03.11. 2023 г.; принята к публикации 09.12.2023 г.

Об авторах

Онегов Андрей Владимирович

кандидат биологических наук, доцент, директор Аграрно-технологического института, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5369-1552>, a.onegov@mail.ru

Чиргин Евгений Дмитриевич

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6288-1662>, chirgindmitrievich@gmail.com

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Borisova A. V., Bass S. P. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya russkoi tyazhelovoznoi porody v Udmurtskoi Respublike [Contemporary state and perspectives for development of Russian Draft horse breed in the Udmurt Republic]. *Kon-evodstvo i konnyi sport* = Horse Breeding and Equestrian Sport, 2019, no. 1, pp. 8–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25727/HS.2019.1.27672>

2. Dubrovina N. V. Dinamika chislennosti loshadei tyazhelovoznykh porod v Rossii v XXI veke [Dynamics of the number of horses of draft breeds in Russia in the XXI century]. *Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka* = Agrarian Reporter of the South-East. 2019, no. 2 (22), pp. 41–43. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41314524&ysclid=lpwqki0rgd608394548> (accessed: 04.10.2023). (In Russ.).

3. Onegov A. V. Osobennosti selektsii kobyly russkoi tyazhelovoznoi porody po molochnoi produktivnosti v ZAO PZ "Semenovskiy" [Features of breeding mares of Russian Draft breed for dairy-term productivity at the CJSC Breeding Factory "Semenovskiy"]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2017, vol. 3, no. 1 (9), pp. 65–70. Available at: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1343> (accessed 02.10.2023). (In Russ.).
4. Onegov A. V., Chirgin E. D. Khozyaistvennye i biologicheskie osobennosti kobyly-rekordistok russkoi tyazhelovoznoi porody [Economic and biological features of the champion mares of the Russian heavy draft breed]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki* = Vestnik of Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2016, vol. 2, no. 1 (5), pp. 44–48. Available at: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1112> (accessed 01.10.2023). (In Russ.).
5. Kalashnikov V. V., Lebedeva L. F., Zaitsev A. M., Blokhina N. V. et al. Sovremennye vyzovy v konevodstve Rossii i biotekhnologicheskie metody v selektsii loshadey [Modern challenges in Russian horse breeding and biotechnological methods in horse selection]. *Konevodstvo i konnyi sport* = Horse Breeding and Equestrian Sport, 2023, no. 4, pp. 4–8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25727/HS.2023.4.60603>
6. Chirgin E. D., Semenov V. G. Analiz kolichestvennykh pokazateley molochnoi produktivnosti kobyly sovetskoi, russkoi i litovskoi tyazhelovoznykh porod [Analysis of quantitative indicators of dairy productivity of mares of Soviet, Russian and Lithuanian heavy-draft breeds]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik Chuvash State Agrarian University, 2023, no. 2 (25), pp. 152–159. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54315738> (accessed 05.10.2023). (In Russ.).
7. Chirgin E. D., Semenov V. G. Rost i razvitie plemennogo molodnyaka loshadei russkoi tyazhelovoznoi porody v ZAO "Plemzavod "Semenovskiy" [Growth and development of breeding of young growth of horses of the Russian heavy horse breed in closed joint-stock company breeding farm "Semenovskiy"]. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik Chuvash State Agrarian University, 2018, no. 3 (6), pp. 66–71. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759597> (accessed 05.10.2023). (In Russ.).
8. Yavorsky V. S. Molochnoe konevodstvo [Dairy horse breeding]. Yoshkar-Ola, Publ. house of the Mari State University, 2001. 128 p. (In Russ.).
9. Kholodova L. V., Onegov A. V., Smolentsev S. Yu. et al. Duration of economic use of Lithuanian heavy draft stud mares. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, June 20–22, 2019*, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, Krasnoyarsk, Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019, vol. 315, p. 72039. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072039>
10. Chirgin E. D., Semenov V. G., Mokretsova A. S. et al. Genetic factor affecting the milk production of mares. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, April 16, 2021*, Cheboksary, 2021, p. 012010. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012010>
11. Chirgin E. D., Onegov A. V., Strelnikov A. I. et al. Changes in milk yield, fat and protein mass fractions in mares' milk within 24 hours. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, June 20–22 2019*, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019, vol. 315, issue 4, p. 42046. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/4/042046>

The article was submitted 10.10.2023; approved after reviewing 03.11.2023; accepted for publication 09.12.2023.

About the authors

Andrey V. Onegov

Ph. D. (Biology), Associate Professor, Director of the Agrarian Technological Institute, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5369-1552>, a.onegov@mail.ru

Evgeniy D. Chirgin

Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Professor of the Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6288-1662>, chirgindmitrievich@gmail.com

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 631.421.2

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-406-413

УСТОЙЧИВОСТЬ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ЕЖИ СБОРНОЙ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Е. А. Скочилова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Важнейшей задачей при озеленении городов является создание газонов. При организации газонов необходимо подобрать травосмесь, наиболее устойчивую к рекреационным нагрузкам. **Цель** – изучение устойчивости ежи сборной в онтогенезе по содержанию фотосинтетических пигментов в зависимости от загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом. **Материалы и методы.** Объектом исследования является ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). Сбор материала проводили в Республике Марий Эл. Выбор районов исследования основывался на данных загруженности автотранспортом. В результате были выделены 3 района исследования: в Советском районе РМЭ – суходольный ежово-разнотравный луг (контроль); в г. Йошкар-Оле – улица Павленко (район слабого загрязнения), улица Водопроводная (район умеренного загрязнения). Растения ежи сборной изучали в виргинильном (v) и средневозрастном генеративном состояниях (g₂). Количество фотосинтезирующих пигментов определяли спектрофотометрическим методом. **Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты исследований показали, что в контроле автомашин не было, в районе слабого загрязнения было выявлено 96 автомобилей, в районе умеренного загрязнения – 1200 единиц автотранспорта. По мере увеличения загрязняющих веществ в атмосфере уменьшается содержание хлорофилла *a* и хлорофилла *b* в листьях v и g₂ растений *D. glomerata*. По содержанию хлорофиллов у *D. glomerata* в изученных районах можно составить следующий ряд по уменьшению: контроль > район слабого загрязнения > район умеренного загрязнения. **Заключение.** При увеличении содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе происходит снижение количества хлорофиллов *a* и *b* в листьях v и g₂ растениях *D. glomerata*. Поэтому необходимо *D. glomerata* высевать на участках, удаленных от источников загрязнения.

Ключевые слова: район, загрязнение, хлорофилл, ежа сборная

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Скочилова Е. А. Устойчивость пигментного комплекса ежи сборной к загрязнению окружающей среды автомобильным транспортом // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 406–413. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-406-413>

SUSTAINABILITY OF THE PIGMENT COMPLEX OF *DACTYLIS GLOMERATA* TO ENVIRONMENTAL POLLUTION BY VEHICLES

E. A. Skochilova

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Annotation. Introduction. The most important task in urban landscaping is the creation of lawns. When organizing lawns, it is necessary to select a grass mixture that is most sustainable to recreational loads. **The purpose of the research** is to study the sustainability of *Dactylis glomerata* in ontogenesis based on the photosynthetic pigments content depending on environmental pollution degree by vehicles. **Materials and methods.** The object of the study is *Dactylis glomerata* L. Plant material was collected in the Republic of Mari El. The selection of study districts was based on traffic load data. As a result, three study areas were identified in the Soviet district of the Mari El Republic: dry mixed-grass meadow dominated by *D. glomerata* (control area); in Yoshkar-Ola: Pavlenko Street (low pollution area), Vodoprovodnaya Street (moderate pollution area). *D. glomerata* plants were studied in virginal (v) and middle-aged generative states (g₂). The amount of photosynthetic pigments was measured using the spectrophotometric method. **Research results and discussion.** The research results showed that there were no vehicles in control area, in low pollution area 96

vehicles were observed, in moderate pollution area – 1200 units of vehicles. As pollutants in the atmosphere increase, the content of chlorophyll *a* and chlorophyll *b* in leaves *v* and *g₂* of *D. glomerata* plants decreases. Based on the chlorophyll content in *D. glomerata* in the studied areas, the following row can be compiled in descending order: control area > low pollution area > moderate pollution area. **Conclusion.** With an increase in the content of pollutants in the atmospheric air, the amount of chlorophylls *a* and *b* in the leaves *v* and *g₂* of *D. glomerata* plants decreases. That's why it is necessary to sow *D. glomerata* in the areas far from sources of pollution.

Keywords: district, pollution, chlorophyll, *Dactylis glomerata* L

The author declares no conflict of interest.

For citation: Skochilova E. A. Sustainability of the pigment complex of *Dactylis glomerata* to environmental pollution by vehicles. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 406–413. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-406-413>

Введение

С развитием урбанизации актуальной задачей становится озеленение городов, в том числе создание газонов максимально устойчивых к рекреационным нагрузкам.

Одной из важнейших составляющих при создании и эксплуатации газонов является правильный подбор травосмесей, соответствующих климатическим условиям региона и наиболее устойчивых к загрязнению окружающей среды [9].

В настоящее время газон создается преимущественно из многолетних злаков, способных образовывать прочную дернину, которая сможет противостоять механическим повреждениям и другим неблагоприятным факторам. Исследования показали, что проективное покрытие почвы растениями достаточно высокое, но качество газонов, их декоративный вид при этом имеют различие, так как видовой состав газонных травостоев представлен различными видами травянистых растений, среди которых могут отсутствовать злаки [1].

В настоящее время проводится работа по продуктивности агроценозов, в состав которых включают дикорастущие и сортовые многолетние травы [4; 5]. Очень часто в ландшафтном озеленении для создания газона используют ежу сборную. Обычно в газонных ценозах ежу сборную высевают в комбинации с другими растениями, в том числе злаковыми [10] или бобовыми [6], так как она в монокультуре образует не очень ровный покров. Хорошо развивается практически в любых климатических условиях,

обладает способностью вытеснять сорняки. Также ежу сборную используют в городском и дорожном строительстве: высевают для закрепления эродированных почв вдоль дорог и создания устойчивого к вытаптыванию газона на спортивных площадках. Кроме того, ежа сборная является ценной кормовой культурой, одной из самых ранних, высокопитательных, востребованных в кормопроизводстве злаковых трав [7].

На урбанизированных территориях основным источником загрязнения является автомобильный транспорт [11] и предприятия промышленности. Загрязняющие вещества вызывают снижение физиолого-биохимических процессов, в частности содержание хлорофиллов [12]. Основными компонентами фотосинтетического аппарата растений являются хлорофиллы *a* и *b*. Именно содержание и соотношение хлорофиллов отражает адаптированность растений к неблагоприятным факторам среды. Поэтому особый интерес вызывает изучение количества хлорофиллов при воздействии стрессовых ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды.

Целью данного исследования является изучение устойчивости ежи сборной в онтогенезе по содержанию фотосинтетических пигментов в зависимости от загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) – много-

летнее, короткокорневищное, рыхлодерновинное, поликарпическое травянистое растение из семейства Мятликовые (*Poaceae*) [8]. Ежа сборная широко распространена в Европе, северо-западных районах Азии. В России встречается в европейской части (в том числе и на всей территории средней полосы России), заметно реже встречается в южных районах Сибири. На Дальнем Востоке считается заносным растением¹.

Сбор материала проводили в Республике Марий Эл. Выбор районов исследования основывался на данных загруженности автотранспортом. В результате были выделены 3 района исследования: в Советском районе РМЭ – суходольный ежево-разнотравный луг (контроль); в г. Йошкар-Оле – улица Павленко (район слабого загрязнения), улица Водопроводная (район умеренного загрязнения). Подсчеты автотранспорта проводили в 7.30, 13.00 и 17.00 часов.

Растения ежи сборной отбирали вдоль улицы с запада на восток, с северной стороны дороги в виргинильном (v) и средневозрастном генеративном состояниях (g_2). Определение онтогенетических состояний проводили на основании диагнозов онтогенетических состояний ежи сборной² [3].

Количество фотосинтезирующих пигментов определяли спектрофотометрическим методом при длинах волн 663, 645 нм. Экстракцию пигментов проводили 80%-м ацетоном. Для расчета концентрации хлорофиллов (a , b) использовали формулы Mac-Kinney [2]. Определение проводили в трех биологических повторностях. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием общепринятых методов и пакета прикладных программ MS Excel for Windows, «Statistica 6.0».

¹ Иллюстрированный определитель растений Средней России / И. А. Губанов, К. В. Киселева, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. И. : Т-во науч. изданий КМК, Ин-т технических исслед., 2002. Т. 1. 526 с. URL: <https://knigogid.ru/books/122627-illyustrirovannyu-opredelitel-rasteniy-sredney-rossii-v-4-tomah-tom-1-paporotniki-hvoschi-plauny-golos-emnyye-pokrytosemnyye-odnodolnye> (дата обращения 14.09.2023).

² Григорьева Н. М., Ермакова И. М., Жукова Л. А., Матвеев А. П. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. М. : МГПИ, 1980. Ч. 1. С. 56–59. URL: <https://istina.msu.ru/download/20219288/1qgnqK:yYxnh7-dmg-w0-2BaF-ed6zV8A/> (дата обращения 14.09.2023).

Результаты исследований и их обсуждение

В каждом районе исследования было посчитано количество автомашин. В Советском районе РМЭ (контроль) автомашин не было, на ул. Павленко было выявлено 96 автомобилей, на ул. Водопроводной – 1200 единиц автотранспорта. Основной поток машин в районах исследования приходится на легковой транспорт.

В настоящее время известно, что хлорофилл имеет несколько функциональных свойств. Поэтому важно изучение не только общего содержания пигментов в листьях растений, но и соотношение различных форм хлорофилла в пигментном комплексе. Содержание хлорофилла специфично для листьев каждого вида растений и существенно изменяется в зависимости от содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

На рисунке 1 представлено содержание хлорофилла a в листьях v и g_2 растениях. В листьях ежи сборной, произрастающей в районе условного контроля, выявлено наибольшее содержание хлорофилла a на единицу сырой массы листа, что составило 1,77 мг/г у виргинильных и 2,08 мг/г у средневозрастных генеративных особей. Содержание хлорофилла a в листьях ежи сборной на ул. Павленко составляет 1,44 мг/г у v и 1,59 мг/г у g_2 особей. Наименьшее содержание хлорофилла a характерно для особей ежи сборной, произрастающих на ул. Водопроводной. В целом количество хлорофилла a у ежи сборной было выше у средневозрастных генеративных растений, по сравнению с виргинильными во всех районах исследования.

Аналогичная тенденция выявлена и по содержанию хлорофилла b . Максимальное содержание хлорофилла b в листьях ежи сборной в v и g_2 состояниях наблюдалось в районе условного контроля и составило 0,61 мг/г и 0,91 мг/г соответственно. Несколько ниже содержание хлорофилла b было обнаружено у v и g_2 особей ежи сборной, произрастающих на ул. Павленко (0,48 мг/г и 0,64 мг/г соответственно). В листьях ежи сборной, произрастающей на ул. Водопроводной, выявлено наименьшее количество хлорофилла b , что составило 0,37 мг/г у v и 0,47 мг/г у g_2 особей (рис. 2).

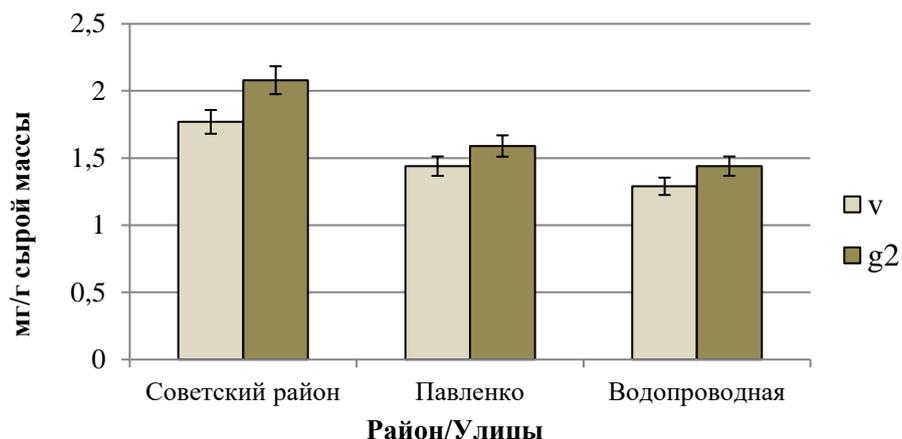


Рис. 1. Содержание хлорофилла *a* в листьях *v* и *g2* растений *D. glomerata* /
Fig. 1. Content of chlorophyll *a* in leaves *v* and *g2* of *D. glomerata* plants

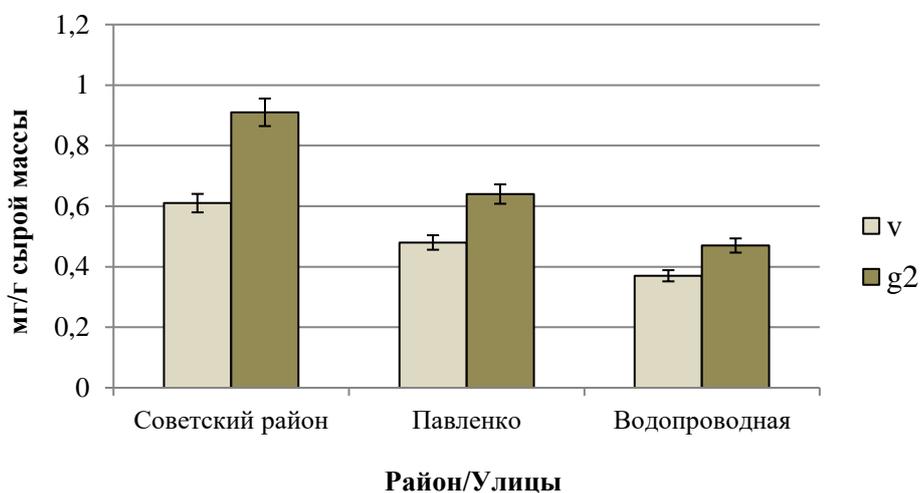


Рис. 2. Содержание хлорофилла *b* в листьях *v* и *g2* растений *D. glomerata* /
Fig. 2. Content of chlorophyll *b* in leaves *v* and *g2* of *D. glomerata* plants

Результаты множественных сравнений по содержанию хлорофиллов *a* и *b* в листьях *D. glomerata* показали статистически значимую разницу как между районами исследования (табл. 1, 2), так и между онтогенетическими состояниями.

Таблица 1 / Table 1

Результаты множественных сравнений (*Scheffe test*) содержания хлорофилла *a* в листьях *D. glomerata* /
Results of multiple comparisons (*Scheffe test*) of chlorophyll *a* content in leaves of *D. glomerata*

Онтогенетическое состояние / The ontogenetic state	Район / District	{1}	{2}	{3}
v	Луг{1}		0,001324	0,004321
	Павленко{2}	0,001324		0,000231
	Водопроводная{3}	0,004321	0,000231	
g2	Луг{1}		0,00632	0,000321
	Павленко{2}	0,00632		0,000651
	Водопроводная{3}	0,000321	0,000651	

Таблица 2 / Table 2

Результаты множественных сравнений (*Scheffe test*) содержания хлорофилла *b* в листьях *D. glomerata* /
Results of multiple comparisons (*Scheffe test*) of chlorophyll *b* content in leaves of *D. glomerata*

Онтогенетическое состояние / The ontogenetic state	Район / District	{1}	{2}	{3}
v	Луг{1}		0,000521	0,005781
	Павленко{2}	0,000521		0,000369
	Водопроводная{3}	0,005781	0,000369	
g ₂	Луг{1}		0,005232	0,000123
	Павленко{2}	0,005232		0,000476
	Водопроводная{3}	0,000123	0,000476	

Суммарное содержание зеленых пигментов в листьях ежи сборной имело такое же распределение (рис. 3). С увеличением степени загрязнения происходит снижение общего числа хлорофиллов. Содержание суммы хлорофиллов в листьях ежи сборной, произрастающей на суходольном лугу, имело наибольшее значение – 2,38 мг/г и 2,98 мг/г для v и g₂ особей соответственно. Наименьшее содержание хлорофиллов

обнаружено у растений на ул. Водопроводной – 1,66 и 1,91 мг/г для v и g₂ растений.

По суммарному содержанию хлорофиллов *a + b* в листьях ежи сборной выявлены статистически значимые различия между районами исследования (табл. 3). Между v и g₂ особями ежи сборной также обнаружена статистически значимая разница во всех районах исследования.

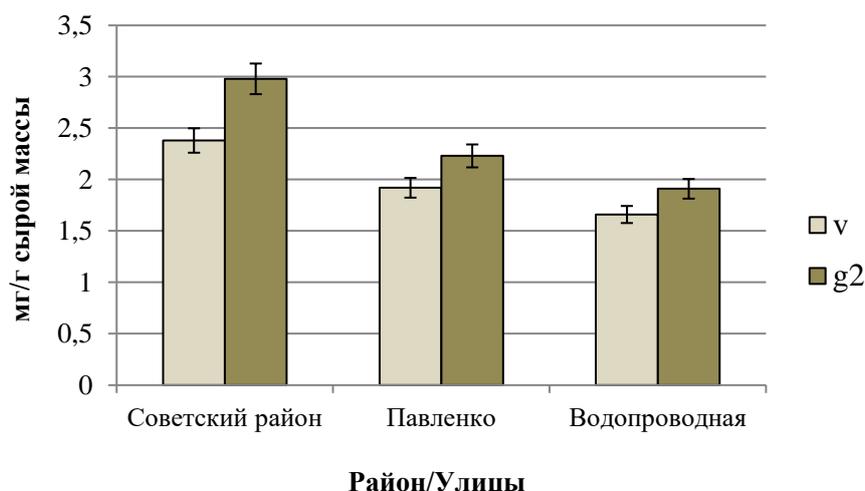


Рис. 3. Содержание суммы хлорофиллов в листьях v и g₂ растений *D. glomerata* /
Fig. 3. Content of total of chlorophylls in the leaves v и g₂ of *D. glomerata* plants

Таблица 3 / Table 3

Результаты множественных сравнений (*Scheffe test*) суммарного содержания хлорофиллов
в листьях *D. glomerata* / Results of multiple comparisons (*Scheffe test*)
of the total chlorophyll content in leaves of *D. glomerata*

Онтогенетическое состояние / The ontogenetic state	Район / District	{1}	{2}	{3}
1	2	2	3	5
v	Луг{1}		0,003142	0,004125
	Павленко{2}	0,003142		0,004213
	Водопроводная{3}	0,004125	0,004213	

Окончание табл.

1	2	3	4	5
g ₂	Луг{1}		0,003628	0,000547
	Павленко{2}	0,003628		0,000265
	Водопроводная{3}	0,000547	0,000265	

Одним из информативных показателей, характеризующих работу фотосинтетического аппарата, является отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. Это отношение связано с активностью главного пигмента, то есть хлорофилла *a*: чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез. В норме этот показатель должен соответствовать от 2,2 до 3,0 отн. ед.

Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* представлено на рисунке 4. Результаты исследований показали, что отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* у g₂ особей было ниже, чем у *v* растений ежи сборной во всех районах

исследования. Как показано выше, g₂ особи ежи сборной содержат наибольшее количество хлорофилла *a* и хлорофилла *b* в изученных районах. Следовательно, увеличение хлорофиллов в g₂ состоянии произошло за счет увеличения доли хлорофилла *b*, который находится в светособирающем комплексе II и является дополнительным пигментом. Однако при сравнении отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* между районами исследования можно заключить, что наибольший показатель обнаружен в районе умеренного загрязнения как у *v* особей, так и у g₂ растений.

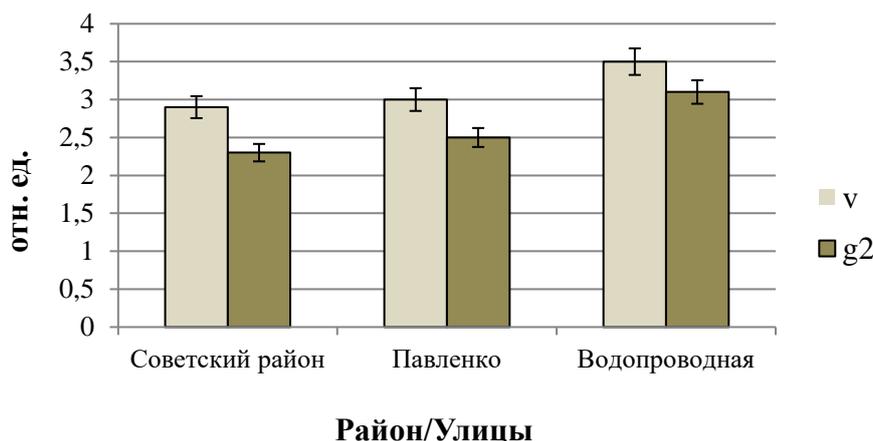


Рис. 4. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в листьях *v* и g₂ растений *D. glomerata* /
Fig. 4. Ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* in leaves *v* and g₂ of *D. glomerata* plants

При сравнении отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в *v* и g₂ состояниях статистически значимая разница обнаружена только между контролем, районом слабого загрязнения и районом умеренного загрязнения, а между районами сла-

бого и умеренного загрязнения достоверной разницы не выявлено (табл. 4). Кроме того, по данному показателю статистически значимая разница обнаружена между *v* и g₂ особями во всех районах исследования ($P < 0,05$).

Таблица 4 / Table 4

Результаты множественных сравнений (*Scheffe test*) отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* /
Results of multiple comparisons (*Scheffe test*) of ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b*

Онтогенетическое состояние / The ontogenetic state	Район / District	{1}	{2}	{3}
1	2	3	4	5
<i>v</i>	Луг{1}		0,060132	0,006029
	Павленко{2}	0,060132		0,074153
	Водопроводная{3}	0,006029	0,074153	

Окончание табл.

1	2	3	4	5
g ₂	Луг{1}		0,086362	0,002232
	Павленко{2}	0,086362		0,076501
	Водопроводная{3}	0,002232	0,076501	

Выводы

Наибольшее содержание хлорофилла *a* и хлорофилла *b* в листьях *v* и *g*₂ растений *D. glomerata* обнаружено в контроле (суходольный ежово-разнотравный луг, Советский район). В районе умеренного загрязнения (ул. Водопроводная) количество хлорофиллов в онтогенезе *D. glomerata* наименьшее.

Отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* было выше у *v* растений, по сравнению с *g*₂ особями во всех районах исследования. Наибольший

показатель отношения хлорофиллов выявлен в районе умеренного загрязнения.

Таким образом, проведенные нами исследования показали наличие зависимости содержания хлорофиллов *a* и *b* у *v* и *g*₂ растений *D. glomerata* от степени загрязнения атмосферного воздуха в исследуемых районах. Следовательно, *D. glomerata* необходимо включать в травосмеси для газонов, удаленных от источников загрязнения (парки, скверы, пешеходные зоны).

1. Авдеева Е. В., Рудин К. А. Экологический мониторинг травостоя в городах Сибири (на примере города Красноярск) // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII. № 3–4. С. 183–193. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskij-monitoring-travostoya-v-gorodah-sibiri-na-primere-goroda-krasnoyarska/viewer> (дата обращения 14.09.2023).

2. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М.: Высш. шк., 1975. 392 с. URL: <https://g.eruditor.one/file/1665237/?ysclid=lmjahbnr4v19212044> (дата обращения 14.09.2023).

3. Жукова Л. А., Ермакова И. М., Зубкова Е. В., Воскресенская О. Л., Половникова М. Г. Онтогенез ежи сборной // Онтогенетический атлас растений. Йошкар-Ола, 2007. Т. 5. С. 252–261. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=sqaatl&ysclid=lmj1xcrsn589732713> (дата обращения 14.09.2023).

4. Костицын Р. Д. Злаково-бобовые травосмеси для конвейерного производства кормов // Сборник научных трудов КНЦЗВ. 2022. Т. 11. № 1. С. 293–296. DOI: <https://doi.org/10.48612/sbornik-2022-1-73>

5. Лапенко Н. Г. К вопросу создания новых многокомпонентных продуктивных агроценозов // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 3 (43). С. 31–35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sozdaniya-novyh-mnogokomponentnyh-produktivnyh-agrotsenozov?ysclid=lq0m6f2s9c91207335> (дата обращения 14.09.2023).

6. Мазасева Ю. В. Декоративные газоны в оформлении ландшафтного дизайна // Наука и образование. 2023. № 1. С. 103–107. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dekorativnyye-gazonny-v-otformlenii-landshaftnogo-dizayna> (дата обращения 14.09.2023).

7. Малышева Н. Ю., Нагиев Т. Б., Ковалёва Н. В., Малышев Л. Л. Изучение продуктивности ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в Ленинградской области // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 4 (101). С. 69–75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-produktivnosti-ezhi-sbornoy-dactylis-glomerata-l-v-leningradskoy-oblasti/viewer> (дата обращения 14.09.2023).

8. Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. С. 77–330. URL: https://www.studmed.ru/serebryakova-ti-morfogenez-rasteniy-i-evolyuciya-zhiznennyh-form-zlakov_740eb170ed5.html (дата обращения 14.09.2023).

9. Тодорхоева Т. Б., Давыдова О. Ю., Батоева Е. А. Комплексная оценка газонных травостоев различного функционального назначения // Вестник КрасГАУ. 2020. № 11. С. 11–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-gazonnyh-travostoev-razlichnogo-funktsionalnogo-naznacheniya/viewer> (дата обращения 14.09.2023).

10. Фролова Л. Д., Новиков М. Н. Многолетние травы в земледелии Владимирской области // Растениеводство. 2017. № 2 (80). С. 24–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mноголетnie-travy-v-zemledelii-vladimirskoy-oblasti?ysclid=lq0mx7f918362636711> (дата обращения 14.09.2023).

11. Черкашина М. В., Петухова Г. А. Влияние техногенной нагрузки на изменение содержания пигментов фотосинтеза и степени окраски древесных и травянистых растений // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 5. С. 81–82. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=24944> (дата обращения 14.09.2023).

12. Wungrampha S., Joshi R., Singla-Pareek S. L., Pareek A. Photosynthesis and salinity: are these mutually exclusive? // Photosynthetica. 2018. Vol. 56. № 1. Pp. 366–381. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0763-7>

Статья поступила в редакцию 26.09.2023 г.; одобрена после рецензирования 01.11. 2023 г.; принята к публикации 03.11.2023 г.

Об авторе

Скочилова Елена Анатольевна

кандидат биологических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4553-508X>, skochilova@inbox.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

1. Avdeeva E. V., Rudin K. A. Ekologicheskii monitoring travostoya v gorodakh Sibiri (na primere goroda Krasnoyarska) [Environmental monitoring of grass in Siberian cities (for example, the city of Krasnoyarsk)]. *Khvoynye boreal'noi zony* = Boreal Zone Conifers, 2019, vol. 37, no. 3–4, pp. 183–193. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-monitoring-travostoya-v-gorodah-sibiri-na-primere-goroda-krasnoyarska/viewer> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
2. Gavrilenko V. F., Ladygina M. E., Khandobina L. M. Bol'shoi praktikum po fiziologii rastenii. Fotosintez. Dykhanie [A large workshop on plant physiology. Photosynthesis. Breath]. M., High School Publ., 1975, 392 p. Available at: <https://g.eruditor.one/file/1665237/?ysclid=lmjahbnr4v19212044> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
3. Zhukova L. A., Ermakova I. M., Zubkova E. V., Voskresenskaya O. L., Polovnikova M. G. Ontogenez ezhi sbornoi [Ontogenesis of *Dactylis glomerata* L.]. *Ontogeneticheskii atlas rastenii* = Ontogenetic Atlas of Plants, Yoshkar-Ola, 2007, vol. 5, pp. 252–261. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=saqatl&ysclid=lmj1xcsrn589732713> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
4. Kostitsyn R. D. Zlakovo-bobovye travosmesi dlya konveinogo proizvodstva kormov [Cereal and legume grass mixtures for conveyor feed production]. *Sbornik nauchnykh trudov KNTsZV* = Collection of Scientific Papers of KRCAHVM, 2022, vol. 11, no. 1, pp. 293–296. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.48612/sbornik-2022-1-73>
5. Lapenko N. G. K voprosu sozdaniya novykh mnogokomponentnykh produktivnykh agrotsenzov [Towards the creation of new multicomponent productive agrocoenosis]. *Vestnik APK Stavropol'ya* = Agricultural Bulletin of Stavropol Region, 2021, no. 3 (43), pp. 31–35. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-sozdaniya-novykh-mnogokomponentnykh-produktivnykh-agrotsenzov?ysclid=lq0m6f2s9c91207335> (accessed 14.09.2023).
6. Mazayeva Y. V. Dekorativnye gazonny v oformlenii landshaftnogo dizaina [Decorative lawns in landscape design]. *Nauka i obrazovanie* = Science and Education, 2023, no. 1, pp. 103–107. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/dekorativnye-gazonny-v-oformlenii-landshaftnogo-dizayna> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
7. Malysheva N. Yu., Nagiev T. B., Kovaleva N. V., Malyshev L. L. Izuchenie produktivnosti ezhi sbornoi (*Dactylis glomerata* L.) v Leningradskoi oblasti [Study of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) performance in Leningrad Region]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zivotnovodstva* = Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products, 2019, no. 4 (101), pp. 69–75. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-produktivnosti-ezhi-sbornoy-dactylis-glomerata-l-v-leninigradskoy-oblasti/viewer> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
8. Serebryakova T. I. Morfogenez pobegov i evolyutsiya zhiznennykh form zlakov [Morphogenesis of shoots and evolution of life forms of cereals]. M., Science Publ., 1971, pp. 77–330. Available at: https://www.studmed.ru/serebryakova-ti-morfogenez-rasteniy-i-evolyuciya-zhiznennykh-form-zlakov_740eb170ed5.html (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
9. Todorkhova T. B., Davydova O. Yu., Batoeva E. A. Kompleksnaya otsenka gazonnykh travostoev razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya [Complex assessment of lawn grass stand of different functional purpose]. *Vestnik KrasGAU* = Bulletin of KSAU, 2020, no. 11, pp. 11–17. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-gazonnykh-travostoev-razlichnogo-funktsional'nogo-naznacheniya/viewer> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
10. Frolova L. D., Novikov M. N. Mnogoletnie travy v zemledelii Vladimirskoi oblasti [Perennial herbs in the agriculture of the Vladimir region]. *Rastenievodstvo* = Crop Production, 2017, no. 2 (80), pp. 24–25. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoletnie-travy-v-zemledelii-vladimirskoy-oblasti?ysclid=lq0mx7f918362636711> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
11. Cherkashina M. V., Petukhova G. A. Vliyanie tekhnogennoi nagruzki na izmenenie sodержaniya pigmentov fotosinteza i stepeni okraski drevesnykh i travyanistykh rastenii [The effect of man-made stress on changes in the content of photosynthesis pigments and the degree of coloring of woody and herbaceous plants]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* = Modern High Technologies, 2007, no 5, pp. 81–82. Available at: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=24944> (accessed 14.09.2023). (In Russ.).
12. Wungrampha S., Joshi R., Singla-Pareek S. L., Pareek A. Photosynthesis and salinity: are these mutually exclusive? *Photosynthetica*, 2018, vol. 56, no. 1, pp. 366–381. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0763-7>

The article was submitted 26.09.2023; approved after reviewing 01.11.2023; accepted for publication 03.11.2023.

About the author

Elena A. Skochilova

Ph. D. (Biology), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., 424000 Yoshkar-Ola, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4553-508X>, skochilova@inbox.ru

The author has read and approved the final manuscript.

УДК 637.5.04

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-414-422

**ВЛИЯНИЕ СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ В СОЧЕТАНИИ С ПРОБИОТИКОМ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКА
И ИММУННЫЙ СТАТУС КОЗ****С. Ю. Смоленцев, Л. М. Суфьянова***Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Интерес к молочному козоводству как неотъемлемой и важной части животноводческой отрасли, в последнее время неуклонно растет. При этом молочная продуктивность коз во многом определяется сбалансированностью и полноценностью рациона. **Материалы и методы.** Базой для проведения экспериментального исследования была выбрана козеводческая ферма агрохолдинга «Лукоз» Сернурского района Республики Марий Эл, где по принципу аналогов были сформированы дойные козы, находящиеся на стадии второй лактации, которые были разделены на 3 группы по 20 голов в каждой. Контрольная группа содержалась на обычном рационе. Козы, относящиеся к опытным группам, получали ежедневно с водой суспензию хлореллы из расчета 40 мл на животное. Вторая опытная группа дополнительно получала пробиотик *Bacillus subtilis* из расчета 10 г на животное. Через каждые 10 дней проводили анализ молочной продуктивности путем контрольных доек и отбор проб крови и молока для лабораторного анализа. **Результаты и обсуждение.** Результаты исследования показали значительное увеличение количества эритроцитов и гемоглобина в крови опытных групп животных. Кроме того, наблюдалось повышение концентрации глюкозы, общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови, что свидетельствует об активизации обменных процессов, включая углеводный обмен. Добавление в рацион животных суспензии хлореллы благотворно сказывается на функционировании иммунитета, имеющегося у организма. **Заключение.** Использование суспензии хлореллы в рационах кормления коз способствует укреплению иммунной системы и увеличению удоев животных, а также повышению содержания общего белка, казеина, жира и минеральных веществ в молоке. Это является важным фактором для производителей молочной продукции, так как позволяет повысить качество и ценность получаемого продукта.

Ключевые слова: козы, зааненская порода, кормовые добавки, гематологические показатели, резистентность, качество молока, молочные продукты

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Смоленцев С. Ю., Суфьянова Л. М. Влияние суспензии хлореллы в сочетании с пробиотиком на продуктивность, качественные показатели молока и иммунный статус коз // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 414–422. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-414-422>

**THE EFFECT OF CHLORELLA SUSPENSION IN COMBINATION WITH PROBIOTIC
ON PRODUCTIVITY, MILK QUALITY INDICATORS AND IMMUNE STATUS OF GOATS****S. Yu. Smolentsev, L. M. Sufyanova***Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation*

Abstract. Introduction. Interest in dairy goat breeding, as an integral and important part of the livestock industry, has been growing steadily in recent years. At the same time, the dairy productivity of goats is largely determined by the balance and usefulness of the diet. **Materials and methods.** The goat-breeding farm of the Lukoz agroholding in the Sernursky district of the Republic of Mari El was chosen as the basis for the experimental study, where dairy goats at the stage of second lactation were selected according to the principle of analogues, which were divided into 3 groups of 20 heads each. The control group was kept on a regular diet. Goats belonging to the experimental groups received chlorella suspension daily with water at the rate of 40 ml per animal. The second experimental group additionally received a probiotic *Bacillus subtilis* at the rate of 10 g per animal. Every 10 days, milk productivity was analyzed by control milking and blood and milk samples were taken for laboratory analysis. **Results and discussion.** The results of the study showed a significant increase in

the number of erythrocytes and hemoglobin in the blood of experimental groups of animals. In addition, there was an increase in the concentration of glucose, total protein, albumins and globulins in the blood serum, which indicates the activation of metabolic processes, including carbohydrate metabolism. The addition of chlorella suspension to the diet of animals has a beneficial effect on the functioning of the body's immune system. **Conclusion.** The use of chlorella suspension in goat feeding diets helps strengthen the immune system and increase animal milk yields, and also increases the content of total protein, casein, fat and minerals in milk. This is an important factor for dairy producers, as it allows them to increase the quality and value of the resulting product.

Keywords: goats, Zaanen breed, feed additives, hematological parameters, resistance, milk quality, dairy products

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Smolentsev S. Yu., Sufyanova L. M. The effect of chlorella suspension in combination with probiotic on productivity, milk quality indicators and immune status of goats. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 414-422. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-414-422>

Введение

Развитие животноводства представляется крайне важным, для того чтобы государство могло поддерживать состояние собственной продовольственной безопасности. Без нормально отлаженного функционирования данного сектора сельского хозяйства не представляется принципиально возможным рост благосостояния граждан [1–3]. Именно с этим во многом связан перманентно увеличивающийся интерес к специфической отрасли, то есть к молочному козоводству. Стоит отметить, что у козьего молока имеется большое количество уникальных характеристик, не присутствующих ни в одном ином пищевом продукте. Во-первых, оно является гипоаллергенным, то есть оно может употребляться в пищу теми людьми, у кого имеется аллергия, например на молоко, полученное от коров. Во-вторых, козье молоко – это такой пищевой продукт, в котором присутствуют значительные концентрации многочисленных минеральных солей, казеина, а также альбумина [4–6]. Состав козьего молока является похожим на состав женского молока, чем и обуславливается исключительно высокий уровень его полезности. Поскольку в козьем молоке сконцентрированы также и физиологически необходимые человеку вещества, то оно усваивается им практически сразу, без возникновения каких-либо проблем. Такое свойство козьего молока обуславливает его применение в том числе и при организации диетического питания в отношении тех лиц, кому оно полагается по меди-

цинским показаниям. Этим объясняются перспективы быстрого развития сферы производства козьего молока. Государство, осознавая исключительную важность данной сферы для поддержания продовольственной безопасности, систематически выделяет субсидии, а также оказывает материальные и нематериальные меры поддержки тем, кто планирует развивать производство козьего молока [7; 8].

Важным исследовательским направлением является изучение вопросов, которые связаны с тем, как можно увеличивать уровень продуктивности коз, используемых для получения молока. Представляется, что продуктивность таких коз может быть увеличена за счет соответствующей организации их кормления. В зависимости от того, какой именно рацион потребляется козами, используемыми для получения молока, качество, а также количество получаемого продукта может быть совершенно разным [9; 10]. Поэтому необходимо внедрять в рацион козomatок максимальное количество биологически активных добавок, а также премиксов (их положительное влияние на качество, а также на количество получаемого от коз молока является доказанным соответствующими исследованиями). В этих целях можно использовать, например, такие пищевые добавки, как суспензия хлореллы [11; 12]. Она играет роль иммуномодулятора и биологического корректора. Попадая в кишечник козы, хлорелла начинает проявлять бифидогенную активность.

Соответственно, растет уровень осмотического давления, поддерживаемого в кишечнике животного, более ярко выраженной становится перистальтика. Это значит, что животное испытывает меньше затруднений при дефекации, следовательно меньше времени тратится на то, чтобы вывести его из организма накопившиеся токсины. Еще одно положительное следствие применение суспензии хлореллы в рационе животных, используемых для получения козьего молока, – это предотвращение возникновения инфекционных заболеваний желудочно-кишечного тракта [13; 14].

Цель исследования – определения влияния суспензии хлореллы в сочетании с пробиотиком на качественные характеристики молока коз.

Материалы и методы

Исследование проводилось с принятием мер, направленных на то, чтобы количество образцов, отбираемых у животных для последующего направления на исследования, оказывалось минимальным. Необходимость этого объясняется желанием уменьшить причиняемые животным физические страдания.

Материальной базой для проведения экспериментального исследования была выбрана козеводческая ферма агрохолдинга «Лукоз» Сернурского района Республики Марий Эл. Данное предприятие располагает поголовьем коз зааненской породы. Организация функционирования агрохолдинга предполагает, что козы находятся на беспривязной системе содержания. В течение летнего времени козы, используемые для получения молока, находятся на пастбище в режиме свободного кормления.

Перед началом опытов была сформирована совокупность животных, находящихся на стадии второй лактации. В соответствии с принятым решением отобраны для проведения опытов животные были разделены на три группы по 20 голов в каждой. Распределение животных по группам проводилось с учетом их живой массы, а также периода лактации.

Рационы кормления формировались согласно рекомендациям, которые выдавались специализированным ПО «Корм Оптима». Эти рекомендации предусматривали, что в течение суток одно животное должно получать 4,5 кг травы, 0,5 кг желтой тыквы, 500 граммов комбикорма, а так-

же 15 граммов поваренной соли. Также в рацион коз вносился мел из расчета 5 граммов в течение суток. Контрольная группа содержалась на обычном рационе. Козы, относящиеся к опытным группам, получали ежедневно с водой суспензию хлореллы из расчета 40 мл на животное. Вторая опытная группа дополнительно получала пробиотик *Bacillus subtilis* из расчета 10 г на животное.

Эксперимент продолжался в течение 180 дней. При этом пятнадцать дней было отведено на подготовку к его осуществлению. Затем стартовал переходный период, который длился десять дней. Далее началась самая длительная фаза эксперимента, которая являлась главной и которая заняла 135 дней. Затем последовал заключительный период, длившийся двадцать дней.

При проведении эксперимента у лактирующих козочек осуществлялся забор крови. С использованием камеры Горяева определялось, сколько в крови находится лейкоцитов и эритроцитов. Для определения количества гемоглобина в этой же крови применялся метод Сали. Для нахождения белковых фракций кровь, отобранная для проведения анализов, проводилась через процедуру электрофореза. Концентрация фосфора и кальция в крови животных рассчитывалась с применением методов Бригса и де Ваарда соответственно. Чтобы понять, каким иммунным статусом характеризуется то или иное животное, необходимо было осуществлять анализ отобранной крови на наличие неспецифической резистентности. При проведении данной работы использовались методы, разработанные Дорофейчуком, Стенко, а также Кост. Отдельно использовалась методика Манчини, которая была необходима для того, чтобы определить, сколько в кровяной сыворотке присутствует иммуноглобулинов.

При проведении экспериментального исследования через каждые десять дней проверялось, какой молочной продуктивностью характеризуются те или иные животные. Для этого организовывались контрольные дойки. Отобранное в ходе их проведения молоко проверялось на предмет его качества. При этом использовались ареометрический, титриметрический, кислотный, а также арбитражный способы.

В течение каждого месяца проводимого экспериментального исследования проверялось, как

меняется такой показатель участвующих в работе животных, как живая масса тела. Для проведения соответствующих измерений была организована необходимая лаборатория, оснащенная сертифицированными средствами измерения (лаборатория имеет все необходимые документы, подтверждающие факт прохождения ею аккредитационных процедур). Чтобы определять значения биохимических показателей крови, отобранных у животных, использовались соответствующие анализаторы, функционирующие в автоматическом режиме (в частности, произведенные в Испании образцы анализаторов «BioSYSTEMS A-15»). Качественные характеристики молока, забираемого у коз в ходе проведения дойки, определялись при помощи отечественного прибора модели «Клевер-2М». Чтобы организовать и осуществлять статистическую обработку информации, получаемой по итогам исследования, использовалось программное обеспечение Excel от производителя Microsoft.

Порогом различий, который признавался статистически достоверный, был выбран такой, как * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$. Критерии достоверности определялись по итогам сопоставления результатов, полученных при работе с экспериментальными группами, с результатами, получаемыми при работе с контрольной группой.

Результаты и обсуждение

В ходе проведения экспериментального исследования осуществлялось определение значений: температура тела; частота сердечных сокращений; частота дыхания. Значения всех перечисленных выше показателей, пока проводилось экспериментальное исследование, не выходили за пределы нормативных. Это являлось одним из косвенных признаков того, что уровень здоровья всех животных, принимающих участие в исследовании, являлся нормальным (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Морфологический состав крови подопытных козоток / Morphological composition of the blood of experimental goats

Период / Period	Показатели / Indicators	Группа / Group		
		Контрольная / Control	Опытная I / Experimental I	Опытная II / Experimental II
Начало опыта	Эритроциты, $10^{12}/л$	$15,88 \pm 0,14$	$16,50 \pm 0,19$	$15,72 \pm 0,07$
	Лейкоциты, $10^9/л$	$13,11 \pm 0,11$	$13,01 \pm 0,08$	$13,10 \pm 0,09$
	Гемоглобин, г/л	$85,60 \pm 0,88$	$85,46 \pm 0,91$	$85,88 \pm 0,75$
Окончание опыта	Эритроциты, $10^{12}/л$	$16,14 \pm 0,31$	$16,32 \pm 0,28$	$17,21 \pm 0,19$
	Лейкоциты, $10^9/л$	$13,10 \pm 0,18$	$12,14 \pm 0,14$	$13,11 \pm 0,22$
	Гемоглобин, г/л	$86,31 \pm 0,58$	$87,90 \pm 0,34$	$88,37 \pm 0,33$

После завершения экспериментального исследования было выявлено следующее. Значения показателей, характеризующих состояние крови, у животных, причисленных к контрольной группе, и у животных, относящихся к экспериментальным группам, стали отличаться. Например, максимальное количество эритроцитов было выявлено у животных, составивших первую опытную группу, изменение показателя составило 5,2 %. Животные второй экспериментальной группы продемонстрировали изменение рассматриваемого нами показателя на 2,3 % после окон-

чания эксперимента. Статистической значимых изменений концентрации лейкоцитов в крови животных как контрольной, так и экспериментальных групп после завершения исследования зафиксировано не было. Исследование, проведенное в отношении значений биохимических показателей, характеризующих состояние кровяной сыворотки, отобранной у животных, свидетельствует о следующем. У козоток экспериментальных групп общий белок увеличился на 3,08 г/л (в первой группе) и на 5,01 г/л (во второй группе), что показано в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

Биохимические показатели сыворотки крови лактирующих козوماتок /
Biochemical parameters of blood serum of lactating goats

Показатели / Indicators	Группа / Group		
	Контрольная / Control	Опытная I / Experimental I	Опытная II / Experimental II
Общий белок, г/л	69,29 ± 0,33	73,14 ± 0,14**	75,21 ± 0,41***
альбумины: г/л	32,60 ± 0,17	34,87 ± 0,08**	36,55 ± 0,33**
глобулины: г/л	47,37 ± 0,08	48,21 ± 0,04	48,48 ± 0,16
Белковый коэффициент (А/Г)	0,67 ± 0,03	0,75 ± 0,03	0,90 ± 0,02**
Мочевина, ммоль/л	7,14 ± 0,11	7,66 ± 0,09	7,31 ± 0,55
Креатинин, мкмоль/л	71,60 ± 1,04	66,11 ± 1,21*	61,21 ± 1,01**
Глюкоза, ммоль/л	2,39 ± 0,02	2,85 ± 0,03*	2,91 ± 0,02***
Кальций, ммоль/л	2,30 ± 0,03	2,59 ± 0,01**	2,65 ± 0,02**
Фосфор, ммоль/л	2,31 ± 0,02	2,49 ± 0,03	2,80 ± 0,03*
Билирубин общий, мкмоль/л	2,55 ± 0,23	2,14 ± 0,24	2,73 ± 0,25
Аланинаминотрансфераза, Ед/л	20,61 ± 1,14	22,54 ± 1,08	24,37 ± 1,14
Аспаратаминотрансфераза, Ед/л	89,27 ± 1,50	90,21 ± 1,27	89,07 ± 1,36
Щелочная фосфатаза, Ед/л	89,55 ± 1,66	89,28 ± 1,27	90,21 ± 1,24

У животных второй экспериментальной группы, зафиксирован рост значения белкового коэффициента, который являлся статистически значимым. Его новое значение составило 0,75, тогда как до начала эксперимента оно было равно 0,55. Если говорить о крови животных первой и второй экспериментальной группы, то концентрация глюкозы в ней также выросла после окончания эксперимента (на 0,28 и на 0,2 ммоль/л соответственно). Это может свидетельствовать о том, что интенсивность углеводного обмена в организме животных благодаря внесению в рацион соответствующих добавок стала выше, чем была до этого. На момент завершения экспериментального исследования у

лактирующих козوماتок, в чей рацион внедрялись пищевые добавки, фиксировалось также повышение концентрации кальция в организме (на 0,18 ммоль/л в первой группе и на 0,4 ммоль/л во второй группе). То же самое было характерно и для фосфора: его стало больше в крови животных первой экспериментальной группы на 0,04 ммоль/л, в крови животных второй экспериментальной группы – на 0,29 ммоль/л.

Добавление в рацион животных суспензии хлореллы благотворно сказывается иммунитете. То, насколько нейтрофилы, имеющиеся в организме животного, являются фагоцитарно активными, свидетельствует о его иммунном статусе (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Уровень естественной резистентности подопытных козوماتок /
The level of natural resistance of experimental goats

Показатели / Indicators	Группа / Group		
	Контрольная / Control	Опытная I / Experimental I	Опытная II / Experimental II
Лизоцимная активность, Ед/мл	341,50 ± 5,66	370,44 ± 5,29**	388,32 ± 4,55**
Аттракция на 50 нейтрофилов, %	22,48 ± 0,44	25,36 ± 0,53*	25,47 ± 0,46*
Число фагоцитирующих нейтрофилов, %	26,75 ± 0,29	30,21 ± 0,76**	32,80 ± 0,37**
Фагоцитарный индекс	6,55 ± 0,08	7,20 ± 0,07*	7,77 ± 0,09**

Максимально активными нейтрофилы были у животных второй экспериментальной группы, менее фагоцитарно активными – у животных первой экспериментальной группе. При этом и в том, и в другом случае рост фагоцитарной активности нейтрофилов являлся статистически обоснованным. Еще одним положительным следствием внедрения пищевых добавок в рацион козوماتок являлось улучшение количества вырабатываемого лизоцима – вещества, которое обладает ярко выраженным бактерицидным эффектом. В первой экспериментальной группе, например, значение параметра, характеризующего лизоцимную активность, стало выше на 41,31 Ед/мл. Во второй экспериментальной группе рост данного показателя являлся еще более существенным – на 49,21 Ед/мл. Лизоцим – это вещество, которое оказывается также и в молоке, получаемом от коз. Соответственно, такое молоко является активным с бактерицидной точки зрения.

Те козы, которые в период проведения эксперимента получали суспензию хлореллы в собственном рационе, имели существенно превосходящие показатели по надоею молока. Например, надой у коз, которые относились к первой экспериментальной группе, превышал надой, получаемый от коз контрольной группы, на 14,28 килограммов (на 5,11% в относительном выражении). Что касается такого показателя, который характеризует разницу в концентрации молочного жира в надое, то он был равен 1,75 кг. Козоматки, получающие в своем рационе суспензию хлореллы в сочетании с пробиотиком, продемонстрировали надой, превышающий получаемый от козوماتок контрольной группы, на 21,14 кг (6,1 % в относительном выражении). Концентрация жира в таком молоке увеличилась на 0,3 %; концентрация белка возросла на 0,08 %; концентрация молочного жира увеличилась более чем на два килограмма, молочного белка стало больше на 1,07 кг.

Чтобы определить, как именно внесение пищевых добавок способно воздействовать на значения показателей, описывающих качество молока, получаемого от коз разных групп, был осуществлен фракционный анализ, который позволил прийти к следующему выводу: животные и первой, и второй экспериментальной группы дают более качественное молоко, чем животные контрольной группы. Разница по сухим веществам, например, составила 0,45 % ($P \leq 0,05$) и 0,78 % ($P \leq 0,01$). Разница по такому показателю,

как СОМО, составила 0,28% ($P \leq 0,05$) и 0,49 % ($P \leq 0,001$). Разница в значениях показателя, характеризующего концентрацию жира в молоке, составила 0,17 % ($P \leq 0,05$) и 0,29 % ($P \leq 0,001$). Разница в концентрациях белка составила 0,17 % и 0,09 % ($P \leq 0,05$). Минеральных веществ в молоке, полученном от животных экспериментальных групп, было на 0,06 % ($P \leq 0,001$) и на 0,09 % ($P \leq 0,001$) больше.

Чтобы определять, в каких целях возможно использовать молоко, получаемое от коз, относящихся к разным группам, образованным при проведении исследования, было отобрано по пять литров молока от коз всех групп. Впоследствии это молоко было использовано для того, чтобы выработать из него творог (в соответствии со стандартизированной рецептурой). При одинаковом объеме из молока коз экспериментальных групп удалось получить большее количества творога благодаря тому, что объем сухих веществ в молоке этих животных был выше.

В тех условиях, которые имеются в отечественной экономике сегодня, козоводство следует рассматривать в качестве одной из важнейших отраслей всего российского животноводства. Стоит отметить, что информация о наличии у козьего молока свойств, являющихся исключительно полезными для человека, не является новой, поскольку она известна уже на протяжении более чем одного столетия. Так, концентрация жиров, белков, а также витаминов в козьем молоке выше, чем в молоке, получаемом от коров, практически в два раза. Еще одним преимуществом козьего молока по сравнению с коровьим является то, что оно представляет собой шарики небольших размеров (именно такая форма способствует тому, что человек тратит минимальное количество времени и ресурсов, чтобы его усвоить). Именно потому, что у козьего молока имеется большое количество положительных характеристик, потребительский спрос на него с течением времени только возрастает. Поэтому специалисты, которые работают в сфере производства козьего молока, должны на постоянной основе разрабатывать и проводить мероприятия, необходимые для того, чтобы уровень продуктивности козوماتок становился выше.

Чтобы лактационная деятельность могла вестись в стандартном режиме, кормление коз необходимо организовывать так, чтобы они получали все требуемые им питательные вещества. А для выполнения данного требования кормить

коз необходимо только высококачественными кормами (предварительно обогащенными специальными веществами, имеющими биологический корректирующий эффект).

Результаты исследования показали значительное увеличение количества эритроцитов и гемоглобина в крови опытных групп животных. Кроме того, наблюдалось повышение концентрации глюкозы, общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови, что свидетельствует об активизации обменных процессов, включая углеводный обмен. Механизм действия суспензии хлореллы основан на том, что быстрые углеводы, такие как лактоза, галактоза и лактулоза, содержащиеся в них, способствуют ингибированию развития патогенной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. Это приводит к увеличению концентрации полезных бифидо- и лактобактерий, что в свою очередь стимулирует работу секреторного компонента иммуноглобулина типа А. Увеличение уровня иммуноглобулинов изотипов LgM и LgA в сыворотке крови лактирующих козочек, получавших добавки, свидетельствует о повышении иммунзащиты их организма. Введение суспензии хлореллы в сочетании с пробиотиком в рацион лактирующих козочек положительно сказалось на усилении обменных процессов в их организме, что привело к более интенсивной выработке молока и повышению молочной продуктивности. Вместе с тем отмечено положительное влияние добавок на минеральный обмен, при этом наилучшие результаты

были достигнуты при использовании суспензии хлореллы в сочетании с пробиотиком. Анализ качества козьего молока подтвердил его пригодность для получения молочных продуктов. Это открывает новые возможности для использования такого молока в пищевой промышленности.

Таким образом, исследования показали, что суспензия хлореллы в сочетании с пробиотиками способствует улучшению здоровья и продуктивности лактирующих козочек. Их использование может быть полезным для сельскохозяйственных предприятий, занимающихся разведением коз и производством молочных продуктов.

Заключение

Суспензия хлореллы способствует повышению показателей иммунитета коз. Она увеличивает удои, повышает содержание общего белка, казеина, жира и минеральных веществ в молоке, а также положительно влияет на качество производимого творога. Суспензия хлореллы в сочетании с пробиотиком является наиболее эффективной для использования в рационах лактирующих коз. Это оптимальное соотношение, которое обеспечивает максимальную пользу от добавки без негативного влияния на здоровье животных. Это, в свою очередь, повышает иммунитет и защитные функции организма. Улучшение показателей естественной защиты означает, что козочки становятся более устойчивыми к различным инфекциям и заболеваниям.

1. Влияние нетрадиционных кормовых добавок на молочную продуктивность коз в Якутии / М. Ф. Григорьев, А. И. Григорьева, Н. М. Черноградская, С. И. Степанова // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 62–65. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp62-65>

2. Влияние кормовых добавок «Лактомин» и «Лактувет» на молочную продуктивность коз / З. А. Халимбеков, Л. С. Маляхова, О. Э. Грига, Н. М. О. Джафаров // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (15). С. 78–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kormovyh-dobavok-laktomin-i-laktuvet-na-molochnuyu-produktivnost-koz?ysclid=lq0ojyza90301221949> (дата обращения: 28.09.2023).

3. Яшкин А. И., Владимиров Н. И., Паутова Л. Н. Молочная продуктивность лактирующих коз зааненской породы при использовании пробиотических препаратов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (210). С. 67–72. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/molochnaya-produktivnost-laktiruyuschih-koz-zaanenskoj-porody-pri-ispolzovanii-probioticheskikh-preparatov?ysclid=lq0ru55k4n194025520> (дата обращения: 30.09.2023).

4. Функ И. А., Владимиров Н. И. Влияние пробиотического препарата «плантарум» на молочную продуктивность и качество молока коз // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 5 (211). С. 56–61. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-probioticheskogo-preparata-plantarum-na-molochnuyu-produktivnost-i-kachestvo-moloka-koz?ysclid=lq0s2xtwzh739584915> (дата обращения: 02.10.2023).

5. Забелина М. В., Ледяев Т. Б., Преображенская Т. С., Данилин А. В. Молочная продуктивность, технологические свойства и жирнокислотный состав молока коз нубийской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 19–21. DOI: <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-3-19-21>

6. Гусейнова Р. З. Влияние скрещивания зааненских коз на молочную продуктивность // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2021. № 2 (56). С. 137–141. URL: <https://elibrary.ru/uzonuu?ysclid=lq0sni3yb108495789> (дата обращения: 02.10.2023).

7. Гайнуллина М. К., Хайруллина Г. Ф. Продуктивность и белковый состав молока коз при использовании в рационах жмыхов из семян масличных культур // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 1. С. 37–39. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32639999&ysclid=lq0sy6754e367484365> (дата обращения: 05.10.2023).
8. Кононович А. С., Степанов А. В. Молочная продуктивность и содержание коз зааненской породы // Молодежь и наука. 2018. № 5. С. 57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35304466&ysclid=lq0t29dcuj169373160> (дата обращения: 02.10.2023).
9. Муна М. Влияние разного уровня кормления на обмен веществ и продуктивность коз зааненской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2007. № 3. С. 33–37. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17099184&ysclid=lq0tdqkzk9648251415> (дата обращения: 02.10.2023).
10. Желтова О. А., Шуварики А. С., Гладырь Е. А. Молочная продуктивность и качество молока коз с различными генотипами по гену бета-лактоглобулина // Овцы, козы, шерстяное дело. 2011. № 3. С. 80–83. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17045136&ysclid=lq0tj4n65680091780> (дата обращения: 01.10.2023).
11. Ashurov M. Kh., Ashurov E. M., Astashev M. E., Baimler I. V., Gudkov S. V. et al. Development of an Environmentally Friendly Technology for the Treatment of Aqueous Solutions with High-Purity Plasma for the Cultivation of Cotton, Wheat and Strawberries // ChemEngineering. 2022. Vol. 6. No. 6. 91 p.
12. Gudkov S. V., Li R., Serov D. A., Burmistrov D. E., Baimler I. V., Baryshev A. S. et al. Fluoroplast doped by Ag₂O nanoparticles as new repairing non-cytotoxic antibacterial coating for meat industry // International Journal of Molecular Sciences. 2023. Vol. 24. No. 1. P. 869. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24010869>
13. Potekhina R. M., Tarasova E. Yu., Matrosova L. E., Khammatov N. I., Saifutdinov A. M. et al. A case of laying hens mycosis caused by *Fusarium proliferatum* // Veterinary Medicine International. 2023. Vol. 2023. Pp. 5281260. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/5281260>
14. Smolentsev S. Yu., Rudakova N. L., Bulmakova D. S., Koryagina A. O. Nutrient Digestibility, Egg Productivity, and Embryo Development in Laying Hens Fed Bacterial Enzyme-Based Additives // Poultry Science Journal. 2022. Vol. 10. No. 1. Pp. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.22069/PSJ.2022.19618.1742>

Статья поступила в редакцию 09.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 08.11.2023 г.; принята к публикации 15.11.2023 г.

Об авторах

Смоленцев Сергей Юрьевич

доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

Суфьянова Лилия Маратовна

аспирант, кафедра технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), Smolentsev82@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Grigoriev M. F., Grigorieva A. I., Chernogradskaya N. M., Stepanova S. I. Vliyanie netraditsionnykh kormovykh dobavok na molochnyuyu produktivnost' koz v Yakutii [Influence of non-traditional feed additives on the milk productivity of goats in Yakutia]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal, 2021, no. 7, pp. 62–65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp62-65>
2. Khalimbekov Z. A., Malakhova L. S., Griga O. E., Dzhafarov N. M. O. Vliyanie kormovykh dobavok «Laktomin» i «Laktuvet» na molochnyuyu produktivnost' koz [Influence of the feed additives “LaktoMin” and “LaktuVet” on milk yield of goats]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* = Agricultural Journal, 2022, no. 1 (15), pp. 78–84. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kormovyh-dobavok-laktomin-i-laktuvet-na-molochnyuyu-produktivnost-koz?ysclid=lq0ojyza90301221949> (accessed 28.09.2023). (In Russ.).
3. Yashkin A. I., Vladimirov N. I., Pautova L. N. Molochnaya produktivnost' laktiruyushchikh koz zaanenskoj porody pri ispol'zovanii probioticheskikh preparatov [Milk production of lactating Saanen dairy goats when using probiotic products]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2022, no. 4 (210), pp. 67–72. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/molochnaya-produktivnost-laktiruyuschih-koz-zaanenskoj-porody-pri-ispol'zovanii-probioticheskikh-preparatov?ysclid=lq0ru55k4n194025520> (accessed 30.09.2023). (In Russ.).
4. Funk I. A., Vladimirov N. I. Vliyanie probioticheskogo preparata «plantarum» na molochnyuyu produktivnost' i kachestvo moloka koz [Effect of Plantarum probiotic product on goat milk producing ability and milk quality]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2022, no. 5 (211), pp. 56–61. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-probioticheskogo-preparata-plantarum-na-molochnyuyu-produktivnost-i-kachestvo-moloka-koz?ysclid=lq0s2xtwzh739584915> (accessed 02.10.2023). (In Russ.).

5. Zabelina M. V., Ledyayev T. B., Preobrazhenskaya T. S., Danilin A. V. Molochnaya produktivnost', tekhnologicheskie svoystva i zhirkokislotnyi sostav moloka koz nubiiskoi porody [Milk productivity, technological properties and fatty acid composition of Nubian goat milk]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo* = Sheep, Goats, Wool Business, 2020, no. 3, pp. 19–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-3-19-21>
6. Khuseinova R. Z. Vliyanie skreshchivaniya zaanenskikh koz na molochnuyu produktivnost' [The effect of crossing Zaanen goats on dairy productivity]. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K. I. Skryabina* = Vestnik of the Kyrgyz National Agrarian University K. I. Scriabin, 2021, no. 2 (56), pp. 137–141. Available at: <https://elibrary.ru/uzonuu?ysclid=lq0sni3yb108495789> (accessed 02.10.2023). (In Russ.).
7. Gainullina M. K., Khairullina G. F. Produktivnost' i belkovyi sostav moloka koz pri ispol'zovanii v ratsionakh zhmykhov iz semyan maslichnykh kul'tur [Productivity and protein composition of goat milk when used in the diets of oilseed cakes]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo* = Sheep, Goats, Wool Business, 2018, no. 1, pp. 37–39. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32639999&ysclid=lq0sy6754e367484365> (accessed 05.10.2023). (In Russ.).
8. Kononovich A. S., Stepanov A. V. Molochnaya produktivnost' i sodержanie koz zaanenskoii porody [Dairy productivity and maintenance of goats of the Zaanen breed]. *Molodezh' i nauka* = Youth and Science, 2018, no. 5, p. 57. (In Russ.).
9. Muna M. Vliyanie raznogo urovnya kormleniya na obmen veshchestv i produktivnost' koz zaanenskoii porody [The influence of different levels of feeding on the metabolism and productivity of goats of the Zaanen breed]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo* = Sheep, Goats, Wool Business, 2007, no. 3, pp. 33–37. (In Russ.).
10. Zheltova O. A., Shuvarikov A. S., Gladyr E. A. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka koz s razlichnymi genotipami po genu beta-laktoglobulina [Milk productivity and milk quality of goats with different genotypes according to the beta-lactoglobulin gene]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo* = Sheep, Goats, Wool Business, 2011, no. 3, pp. 80–83. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17045136&ysclid=lq0tj4n65680091780> (accessed 01.10.2023). (In Russ.).
11. Ashurov M. Kh., Ashurov E. M., Astashev M. E., Baimler I. V., Gudkov S. V., et al. Development of an environmentally friendly technology for the treatment of aqueous solutions with high-purity plasma for the cultivation of cotton, wheat and strawberries. *ChemEngineering*, 2022, no. 6 (6), p. 91. (In Eng.).
12. Gudkov S. V., Li R., Serov D. A., Burmistrov D. E., Baimler I. V. et al. Fluoroplast doped by Ag₂O nanoparticles as new repairing non-cytotoxic antibacterial coating for meat industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24, no. 1, p. 869. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24010869>
13. Potekhina R. M., Tarasova E. Yu., Matrosova L. E., Khammatov N. I., Saifutdinov A. M., et al. A case of laying hens mycosis caused by *Fusarium proliferatum*. *Veterinary Medicine International*, 2023, vol. 2023, pp. 5281260. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/5281260>
14. Smolentsev S. Yu., Rudakova N. L., Bulmakova D. S., Koryagina A. O., et al. Nutrient digestibility, egg productivity, and embryo development in laying hens fed bacterial enzyme-based additives. *Poultry Science Journal*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 83–90. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.22069/PSJ.2022.19618.1742>

The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 08.11.2023; accepted for publication 15.11.2023.

About the authors

Sergey Yu. Smolentsev

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, Smolentsev82@mail.ru

Liliya M. Sufyanova

Postgraduate student, Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), Smolentsev82@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 619:616.98:579.852.11(470.51)

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИБИРЕЯЗВЕННЫХ ЗАХОРОНЕНИЙ

О. В. Трудолюбова^{1, 2}, Ю. Г. Крысенко², И. С. Иванов², Р. Ф. Габдрахманов¹

¹Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики, г. Ижевск, Российская Федерация

²Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Сибиреязвенные захоронения являются потенциальным источником возбудителя сибирской язвы *Bacillus anthracis* (далее – *B. anthracis*), который способен сохраняться в объектах окружающей среды длительное время. Почва – один из основных резервуаров для данного микроорганизма. При этом жизнеспособность возбудителя в объектах окружающей среды зависит от целого ряда факторов. Сибиреязвенные захоронения относятся к объектам I класса опасности санитарной классификации и имеют санитарно-защитные зоны, направленные на обеспечение безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме и влекущие ряд ограничений использования территорий. При прекращении существования санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений или их сокращении важно понимать возможность использования земельных участков без ограничения. Для этого необходимо провести ряд исследований, в том числе лабораторных, направленных на установление содержания потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, биологических и микробиологических организмов в почвах на разной глубине, а также уровень радиационного фона, которые не должны превышать гигиенические нормативы. **Цель** – установить возможность использования земельных участков за границами устанавливаемых сокращенных санитарно-защитных зон почвенных очагов сибирской язвы в хозяйственных целях. **Материалы и методы.** В работе использованы научные методы эмпирического исследования – описание, измерение, сравнение, а также общелогические методы и приемы исследования – анализ, синтез, аналогия. **Результаты исследования, обсуждения.** Установлено, что химические, бактериологические, паразитологические и энтомологические показатели почвы исследуемых объектов не превышают допустимые гигиенические нормативы. В объектах окружающей среды (почва, вода, воздух) возбудитель сибирской язвы *B. anthracis* не выявлен. **Заключение.** Земельные участки, находящиеся за границей устанавливаемых санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений, расположенных на территории Удмуртской Республики и подвергнутых исследованию, могут быть введены в эксплуатацию в соответствии с видами разрешенного использования.

Ключевые слова: возбудитель, гигиенические нормативы, лабораторные исследования, почвенный очаг, сибирская язва, сибиреязвенное захоронение, фактор риска

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Трудолюбова О. В., Крысенко Ю. Г., Иванов И. С., Габдрахманов Р. Ф. Лабораторные исследования объектов окружающей среды при оценке безопасности сибиреязвенных захоронений // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 423–432. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432>

LABORATORY STUDIES OF ENVIRONMENTAL OBJECTS IN ASSESSING THE SAFETY OF ANTHRAX BURIALS

O. V. Trudolyubova^{1, 2}, Yu. G. Krysenko², I. S. Ivanov², R. F. Gabdrakhmanov¹

¹ Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic, Izhevsk, Russian Federation

² Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. Introduction. Anthrax burials are a potential source of the causative agent of anthrax *Bacillus anthracis* (hereinafter – *B. anthracis*), which is able to persist in environmental objects for a long time. The soil is one of the main reservoirs for this microorganism. At the same time, the viability of the pathogen in environmental objects depends on a number of factors. Anthrax burials belong to objects of the 1st hazard class of sanitary classification and have sanitary protection zones aimed at ensuring the safety of the population during

the operation of the facility in normal mode and entailing a number of restrictions on the use of territories. With the termination of the existence of sanitary protection zones of anthrax burials or their reduction, it is important to understand the possibility of using land plots without restriction. To do this, it is necessary to conduct a number of studies, including laboratory ones, aimed at establishing the content of potentially dangerous chemical and biological substances for humans. **Purpose** – to establish the possibility of using land plots outside the boundaries of the established reduced sanitary protection zones of soil foci of anthrax for economic purposes. **Materials and methods.** The paper uses scientific methods of empirical research – description, measurement, comparison, as well as general logical methods and techniques of research – analysis, synthesis, analogy. **Results, discussion.** It is established that chemical, bacteriological, parasitological and entomological indicators of the soil of the studied objects do not exceed the permissible hygienic standards. The causative agent of anthrax *B. anthracis* has not been identified in environmental objects (soil, water, air). **Conclusion.** Land plots located outside the border of the established sanitary protection zones of anthrax burials located on the territory of the Udmurt Republic and subjected to research may be put into operation in accordance with the types of permitted use.

Keywords: pathogen, hygienic standards, laboratory tests, soil focus, anthrax, anthrax burial, risk factor

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Trudolyubova O. V., Krysenko Yu. G., Ivanov I. S., Gabdrakhmanov R. F. Laboratory studies of environmental objects in assessing the safety of anthrax burials. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 423–432. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-423-432>

Введение

Сибирская язва – острое инфекционное заболевание, общее для человека и животных. Оно отнесено к списку особо опасных болезней животных¹.

К возбудителю сибирской язвы восприимчивы более 50 видов животных, принадлежащих к 8 отрядам и 23 семействам, что объясняет причину широкого географического распространения этой инфекции по всему миру [6].

Ежегодно в мире заболевают более миллиона животных и около 20 000 человек в 82 странах мира, в частности в Бангладеш, Боливии, Венесуэле, Вьетнаме, Гане, Индии, Китае, Мали, Мьянме, Пакистане, Папуа и Новой Гвинее, Перу, Таиланде, Чаде, Чили, Шри-Ланке, на Филиппинах и Мадагаскаре, а также в Албании, Греции, Испании, Италии и Румынии [7].

В то же время в некоторых странах, находящихся на островах, сибирская язва не регистрируется в течение последних десятилетий, что связано с профилактическими мерами ряда островных государств, а именно Новой Зеландии,

Кубы, Тайваня, Исландии, Кипра, Ирландии, Мальты².

На сегодняшний день в Российской Федерации данное заболевание вызывает большую озабоченность. По данным Департамента ветеринарии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, а также статистическим данным Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, только с начала 2023 года на территории Российской Федерации зафиксировано 6 случаев возникновения сибирской язвы среди людей и животных.

Сибирская язва остается глобальной проблемой как для ветеринарной, так и для гуманной медицины в связи с широким распространением ее почвенных очагов во всем мире. Способность к споруляции является главной особенностью *B. anthracis*, позволяющей возбудителю сохраняться в окружающей среде в течение длительного времени [1].

За время нахождения в почве возбудитель сибирской язвы длительно сохраняет не только жизнеспособность, но и вирулентность [2].

На территории Удмуртской Республики расположено 101 установленное место захоронения

¹ Приказ Минсельхоза России от 19.12.2011 № 476 «Об утверждении перечня заразных, в том числе особо опасных болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин)».

² Бакулов И. А., В. А. Гаврилов, В. В. Селиверстов Сибирская язва (антракс): Новые страницы в изучении «старой» болезни // Владимир, 2001. 283-с.

животных, павших от сибирской язвы. Все объекты поставлены на кадастровый учет и приведены в соответствие требованиям ветеринарно-санитарных правил.

Сибирезвенные захоронения по праву отнесены к объектам I класса опасности санитарной классификации объектов, так как одним из основных резервуаров возбудителя сибирской язвы является почва, которую считают вторым после инфицированных животных источником заболевания. На сегодняшний день установлено, что в споровой форме бацилла сибирской язвы способна сохраняться до 200 лет. Однако точный срок возможного нахождения в почве и способности заражения живых организмов спорами *V. anthracis* еще не установлен [1].

Имеется предположение, что возбудитель сибирской язвы может быть активным через 1300 лет. Так, в Пермской области в пробах грунта, взятого на месте археологических раскопок поселения VII века, был обнаружен возбудитель сибирской язвы, вызвавший заболевание животного¹.

Санитарными правилами для сибирезвенных захоронений установлены ориентировочные санитарно-защитной зоны, равные 1000 метров и являющиеся защитным барьером, обеспечивающим безопасность населения от возможного воздействия биологических факторов таких объектов².

Между тем действующим законодательством Российской Федерации установлено, что с 1 января 2025 года все ориентировочные, расчетные (предварительные) санитарно-защитные зоны прекращают существование, а также ограничения использования земельных участков в них перестанут действовать³.

Учитывая высокую плотность стационарно неблагоприятных пунктов на территории Удмуртской Республики (7,8 на 1000 км²)⁴ и широ-

кую географию установленных сибирезвенных захоронений, бесконтрольное использование таких территорий несет риск возникновения и распространения сибирской язвы на территории региона.

В свою очередь, ряд нормативных актов позволяет сегодня устанавливать сокращенные санитарно-защитные зоны сибирезвенных захоронений, но только на основе комплексного анализа эпизоотологической и эпидемиологической ситуации, характеристики почвенного очага, а также природных, социальных и биологических факторов риска с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Сокращение размеров санитарно-защитных зон сибирезвенных захоронений предполагает высвобождение земельных участков от обременений, которые на них возложены законодательством Российской Федерации⁵, а также исследование качественных характеристик почвы и ее соответствие требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов.

В целях сохранения благополучной эпизоотологической и эпизоотической ситуации по сибирской язве на территории Удмуртской Республики, во исполнение требований федерального законодательства Российской Федерации, Главным управлением ветеринарии Удмуртской Республики проводится работа по установлению сокращенных размеров санитарно-защитных зон сибирезвенных захоронений с разработкой проектов.

В рамках данной работы для установления возможности использования земельных участков, в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения, проведены лабораторные исследования 14882 проб почвы по 27 показателям, 162 пробы воды из поверхностных естественных и искусственных водоемов и 44 пробы воздуха на исключение наличия в них возбудителя сибирской язвы *V. anthracis*.

¹ Тамиранов А. В двух шагах от сибирской язвы / *Fatamiranov.livejournal.com.352611.htm*.

² Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

³ Федеральный закон от 03.08.2018 N 342-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁴ Приложение № 1 к Методическим рекомендациям МР 3.1.0232-21 «Определение эпидемиологической опасности почвенных очагов сибирской язвы» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 1 марта 2021 г.).

⁵ Градостроительный кодекс Российской Федерации ; Постановление Правительства РФ от 3 марта 2018 г. N 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон» ; Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

Материалы и методы

В основу исследований легли методические рекомендации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, которые унифицируют подходы к оценке опасности почвенных очагов сибирской язвы в стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктах и используются при планировании агромелиоративных, строительных, изыскательских и других видов работ, связанных с выемкой и перемещением грунта, для обоснования объема профилактических и противоэпидемиологических мероприятий¹.

Исследования проведены в отношении 44 установленных сибирезвенных захоронений, расположенных на территории 16 районов республики.

Объем отбираемых проб объектов окружающей среды с сибирезвенных захоронений и прилегающих к ним территорий определен после предварительной оценки степени опасности почвенных очагов сибирской язвы по критериям «эпизоотолого-эпидемиологическая ситуация» и «характеристика почвенного очага», которые показали «среднюю», «среднюю» и «максимальную» степени опасности соответственно [12]. В среднем по каждому объекту отобрано 338 проб почвы (от 255 до 405 проб). Дополнительно отбиралось по одной пробе воздуха, а также не более 10 проб воды, ила.

Для исключения в пробах воды, почвы и воздуха возбудителя сибирской язвы применялся молекулярно-биологический метод, исследования проведены в лаборатории, аккредитованной на работу с микроорганизмами I–II групп патогенности.

Для оценки качества почв на соответствие гигиеническим нормативам лабораторные исследования проведены с применением бактериологического, микробиологического, энтомологического, паразитологического методов на отсутствие предельно допустимых концентраций или ориентировочно допустимых концентраций химических загрязнений; возбудителей кишечных инфекций, патогенных бактерий, энтеровирусов; возбудителей кишечных паразитарных заболеваний, яиц

¹ Методическим рекомендациям МР 3.1.0232-21 «Определение эпидемиологической опасности почвенных очагов сибирской язвы» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 1 марта 2021 г.).

геогельминтов, цист (ооцист), кишечных патогенных простейших, вызывающих заболевания человека и общие для человека и животных; преимагинальных форм синантропных мух².

При исследовании почвы по физико-химическим показателям определено содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, мышьяка, ртути; уровень содержания 3,4-бензапирена и нефтепродуктов; кислотность (рН) почвы; суммарный показатель загрязнения.

Результаты, обсуждение

В соответствии с протоколами испытаний по результатам лабораторных диагностических исследований проб почвы, воды и воздуха наличие возбудителя сибирской язвы *B. anthracis* в пробах не установлено.

Также исследования показали, что в отобранном для исследования материале (44 пробы почвы) яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших, а также личинки и куколки синантропных мух не обнаружены.

При микробиологическом исследовании почвы на определение ОКБ, в том числе *E. coli*, БГКП, колиморфы, индекс менее одного установлен в 39 пробах, в четырех пробах данный индекс составил 10, в одной пробе – 1000. При определении патогенных бактерий, в том числе сальмонелл методом обогащения, индекс, равный одному, установлен в одной пробе почвы, в оставшихся 43 пробах значение этого индекса составило менее одного. Исследование на определение энтерококков показало в одной пробе почвы индекс, равный 100, в 43 пробах почвы – менее одного.

Результаты химических исследований показали, что содержание тяжелых металлов: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, мышьяка, ртути; уровень содержания 3,4-бензапирена и нефтепродуктов, а также ряд других показателей находится в пределах допустимых уровней.

Так, содержание канцерогенных веществ (бенз(а)пирена) в почве составило во всех пробах

² Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемиологических (профилактических) мероприятий. СанПиН 2.1.3684-21.

менее 0,005 мг/кг при допустимом уровне 0,02 мг/кг; содержание полихлорированных бифенилов в 43 пробах почвы составило менее 0,0005 мг/кг, в одной пробе почвы менее 0,001 мг/кг при допустимом уровне 0,1 мг/кг; уровень содержания пестицидов в почве не превысил 0,001 мг/кг при допустимом уровне 0,1 мг/кг.

При этом уровень содержания в почве таких химических веществ, как аммонийный азот, нефть и нефтепродукты, фенолы летучие, детергенты (АПАВ) и хлор не нормируется.

Результаты проведенных лабораторных исследований по остальным показателям приведены в таблице.

Таблица / Table

Результаты лабораторных исследований почвы по химическим показателям /
Results of laboratory studies of soil by chemical parameters

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн ⁻¹) / Copper, mg/kg (million ⁻¹)	Кадмий, мг/кг (млн ⁻¹) / Cadmium, mg/kg (million ⁻¹)	Ртуть, мг/кг (млн ⁻¹) / Mercury, mg/kg (million ⁻¹)	Никель, мг/кг (млн ⁻¹) / Nickel, mg/kg (million ⁻¹)	Свинец, мг/кг (млн ⁻¹) / Lead, mg/kg (million ⁻¹)	Цинк, мг/кг (млн ⁻¹) / Zinc, mg/kg (million ⁻¹)	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,3 ± 0,9	10,8 ± 4,3	0,227 ± 0,091	0,029 ± 0,013	18,8 ± 7,5	5,2 ± 2,1	47 ± 19	2,1 ± 0,5	54,2 ± 11,6
2	менее 2,5	44 ± 17	0,87 ± 0,35	0,030 ± 0,013	44 ± 18	8,4 ± 3,4	63 ± 25	менее 2,0	79,6 ± 12,7
3	менее 2,5	3,8 ± 1,5	0,138 ± 0,055	0,018 ± 0,008	8,3 ± 3,3	1,38 ± 0,55	11,2 ± 4,5	менее 2,0	19,8 ± 6,9
4	менее 2,5	4,2 ± 1,7	0,095 ± 0,038	0,036 ± 0,016	7,2 ± 2,9	2,02 ± 0,81	17,5 ± 7,0	2,0 ± 0,5	38,0 ± 9,6
5	9,5 ± 0,7	20,5 ± 6,2	0,51 ± 0,15	0,034 ± 0,015	40 ± 12	5,6 ± 1,7	46 ± 11	4,3 ± 0,4	64,1 ± 13,7
6	5,4 ± 0,4	28 ± 11	0,5 ± 0,2	0,044 ± 0,020	46 ± 18	9,9 ± 4,0	53 ± 21	3,8 ± 0,4	81,6 ± 11,6
7	24,4 ± 1,8	16,0 ± 6,4	0,46 ± 0,19	0,036 ± 0,016	40 ± 16	6,9 ± 2,8	37 ± 15	менее 2,0	73,0 ± 14,7
8	менее 2,5	11,1 ± 4,4	0,152 ± 0,061	0,047 ± 0,021	16,4 ± 6,6	4,2 ± 1,7	29 ± 12	4,3 ± 0,4	35,4 ± 7,3
9	5,3 ± 0,4	27 ± 11	0,47 ± 0,19	0,27 ± 0,07	43 ± 17	8,2 ± 3,3	56 ± 22	4,2 ± 0,4	86,1 ± 19,7
10	менее 2,5	3,2 ± 1,3	0,084 ± 0,034	0,016 ± 0,007	7,5 ± 3,0	1,72 ± 0,69	13,3 ± 5,3	2,1 ± 0,5	45,3 ± 9,4
11	менее 2,5	24,3 ± 9,7	0,37 ± 0,15	0,030 ± 0,014	46 ± 18	6,2 ± 2,5	39 ± 16	4,5 ± 0,5	90,0 ± 14,9
12	менее 2,5	32 ± 13	0,54 ± 0,021	0,026 ± 0,012	54 ± 21	7,4 ± 3,0	52 ± 21	5,6 ± 2,2	64,8 ± 11,1
13	3,4 ± 0,7	11,3 ± 4,5	0,37 ± 0,15	0,026 ± 0,012	26 ± 10	4,4 ± 1,7	30 ± 12	2,0 ± 0,5	66,2 ± 11,1
14	9,6 ± 0,7	10,7 ± 4,3	0,237 ± 0,095	0,029 ± 0,013	21,2 ± 8,5	4,9 ± 2,0	27 ± 11	14,0 ± 1,0	87,1 ± 15,7
15	5,2 ± 0,4	25 ± 10	0,47 ± 0,19	0,040 ± 0,018	48 ± 19	6,4 ± 2,6	50 ± 20	3,9 ± 0,4	70,0 ± 12,2

Продолжение табл

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн ⁻¹) / Copper, mg/kg (million ⁻¹)	Кадмий, мг/кг (млн ⁻¹) / Cadmium, mg/kg (million ⁻¹)	Ртуть, мг/кг (млн ⁻¹) / Mercury, mg/kg (million ⁻¹)	Никель, мг/кг (млн ⁻¹) / Nickel, mg/kg (million ⁻¹)	Свинец, мг/кг (млн ⁻¹) / Lead, mg/kg (million ⁻¹)	Цинк, мг/кг (млн ⁻¹) / Zinc, mg/kg (million ⁻¹)	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	4,2 ± 0,8	19,6 ± 7,8	0,37 ± 0,15	0,033 ± 0,015	34 ± 14	7,4 ± 2,9	52 ± 21	менее 2,0	94,4 ± 15,2
17	4,0 ± 0,8	20,1 ± 8,0	0,41 ± 0,16	0,020 ± 0,009	41 ± 17	6,3 ± 2,5	39 ± 16	менее 2,0	66,0 ± 12,4
18	менее 2,5	6,4 ± 2,6	0,119 ± 0,048	0,0059 ± 0,0027	16,9 ± 6,7	1,81 ± 0,73	13,7 ± 5,5	5,7 ± 0,4	38,8 ± 7,7
19	менее 2,5	6,6 ± 2,6	0,157 ± 0,063	0,039 ± 0,018	12,8 ± 5,1	3,4 ± 1,4	23,2 ± 9,3	менее 2,0	56,8 ± 10,2
20	менее 2,5	3,1 ± 1,2	0,096 ± 0,038	0,018 ± 0,008	7,7 ± 3,1	2,26 ± 0,90	13,5 ± 5,4	2,3 ± 0,6	32,2 ± 7,5
21	11,3 ± 0,8	11,8 ± 4,7	0,229 ± 0,092	0,039 ± 0,017	25 ± 10	4,2 ± 1,7	42 ± 17	менее 2,0	45,1 ± 10,5
22	менее 2,5	21,0 ± 8,4	0,34 ± 0,14	0,030 ± 0,013	62 ± 25	3,4 ± 1,4	31 ± 12	21,2 ± 1,6	7,23 ± 2,17
23	3,8 ± 0,8	7,8 ± 3,1	0,216 ± 0,086	0,011 ± 0,005	12,0 ± 4,8	4,4 ± 1,7	25 ± 10	2,1 ± 0,5	43,7 ± 9,7
24	менее 2,5	13,4 ± 5,3	0,244 ± 0,098	0,040 ± 0,018	29 ± 12	6,5 ± 2,6	33 ± 13	2,3 ± 0,6	69,3 ± 11,7
25	менее 2,5	5,0 ± 2,0	0,096 ± 0,038	0,022 ± 0,010	9,7 ± 3,9	2,14 ± 0,86	13,9 ± 5,6	менее 2,0	61,3 ± 9,5
26	18,1 ± 1,4	5,9 ± 2,4	0,143 ± 0,057	0,032 ± 0,014	15,3 ± 6,1	4,2 ± 1,7	20,5 ± 8,2	3,8 ± 0,4	83,4 ± 13,6
27	менее 2,5	10,6 ± 4,2	0,185 ± 0,074	0,015 ± 0,007	20,3 ± 8,1	2,6 ± 1,0	21,2 ± 8,5	9,1 ± 0,7	47,3 ± 9,6
28	менее 2,5	14,5 ± 5,8	0,44 ± 0,18	0,043 ± 0,019	25 ± 10	7,7 ± 3,1	38 ± 15	менее 2,0	90,7 ± 14,7
29	менее 2,5	20,9 ± 8,3	0,34 ± 0,14	0,048 ± 0,021	30 ± 12	5,2 ± 2,1	42 ± 17	10,0 ± 0,7	80,5 ± 12,3
30	4,5 ± 0,9	5,6 ± 2,2	0,172 ± 0,069	0,017 ± 0,008	15,0 ± 6,0	3,6 ± 1,4	28 ± 11	2,2 ± 0,6	42,7 ± 8,8
31	менее 2,5	8,9 ± 3,6	0,147 ± 0,059	0,013 ± 0,006	16,4 ± 6,6	2,29 ± 0,92	18,7 ± 7,5	4,4 ± 0,4	53,0 ± 11,3
32	4,8 ± 1,0	13,0 ± 5,2	0,26 ± 0,10	0,037 ± 0,016	33 ± 13	7,2 ± 2,9	34 ± 13	3,7 ± 0,4	90,4 ± 14,9
33	21,7 ± 1,6	25 ± 10	0,42 ± 0,17	0,051 ± 0,023	66 ± 26	8,4 ± 3,4	48 ± 19	менее 2,0	58,1 ± 8,7
34	9,8 ± 0,7	11,6 ± 4,7	0,239 ± 0,096	0,031 ± 0,014	25 ± 10	4,6 ± 1,8	27 ± 11	14,7 ± 1,1	65,5 ± 11,6

Окончание табл.

№ исследуемого объекта / No. of the object under study	Показатель, единица измерения / Indicator, unit of measurement								
	Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	Медь, мг/кг (млн ⁻¹) / Copper, mg/kg (million ⁻¹)	Кадмий, мг/кг (млн ⁻¹) / Cadmium, mg/kg (million ⁻¹)	Ртуть, мг/кг (млн ⁻¹) / Mercury, mg/kg (million ⁻¹)	Никель, мг/кг (млн ⁻¹) / Nickel, mg/kg (million ⁻¹)	Свинец, мг/кг (млн ⁻¹) / Lead, mg/kg (million ⁻¹)	Цинк, мг/кг (млн ⁻¹) / Zinc, mg/kg (million ⁻¹)	Сернистые соединения, мг/кг / Sulfur compounds, mg/kg	Радиоактивные вещества, Бк/кг / Radioactive substances, Bq/kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	менее 2,5	15,3 ± 6,1	0,33 ± 0,13	0,033 ± 0,015	68 ± 27	4,3 ± 1,7	36 ± 14	19,0 ± 1,4	64,1 ± 12,3
36	22,0 ± 1,7	4,4 ± 1,7	0,124 ± 0,050	0,013 ± 0,006	13,9 ± 5,6	3,3 ± 1,3	19,0 ± 7,6	менее 2,0	48,2 ± 9,8
37	менее 2,5	20,3 ± 8,1	0,35 ± 0,14	0,027 ± 0,012	39 ± 16	6,9 ± 2,8	43 ± 17	9,4 ± 0,7	112,6 ± 17,6
38	22,1 ± 1,7	12,5 ± 5,0	0,247 ± 0,099	0,036 ± 0,016	27 ± 11	6,5 ± 2,6	39 ± 16	менее 2,0	84,3 ± 15,0
39	менее 2,5	28 ± 11	0,41 ± 0,17	0,033 ± 0,015	54 ± 21	5,7 ± 2,3	42 ± 17	4,0 ± 0,4	53,2 ± 12,7
40	22,2 ± 1,7	10,8 ± 4,3	0,26 ± 0,010	0,049 ± 0,022	26 ± 10	5,3 ± 2,1	35 ± 14	менее 2,0	74,1 ± 13,9
41	менее 2,5	10,8 ± 4,3	0,227 ± 0,091	0,029 ± 0,013	18,8 ± 7,5	5,2 ± 2,1	47 ± 19	4,7 ± 0,5	79,4 ± 12,1
42	менее 2,5	12,1 ± 4,8	0,36 ± 0,15	0,028 ± 0,013	22,4 ± 9,0	5,9 ± 2,4	34 ± 14	2,3 ± 0,6	68,6 ± 12,4
43	менее 2,5	13,9 ± 5,6	0,26 ± 0,11	0,032 ± 0,015	28 ± 11	3,6 ± 1,4	26 ± 10	20,3 ± 1,5	85,2 ± 12,5
44	менее 2,5	23,9 ± 9,5	0,48 ± 0,19	0,047 ± 0,021	53 ± 21	7,9 ± 3,1	53 ± 21	2,0 ± 0,5	67,1 ± 11,4

Заклучение

Использование почв в зависимости от степени их химического, бактериологического, паразитологического и энтомологического загрязнения должно осуществляться в соответствии с санитарными правилами и гигиеническими нормативами.

По предварительной оценке санитарно-эпидемиологического состояния почв территорий, освобождаемых в результате сокращения размеров санитарно-защитных зон сибиреязвенных захоронений в Удмуртской Республике на соответствие гигиеническим нормативам по химическим, микробиологическим, паразитологическим и энтомологическим показателям, установлено, что исследованные показатели не превышают допустимых уровней.

Следует также отметить, что невозможно точно определить эффективность дезинфекционных мероприятий на территории почвенного очага сибирской язвы, так как, по данным исследователей, возможность обнаружения *B. anthracis* и выделения ее из почвы составляет не более 1,5 % [4; 1]. В связи с этим все существующие сибиреязвенные захоронения обладают потенциальной опасностью в большей или меньшей степени [5; 1].

Кроме того, существует ряд качественных характеристик почвы, способствующих сохранению его жизнеспособности, такие как теплообеспеченность, мощность гумусового горизонта, коэффициент увлажнения, кислотность, которые подлежат детальному изучению в разрезе районов Удмуртской Республики.

1. Особенности природной очаговости сибирской язвы и экологии *Bacillus anthracis* / А. П. Родионов, Е. А. Артемьева, Л. А. Мельникова, М. А. Косарев, С. В. Иванова // Ветеринария сегодня. 2021. Т. 2. № 37. С. 151–158. DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158>
2. Влияние некоторых факторов почвы сибирезвонного скотомогильника на свойства возбудителя сибирской язвы / Л. И. Маринин, Е. А. Тюрин, Н. А. Шишкова [и др.] // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): матер. XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах (г. Уфа, 01–15 мая 2022 г.). Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. Том 2. С. 52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dedoww&ysclid=lq28bshn8y110981612> (дата обращения: 19.10.2023).
3. Научное обоснование размеров санитарно-защитных зон сибирезвонных захоронений на основе комплексной оценки риска / С. А. Картавая, Е. Г. Симонова, М. Н. Локтионова, О. А. Колганова и др. // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 7. С. 601–606. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnoe-obosnovanie-razmerov-sanitarno-zaschitnyh-zon-sibireyazvennyh-zahoroneniya-na-osnove-kompleksnoy-otsenki-riska?ysclid=lq2glgejq24989015> (дата обращения: 16.10.2023).
4. Эпидемиологическая опасность сибирезвонных захоронений: теоретико-методологические аспекты / Е. Г. Симонова, С. А. Картавая, М. Н. Локтионова, В. И. Ладный // Медицина в Кузбассе. 2013. Т. 12. № 2. С. 26–31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskaya-opasnost-sibireyazvennyh-zahoroneniya-teoretiko-metodologicheskije-aspekty?ysclid=lq2he5eadm320912340> (дата обращения: 13.10.2023).
5. Дугаржапова З. Ф., Родзиковский А. В., Чеснокова М. В. Эпидемиологический надзор за сибирской язвой на территории строительства крупных промышленных объектов с использованием ГИС-технологий // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. 2010. № 17. С. 216–219. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18379625&ysclid=lq2hluaqu3517648745> (дата обращения: 15.10.2023).
6. Hugh-Jones M., Blackburn J. The ecology of *Bacillus anthracis* // Mol. Aspects Med. 2009. Vol. 30. No. 6. Pp. 356–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2009.08.003>
7. Шестакова И. В. Сибирская язва ошибок не прощает: оценка информации после вспышки на Ямале летом 2016 года // Журнал инфектологии. 2016. Том 8. № 3. С. 8. URL: <https://journal.niidi.ru/jofin/article/view/501> (дата обращения: 15.10.2023).
8. Iglovsky S. A., Kriauciunas V. V. Anthrax cattle burials as a potential threat caused by changes in cryolite zones in the northern European part of Russia. Health Risk Analysis. 2021. No. 1. Pp. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.11.eng>
9. Сибирская язва в азиатской части Российской Федерации. Сообщение 1. Исторические сведения о распространении болезни в Сибири и на Дальнем Востоке / З. Ф. Дугаржапова, М. В. Чеснокова, Э. Г. Гольдапель, С. А. Косилко, и др. // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. № 1. С. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-54-58>
10. Муминов А. А., Назарова О. Д. Угрозы сибирезвонных захоронений для экологической безопасности Таджикистана и меры их предупреждения // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 65–74. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74>
11. Лухнова Л. Ю., Ерубав Т. К., Избанова У. А., Мека-Меченко Т. В., и др. Сибирская язва в Восточно-Казахстанской области // Acta biomedica scientifica. 2019. Т. 4. № 5. С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.5.20>
12. Трудолюбова О. В., Крысенко Ю. Г., Иванов И. С. Оценка безопасности почвенных очагов сибирской язвы на территории Удмуртской Республики // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: матер. международной научно-практической конференции (г. Йошкар-Ола, 23–24 марта 2023 г.). Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2023. Вып. XXV. С. 737–739. URL: <https://elibrary.ru/mfbvyf?ysclid=lq2jj047iq292560682> (дата обращения: 15.10.2023).

Статья поступила в редакцию 23.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 23.11.2023 г.; принята к публикации 27.11.2023 г.

Об авторах

Трудолюбова Ольга Васильевна

начальник управления обеспечения биологической безопасности, мониторинга, экспортно-импортных операций, Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики (426011, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, д. 120), аспирант, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2719-8955>, olgatrudolubova862404@gmail.com

Крысенко Юрий Гаврилович

доктор ветеринарных наук, профессор, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>, krysenkoju2010@yandex.ru

Иванов Иван Семенович

кандидат биологических наук, доцент, Удмуртский государственный аграрный университет (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-1938>, ivanovis76@mail.ru

Габдрахманов Роман Фиюсович

начальник, Главное управление ветеринарии Удмуртской Республики (426011, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, д. 120), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4568-5730>, gabdrahmanov_rf@guv.udmr.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Rodionov A. P., Artemeva E. A., Melnikova L. A., Kosarev M. A., Ivanova S. V. Osobnosti prirodnoi ochagovosti sibirskoi yazvy i ekologii *Bacillus anthracis* [Features of anthrax natural foci and *Bacillus anthracis* ecology]. *Veterinariya segodnya* = Veterinary Science Today, 2021, vol. 2, no. 37, pp. 151–158. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158>
2. Marinin L. I., Tyurin E. A., Shishkova N. A., Mokrievich A. N., Dyatlov I. A. Vliyanie nekotorykh faktorov pochvy sibireyazvennogo skotomogil'nika na svoistva vozбудitelya sibirskoi yazvy [The influence of some factors of the soil of the anthrax cattle burial ground on the properties of the causative agent of anthrax]. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (Ekologiya-2022): mater. XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii. V 2-kh tomakh (g. Ufa, 01–15 maya 2022 g.)* = Science, education, production in solving environmental problems (Ecology-2022): Proceedings of the XVIII International scientific and technical conference (Ufa, May 01–15, 2022). In 2 volumes, Ufa, Publ. house of Ufa State Aviation Technical University, 2022, vol. 2, p. 52. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dedoww&ysclid=lq28bshn8y110981612> (accessed 19.10.2023). (In Russ.).
3. Kartavaya S. A., Simonova E. G., Loktionova M. N., Kolganova O. A. et al. Nauchnoe obosnovanie razmerov sanitarno-zashchitnykh zon sibireyazvennykh zakhoroneni na osnove kompleksnoi otsenki riska [Scientific substantiation of sizes of sanitary protection zones of anthrax burial sites based on the comprehensive evaluation of risk factors]. *Gigiena i sanitariya* = Hygiene and Sanitation, 2016, vol. 95, no. 7, pp. 601–606. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnoe-obosnovanie-razmerov-sanitarno-zaschitnykh-zon-sibireyazvennykh-zakhoroneni-na-osnove-kompleksnoy-otsenki-riska?ysclid=lq2glgejq24989015> (accessed 16.10.2023). (In Russ.).
4. Simonova E. G., Kartavaya S. A., Loktionova M. N., Ladnyi V. I. Epidemiologicheskaya opasnost' sibireyazvennykh zakhoroneni: teoretiko-metodologicheskie aspekty [Epidemiological hazard of anthrax animal burials: theoretical and methodological aspects]. *Meditsina v Kuzbasse* = Medicine in Kuzbass, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 26–31. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskaya-opasnost-sibireyazvennykh-zakhoroneni-teoretiko-metodologicheskie-aspekty?ysclid=lq2he5eadm320912340> (accessed 13.10.2023). (In Russ.).
5. Dugarzhapova Z. F., Rodzikovsky A. V., Chesnokova M. V. Epidemiologicheskii nadzor za sibirskoi yazvoi na territorii stroitel'stva krupnykh promyshlennykh ob'ektov s ispol'zovaniem GIS-tehnologii [Epidemiological surveillance for anthrax using GIS-technologies at the territory of large industrial project constructions]. *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii* = Far Eastern Journal of Analytical Psychology, 2010, no. 17, pp. 216–219. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18379625&ysclid=lq2hluqu3517648745> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
6. Hugh-Jones M., Blackburn J. The ecology of *Bacillus anthracis*. *Mol. Aspects Med*, 2009, vol. 30, no. 6, pp. 356–367. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2009.08.003>
7. Shestakova I. V. Sibirskaya yazva oshibok ne proshchaet: Otsenka informatsii posle vspyshki na Yamale letom 2016 goda [Anthrax does not forgive mistakes: the information assessment following the Yamal peninsula outbreak in the summer of 2016]. *Zhurnal infektologii* = Journal Infectology, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 5–27. Available at: <https://journal.niidi.ru/jofin/article/view/501> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).
8. Iglovsky S. A., Kriauciunas V. V. Anthrax cattle burials as a potential threat caused by changes in cryolite zones in the northern European part of Russia. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 108–114. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.11.eng>
9. Dugarzhapova Z. F., Chesnokova M. V., Goldapel E. G., Kosilko S. A. et al. Sibirskaya yazva v aziatskoi chasti Rossiiskoi Federatsii. Soobshchenie 1. Istoricheskie svedeniya o rasprostraneni bolezni v Sibiri i na Dal'nem Vostoke [Anthrax in the Asian part of the Russian Federation. Communication 1. Historical remarks on the spread of the disease in Siberia and Far East]. *Problemy osobo opasnykh infektsiy* = Problems of Particularly Dangerous Infections, 2017, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.). DOI: [10.21055/0370-1069-2017-1-54-58](https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-54-58)
10. Muminov A. A., Nazarova O. D. Ugrozy sibireyazvennykh zakhoroneni dlya ekologicheskoi bezopasnosti Tadzhikistana i mery ikh preduprezhdeniya [Threats of anthrax burials on the environmental safety of Tajikistan and their prevention measures]. *Agrarnyi vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals, 2020, no. 7 (198), pp. 65–74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74>

11. Lukhnova L. Yu., Erubaev T. K., Izbanova U. A., Meka-Mechenko T. V. et al. Sibirskaya yazva v Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti [Anthrax in the East Kazakhstan Region]. *Acta Biomedica Scientifica*, 2019, vol. 4, no. 5, pp. 127–134. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.5.20>

12. Trudolyubova O. V., Krysenko Yu. G., Ivanov I. S. Otsenka bezopasnosti pochvennykh ochagov sibirskoi yazvy na territorii Udmurtskoi Respubliki [Assessment of the safety of soil foci of anthrax on the territory of the Udmurt Republic]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktii sel'skogo khozyaystva* = Current issues with amazing technologies for production and processing of agricultural products: materials of the International scientific and practical conference (Yoshkar-Ola, March 23–24, 2023), Yoshkar-Ola, Publ. house of the Mari State University, 2023, issue XXV, pp. 737–739. Available at: <https://elibrary.ru/mfbvyf?ysclid=lq2jj047iq292560682> (accessed 15.10.2023). (In Russ.).

The article was submitted 23.10.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 27.11.2023.

About the authors

Olga V. Trudolyubova

Head of the Department of Biological Safety, Monitoring, Export-Import Operations, Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic (120 Vadim Sivkov St., Izhevsk 426011, Russian Federation), Postgraduate student, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2719-8955>, olgatrudolubova862404@gmail.com

Yuri G. Krysenko

Dr. Sci. (Veterinary), Professor, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-1454>, krysenkoyu2010@yandex.ru

Ivan S. Ivanov

Ph. D. (Biology), Associate Professor, Udmurt State Agricultural University (11 Studencheskaya St., Izhevsk 426069, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3521-1938>, ivanovis76@mail.ru

Roman F. Gabdrakhmanov

Head of the Main Directorate of Veterinary Medicine of the Udmurt Republic (120 Vadim Sivkov St., Izhevsk 426011, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4568-5730>, gabdrakhmanov_rf@guv.udmr.ru

All authors have read and approved the final manuscript.



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ECONOMICS

УДК 330.4

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-433-442

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОТИРОВОК ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М. В. Казаковцева, Е. В. Конакова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Важным аспектом для инвесторов и трейдеров являются точные прогнозы, имеющие огромное значение для принятия решений о покупке, продаже или держании акций, а также для определения оптимальной стратегии инвестирования и управления рисками. На сегодняшний день нейронные сети и методы машинного обучения становятся все более популярными и эффективными в различных областях, включая прогнозирование. Одним из важнейших направлений практического использования нейронных сетей являются задачи прогнозирования, а именно задачи прогнозирования временных рядов на фондовом рынке, предсказание курса валют, построение прогноза потребления электроэнергии, прогнозирование платежеспособности кредиторов, нагрузок энергетических систем и пр. Нейронные сети могут применяться для решения практически любого рода задач, в том числе и при отсутствии явной математической модели или недостатке данных для эффективного применения статистических методов. В работе рассматривается применение метода экспоненциального сглаживания и нейронных сетей в задачах прогнозирования. **Цель работы заключается** в изучении и оценке эффективности метода экспоненциального сглаживания и нейронных сетей для прогнозирования временных рядов на примере котировок акций компании «ФосАгро». **Материалы и методы.** В работе использован метод экспоненциального сглаживания для предварительного прогнозирования исторических данных, а также для улучшения точности прогнозирования применены нейронные сети. **Результаты исследования, обсуждения.** Экспоненциальное сглаживание и нейронных сетей приводит к улучшению точности прогнозирования для котировок акций компании «ФосАгро». **Заключение.** Применение экспоненциального сглаживания и нейронных сетей в задачах прогнозирования может помочь улучшить точность прогнозов котировок акций и других финансовых временных рядов.

Ключевые слова: экспоненциальное сглаживание, нейронные сети, прогнозирование, временной ряд, модель, сеть

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Казаковцева М. В., Конакова Е. В. Прогнозирование котировок финансовых инструментов с помощью нейронных сетей // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 433–442. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-433-442>

FORECASTING FINANCIAL INSTRUMENT QUOTATIONS USING NEURAL NETWORKS

M. V. Kazakovtseva, E. V. Konakova

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. An important aspect for investors and traders is accurate forecasts, which are of great importance for making decisions about buying, selling or holding shares, as well as for determining the optimal

investment strategy and risk management. To date, neural networks and machine learning techniques have become increasingly popular and effective in a variety of fields, including forecasting. One of the most important areas of practical use of neural networks are forecasting tasks, namely, forecasting time series on the stock market, predicting the exchange rate, building a forecast of electricity consumption, predicting the solvency of creditors, loads of energy systems, etc. Neural networks can be used to solve almost any kind of problem, including in the absence of an obvious mathematical model or a lack of data for the effective use of statistical methods. The paper discusses the use of the exponential smoothing method and neural networks in forecasting problems. **The purpose** of the work is to study and evaluate the effectiveness of the exponential smoothing method and neural networks for forecasting time series using the example of PhosAgro stock quotes. **Materials and methods.** The method of exponential smoothing is used for preliminary prediction of historical data, and neural networks are used to improve the forecasting accuracy. **Research results, discussion.** Exponential smoothing and neural networks lead to improved forecasting accuracy for PhosAgro stock quotes. **Conclusion.** Applying exponential smoothing and neural networks to forecasting tasks can help improve the accuracy of stock price forecasts and other financial time series.

Keywords: exponential smoothing, neural networks, forecasting, time series, model, network

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Kazakovtseva M. V., Konakova E. V. Forecasting financial instrument quotations using neural networks. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 433–442. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-433-442>

Введение

Существенную роль в различных областях, таких как финансы, экономика, климатология и другие, играет прогнозирование временных рядов. Прогнозирование – это процесс предсказания будущих значений на основе исторических данных. Точные прогнозы позволяют принимать обоснованные решения, оптимизировать стратегии и управлять рисками. В последние годы нейронные сети и методы машинного обучения получили распространение в прогнозировании временных рядов [4]. Однако в определенных случаях, таких как ограниченность данных или сложные структуры временного ряда, применение исключительно нейронных сетей может быть недостаточно [3]. В таких ситуациях применение различных подходов может помочь достичь более точных и надежных прогнозов [2].

Нетривиальной задачей является прогноз поведения сложных динамических систем. Как правило, такой прогноз основывается на обнаружении скрытых закономерностей в накопленных данных. Коллективная психология участников торгов имеет непосредственное влияние на формирование биржевой цены, усложняя данный процесс, зато имеются накопленные данные в виде финансового временного ряда.

Актуальность данной работы заключается в использовании нейронных сетей для решения трудноформализуемой задачи прогнозирования

финансовых временных рядов, а также важностью получения качественных прогнозов основных финансовых индикаторов в условиях рыночной экономики [1].

В данной работе для решения задачи прогнозирования финансовых временных рядов рассмотрены нейросетевые методы, которые отличаются от других моделей своей способностью устанавливать нелинейные связи между будущими и фактически значениями и хорошей масштабируемостью.

Цель исследования – изучение и оценка эффективности метода экспоненциального сглаживания и нейронных сетей для прогнозирования временных рядов на примере котировок акций компании «ФосАгро».

Материалы и методы исследования

Для проведения анализа использован метод экспоненциального сглаживания и нейронные сети с применением программного пакета Statistica [8]. Экспоненциальное сглаживание помогает улавливать общие тенденции и сезонные колебания, тогда как нейронная сеть может изучить сложные паттерны, которые могут быть недоступны для экспоненциального сглаживания¹. Применение данных методов рассмотрены во многих исследованиях [6].

¹ Нейронные сети. Statistica Neural Networks: Пер. с англ. М. : Горячая линия – Телеком, 2000. 182 с.

Результаты исследования, обсуждения

Выявление и анализ тенденции динамического ряда часто производится с помощью его выравнивания или сглаживания. Экспоненциальное сглаживание – один из простейших и распространенных приемов выравнивания ряда. В его основе лежит расчет экспоненциальных средних [5].

Главное достоинство прогнозной модели, основанной на экспоненциальных средних, состоит в том, что она способна последовательно адаптироваться к новому уровню процесса без значительного реагирования на случайные отклонения. Предполагая, что в исследуемых данных присутствует демпфированный возрастающий тренд и сезонная аддитивная составляющая, период сезонных колебаний равен 4. Следовательно, ряд не

стационарен. Признаком стационарности можно считать нормальность распределения остатков данного временного ряда.

Гистограмма распределения остатков исходного ряда не подчиняется графику нормального распределения (рис. 1). Следовательно, можно предположить, что исходный ряд не является стационарным, и на данном этапе анализа необходимо привести временной ряд к стационарному виду.

С помощью экспоненциального сглаживания по модели демпфированного тренда и аддитивной сезонности с параметрами Альфа = 0,629, Дельта = 0,000, Фи = 0,189 построен прогноз с 1 января 2023 г. по 10 января 2023 г. включительно, проанализированы стандартные ошибки построенной модели (рис. 2).

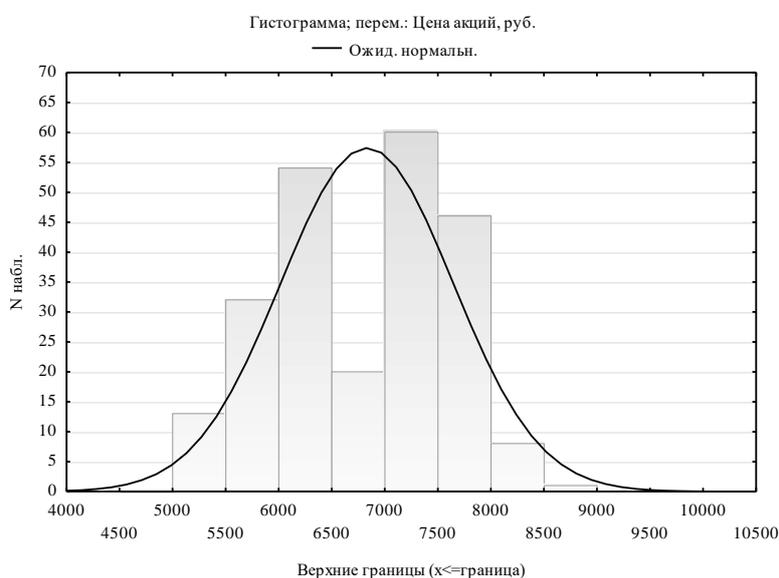


Рис. 1. Гистограмма распределения остатков исходного временного ряда /
Fig. 1. Histogram of the distribution of residues of the original time series

	Эксп. сглажив.: Аддитивн. сезон. (4) $S_0=5797$, $T_0=11,02$ (Данные ФосАгро.sta) Демпф. тренда, адд. сезон.; Альфа= ,629 Дельта=0,00 Фи=,189 Цена акций, руб.
Итоговая ошибка	Ошибка
Средн. ош.	2,4663730
Ср. абсол. ошибка	134,7405322
Суммы квадратов	11502511,9141264
Ср. квадрат	49156,0338211
Средн. относ. ошибка	-0,0066328
Ср. абс. отн. ошибка	1,9551821

Рис. 2. Стандартные ошибки построенной модели /
Fig. 2. Standard errors of the constructed model

В рассмотренном случае, процент средней абсолютной ошибки составляет 1,95 %, что меньше

13 %, это говорит о достаточной точности предложенной модели.

Сглаженные значения ряда повторяют контуры наблюдаемого временного ряда, поскольку значения прогнозной линии достаточно близки по структуре к динамике исходного временного ряда, что позволяет сделать вывод об адекватности построенного прогноза реальным данным [7].

Гистограмма распределения остатков сглаженного ряда подобна графику нормального рас-

пределения, что свидетельствует об адекватности отражения наблюдаемого процесса динамики стоимости акции, и построенный на ее основе прогноз можно считать точным (рис. 3).

Для проверки адекватности выбранной модели необходимо оценить независимость распределения остатков друг от друга с помощью автокорреляции функции, частной автокорреляции и плотности распределения остатков.

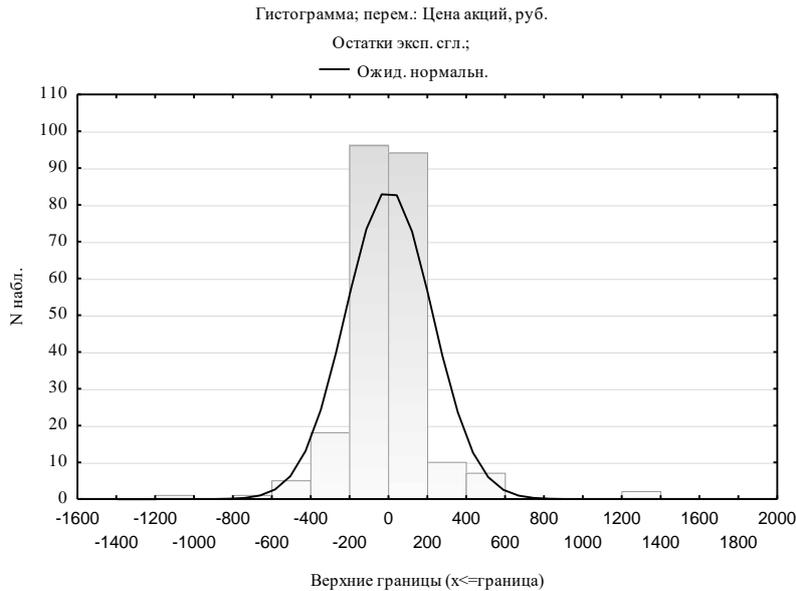


Рис. 3. Гистограмма распределения остатков сглаженного ряда /
 Fig. 3. Histogram of distribution of smoothed series residues

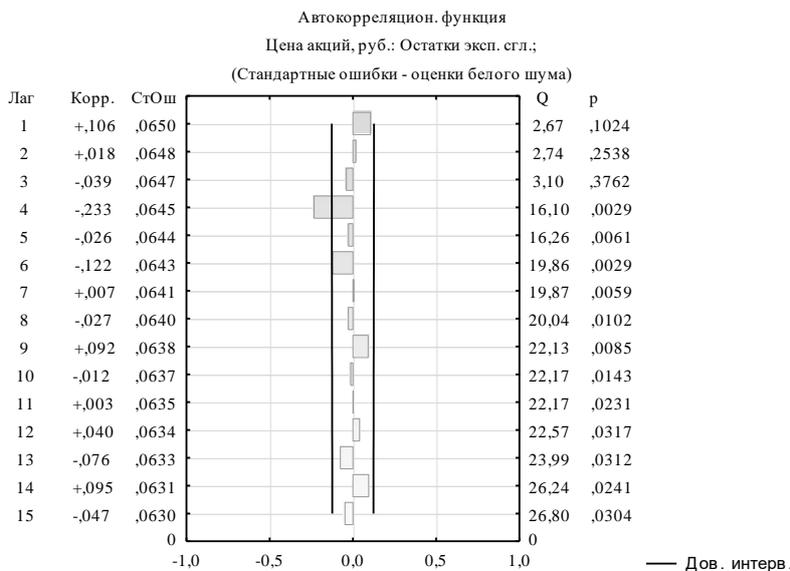


Рис. 4. График автокорреляционной функции остатков /
 Fig. 4. Autocorrelation plot of residues

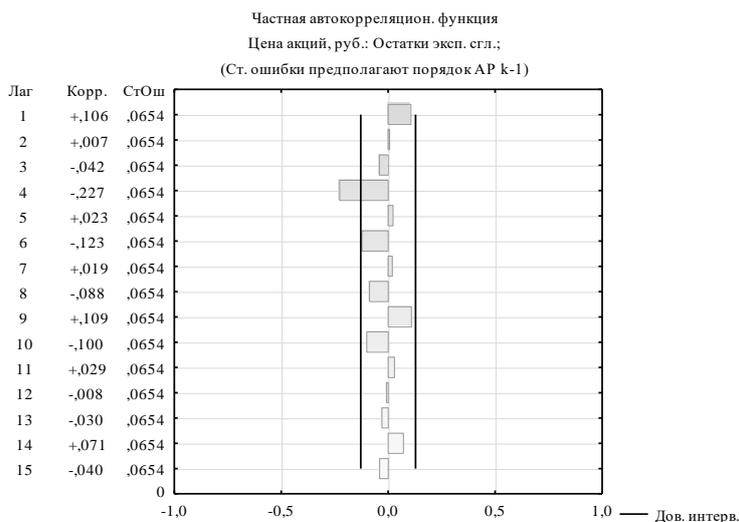


Рис. 5. График частной автокорреляционной функции остатков /
Fig. 5. Partial autocorrelation plot of residues

Анализ автокорреляции показывает отсутствие сильных взаимосвязей уровней остаточного ряда, так же как и анализ частной автокорреляционной функции (рис. 4 и 5).

Так как процент ошибки равен 1,95 %, что меньше допустимого равного 13 %, анализ автокорреляционной и частной автокорреляционной функции доказывает отсутствие сильных взаимосвязей уровней остаточного ряда, плотность распределения остатков близка к плотности нормального распределения, то можно сказать о хорошем выборе подбора прогнозной модели. Следовательно, используя полученную модель, можно строить прогноз.

Комбинирование экспоненциального сглаживания и нейронных сетей в задачах прогнозирования позволяет применить преимущества обоих методов. Экспоненциальное сглаживание учиты-

вает последние изменения и тренды в данных, а нейронные сети способны выявить более сложные зависимости и предсказывать наиболее точные результаты [9].

В построении нейронных сетей участвуют 991 значение цен закрытия акций ФосАгро, из которых 70 % значений используется для обучающей выборки, остальные 30 % составляют контрольную выборку. На вход подана выборка из 10 значений. Из 20 обученных сетей программа предложила 5 наилучших для сохранения и последующего анализа (рис. 6).

Наилучшими она признала их ввиду того, что они имели наибольшую производительность на обучающей и контрольной выборке. Также выбор наилучшей сети основывается на нормальности распределения остатков сетей и прогнозировании исходного ряда.

Итоги моделей (Таблица данных) Включенные наблюдения: 1:981									
N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность.	Ошибка обучения	Контр. ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
1	MLP 10-8-1	0,999045	0,997075	3011,654	10127,56	BFGS 176	Сум. квадр.	Гиперб.	Тождеств.
2	MLP 10-3-1	0,998505	0,996849	4743,450	10945,84	BFGS 30	Сум. квадр.	Гиперб.	Тождеств.
3	MLP 10-2-1	0,998528	0,996843	4661,668	11119,73	BFGS 48	Сум. квадр.	Логист.	Тождеств.
4	MLP 10-2-1	0,998477	0,996850	4829,543	11074,97	BFGS 43	Сум. квадр.	Логист.	Тождеств.
5	MLP 10-2-1	0,998470	0,996869	4846,501	10998,01	BFGS 32	Сум. квадр.	Гиперб.	Тождеств.

Рис. 6. Итоги модели / Fig. 6. Model results

Из диаграммы рассеивания (рис. 7) видно, что точки находятся на прямой. Сильных выбросов не наблюдается. Это говорит о хорошем качестве построенных моделей нейронных сетей.

По результатам сравнения проекций временного ряда наилучшей признана сеть следующей архитектуры: MLP 10-3-1 с гиперболической функцией активации для скрытых нейронов

(рис. 8). Данная сеть содержит 3 нейрона в скрытом слое, 10 входов и один выход.

Об адекватности построенной модели свидетельствует нормальность распределения остатков и точность описания реальных данных (рис. 9).

Для всех сетей, построенных аналогично представленным выше, ошибка прогноза на прогнозных значениях компании варьируется от 0,14 % до 0,42 %, что говорит о хорошем качестве прогнозирования.

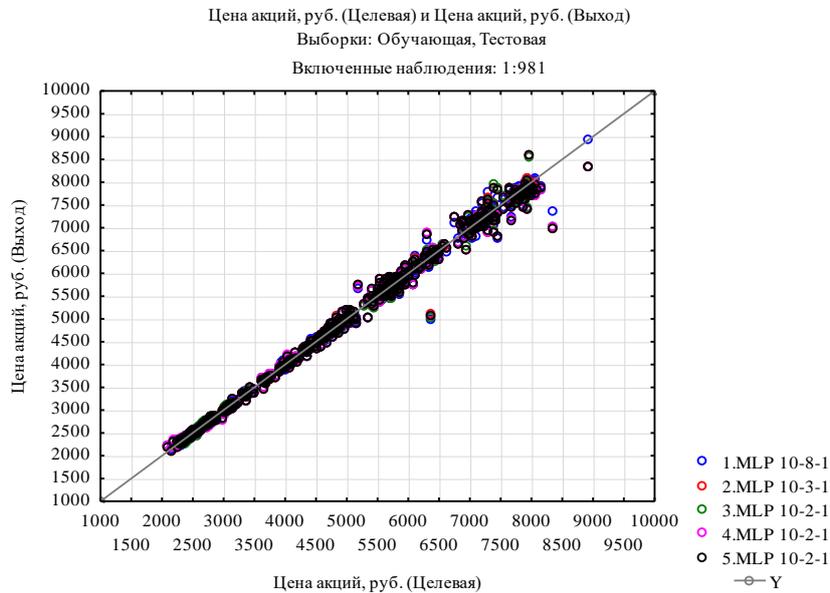


Рис. 7. Диаграмма рассеивания для большей выборки /
 Fig. 7. Scattering chart for a larger sample

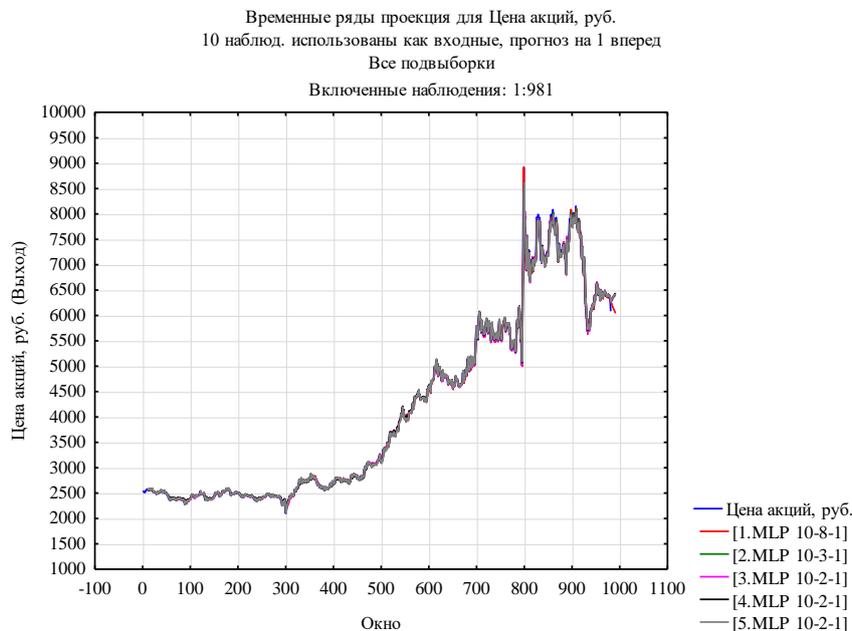


Рис. 8. График проекции временного ряда /
 Fig. 8. Time series projection plot

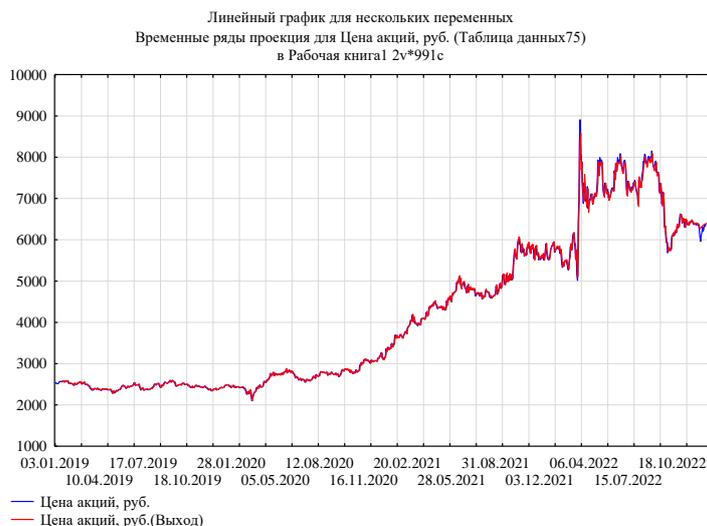


Рис. 9. Описание реальных данных сетью MLP 10-3-1 /
Fig. 9. Description of real data by MLP network 10-3-1

На следующем шаге был построен прогноз с 1 января 2023 года по 10 января 2023 года по выбранным моделям для малой и большей выборки.

Прогнозные значения сети практически повторяют динамику временного ряда, что позволя-

ет сказать о достаточной точности выбранных моделей (рис. 10).

На завершающем этапе проведен сравнительный анализ наилучших моделей для прогнозирования временного ряда (табл. 1).

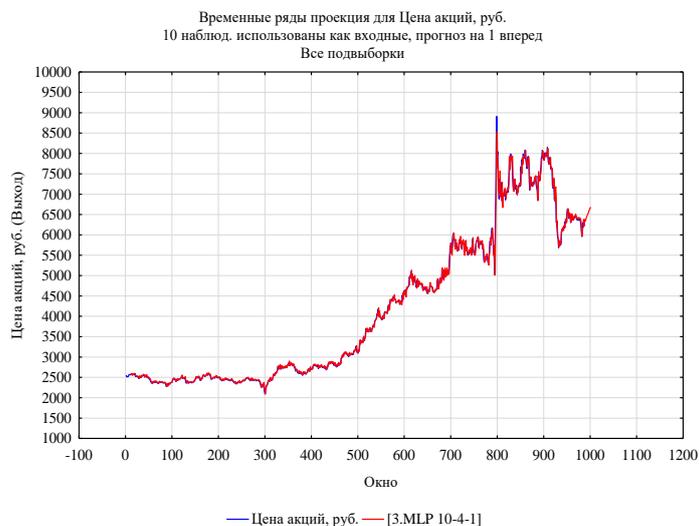


Рис. 10. График временного ряда и прогноза стоимости акций компании ФосАгро /
Fig. 10. Schedule of time series and forecast of PhosAgro shares value

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная таблица наилучших моделей / Best models comparison table

Дата / Date	Модель / Model	
	Экспоненциальное сглаживание / Exponential smoothing	Модель MLP 10-3-1, нейронные сети / Model MLP 10-3-1, neural networks
1	2	3
01.01.2023	6410,013	6419,385
02.01.2023	6441,755	6455,183

Окончание табл. 1

Дата / Date	Модель / Model	
	Экспоненциальное сглаживание / Exponential smoothing	Модель MLP 10-3-1, нейронные сети / Model MLP 10-3-1, neural networks
1	2	3
03.01.2023	6429,015	6486,074
04.01.2023	6395,008	6508,212
05.01.2023	6411,935	6536,146
06.01.2023	6442,118	6572,815
07.01.2023	6429,084	6597,898
08.01.2023	6395,021	6628,388
09.01.2023	6411,937	6656,209
10.01.2023	6442,118	6684,714

Исходя из вышерассмотренных моделей для прогнозирования цен закрытия акций компании ФосАгро, наилучшим по прогнозным значениям следует выделить модель MLP 10-3-1 для большей выборки, построенной по нейронной сети, так как она с наибольшей точностью описывает данный временной ряд.

Заключение

Сравнение результатов позволяет определить эффективность использования экспоненциального сглаживания и нейронных сетей в данной ра-

боте [9]. Для достижения наилучших результатов необходимо учитывать следующие факторы: качество данных, выбор модели и архитектуры, обучение и настройка модели, оценка и проверка модели. В целом применение нейронных сетей и экспоненциального сглаживания в задачах прогнозирования способствует улучшению точности прогнозов котировок акций и других финансовых временных рядов, а принятие решений на основе этих прогнозов становится более информированным и основанным на надежных данных [10].

1. Алжеев А. В., Кочкарков Р. А. Сравнительный анализ прогнозных моделей ARIMA и LSTM на примере акций российских компаний // *Финансы: теория и практика*. 2020. Т. 24. № 1. С. 14–23. DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2020-24-1-14-23>

2. Андриянов Н. А. Обзор методов прогнозирования временных рядов // *Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем*. 2018. № 11. С. 147–151. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36648031> (дата обращения: 05.11.2023).

3. Барбашова Е. В., Гайдамакина И. В., Польшакова Н. В. Прогнозирование в коротких временных рядах: методологические и методические аспекты // *Вестник ОперГАУ*. 2020. № 2 (83). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-v-korotkih-vremennyh-ryadah-metodologicheskie-i-metodicheskie-aspekty> (дата обращения: 14.11.2023).

4. Исследование метода прогнозирования временных рядов на транспорте с помощью рекуррентных нейронных сетей / Г. М. Лысов, Ф. Н. Приходько, А. А. Коновалова, К. А. Тимошенко // *Дневник науки*. 2023. № 1 (73). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50437580> (дата обращения: 05.11.2023).

5. Новиков А. А., Будзинская Е. О., Канева О. Н. Анализ методов прогнозирования временных рядов. // *Информационный бюллетень Омского научно-образовательного центра ОмГТУ и ИМ СО РАН в области математики и информатики*. 2020. Том 4. № 1. С. 37–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44063546> (дата обращения: 05.11.2023).

6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И. Д. Рудинского. Москва : Финансы и статистика, 2002. 344 с

7. Позолотин В. Е., Султанова Е. А. Применение алгоритмов экспоненциального сглаживания к обработке временных рядов // *Информационные технологии. Проблемы и решения*. 2019. № 4 (9). С. 45–50. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39138954> (дата обращения: 05.11.2023).

8. Ращупкина О. С. Анализ временных рядов с помощью системы Statistica. // *Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сб. трудов научно-практической и учебной конференции (г. Санкт-Петербург, 04–06 июня 2019 г.)*. Том Ч. 1. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 58–61. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39820384> (дата обращения: 05.11.2023).

9. Сунчалин А. М., Сунчалина А. Л. Обзор методов и моделей прогнозирования финансовых временных рядов. // *Хроноэкономика*. 2020. № 1 (22). С. 25–29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42584516> (дата обращения: 05.11.2023).

10. Сравнительный анализ методов построения объединенного прогноза / А. А. Френкель, Н. Н. Волкова, А. А. Сурков, Э. И. Романюк // Вопросы статистики. 2017. № 7. С. 17–27. URL: <https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/535> (дата обращения: 05.11.2023).

Статья поступила в редакцию 18.11.2023 г.; одобрена после рецензирования 13.11.2023 г.; принята к публикации 16.11.2023 г.

Об авторах

Казаконцева Марина Вадимовна

кандидат экономических наук, доцент, кафедра прикладной статистики и цифровых технологий, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5031-1681>, marina290576@mail.ru

Конакова Екатерина Витальевна

магистрант, кафедра прикладной статистики и цифровых технологий, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), katya.konakova0229@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Alzheev A. V., Kochkarov R. A. Sravnitel'nyi analiz prognoznykh modelei ARIMA i LSTM na primere aktsii rossiiskikh kompanii [Comparative analysis of ARIMA and LSTM predictive models: evidence from Russian stocks]. *Finansy: teoriya i praktika* = Finance: Theory and Practice, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 14–23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2020-24-1-14-23>

2. Andriyanov N. A. Obzor metodov prognozirovaniya vremennykh ryadov [Overview of time series forecasting methods]. *Sovremennye problemy proektirovaniya, proizvodstva i ekspluatatsii radiotekhnicheskikh sistem* = Modern problems of design, production and operation of radio engineering systems, 2018, no. 11, pp. 147–151. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36648031> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

3. Barbashova E. V., Gaydamakina I. V., Polshakova N. V. Prognozirovaniye v korotkikh vremennykh ryadakh: metodologicheskie i metodicheskie aspekty [Forecasting in short time series: methodological and methodical aspects]. *Vestnik OrelGAU* = Bulletin of Agrarian Science, 2020, no. 2 (83). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovaniye-v-korotkih-vremennykh-ryadah-metodologicheskie-i-metodicheskie-aspekty> (accessed 15.11.2023). (In Russ.).

4. Lysov G. M., Prikhodko F. N., Konovalova A. A., Timoshenko K. A. Issledovanie metoda prognozirovaniya vremennykh ryadov na transporte s pomoshch'yu rekurrentnykh neuronnykh setei [Research on methods of forecasting time series in transport using recurrent neural networks]. *Dnevnik nauki* = Diary of Science, 2023, no. 1 (73). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50437580> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

5. Novikov A. A., Budzinskaya E. O., Kaneva O. N. Analiz metodov prognozirovaniya vremennykh ryadov [Analysis of time series forecasting methods]. *Informatsionnyi byulleten' Omskogo nauchno-obrazovatel'nogo tsentra OmGTU i IM SO RAN v oblasti matematiki i informatiki* = Information bulletin of the Omsk Scientific and Educational Center of OmSTU and IM SB RAS in the field of mathematics and informatics, 2020, vol. 4, no. 1, pp. 37–43. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44063546> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

6. Osovsky S. Neironnye seti dlya obrabotki informatsii [Neural networks for information processing]. Transl. from Polish by I. D. Rudinsky, M., Finance and Statistics Publ., 2002, 344 p. (In Russ.).

7. Pozolotin V. Y., Sultanova E. A. Primeneniye algoritmov eksponentsial'nogo sglazhivaniya k obrabotke vremennykh ryadov [Application of algorithms of exponential smoothing to processing of time series]. *Informatsionnye tekhnologii. Problemy i resheniya* = Information Technology. Problems and Solutions, 2019, no. 4 (9), pp. 45–50. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39138954> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

8. Rashchupkina O. S. Analiz vremennykh ryadov s pomoshch'yu sistemy Statistica [Time series analysis using the STATISTICA system]. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti upravleniya, ekonomiki i trgovli: sb. trudov nauchno-prakticheskoi i uchebnoi konferentsii (g. Sankt-Peterburg, 04–06 iyunya 2019 g.)* = Fundamental and Applied Research in the Field of Management, Economics and Trade: collection of works of a scientific, practical and educational conference (St. Petersburg, June 04–06, 2019), SPb.: Publ. house of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2019, pp. 58–61. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39820384> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

9. Sunchalin A. M., Sunchalina A. L. Obzor metodov i modelei prognozirovaniya finansovykh vremennykh ryadov [Overview of methods and models for forecasting financial time series]. *Khronoekonomika* = Chronoeconomics, 2020, no. 1 (22), pp. 25–29. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42584516> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

10. Frenkel A. A., Volkova N. N., Surkov A. A., Romanyuk E. I. Sravnitel'nyi analiz metodov postroeniya ob"edinennogo prognoza [Comparative analysis of methods for constructing a combined forecast]. *Voprosy statistiki* = Issues of Statistics, 2017, no. 7, pp. 17–27. Available at: <https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/535> (accessed 05.11.2023). (In Russ.).

The article was submitted 18.11.2023; approved after reviewing 13.11.2023; accepted for publication 16.11.2023.

About the authors

Marina V. Kazakovtseva

Ph. D. (Economics), Associate Professor, Department of Applied Statistics and Digital Technologies, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5031-1681>, marina290576@mail.ru

Ekaterina V. Konakova

Graduate student, Department of Applied Statistics and Digital Technologies, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), katya.konakova0229@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 336.73

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-443-450

ВЫВОД КАПИТАЛОВ ЗА РУБЕЖ В КОНТЕКСТЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

А. В. Швецов, Н. К. Швецова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В последние десятилетия наблюдается ускоренная динамика вывода капиталов за рубеж. Страны по всему миру сталкиваются с растущими потоками капитала, которые перетекают через границы в поисках новых возможностей и выгодных инвестиций. Этот процесс имел значительное влияние на экономическую ситуацию в различных странах и вызвал обсуждение о его причинах, последствиях и возможных способах регулирования. Одной из основных причин вывода капиталов является желание предпринимателей и инвесторов получить более высокую доходность за границей. Вместо того чтобы оставаться в своей стране, где риски и неопределенность могут быть выше, они предпочитают перевести свой капитал туда, где условия для бизнеса благоприятнее или где доступны новые рынки и технологии. Кроме того, некоторые предприниматели могут стремиться минимизировать налоговые обязательства путем перемещения своих активов за пределы собственной страны. Однако вывод капиталов может иметь негативные последствия для экономики страны, негативно сказываясь на экономической безопасности государства. Он может привести к уменьшению инвестиций в местную экономику, сокращению рабочих мест и потере налоговых поступлений. Кроме того, это может создать дисбаланс в области распределения богатства и увеличить зависимость от зарубежных капиталов. **Цель** – анализ текущей экономической ситуации на основе информации Центрального Банка РФ, данных Росстата, анализа зарубежных источников по данной проблематике, а также выработка предложений, способствующих мерам регулирования вывода капиталов и обеспечения устойчивого развития отечественной экономики. **Материалы и методы.** В исследовании анализируются официальные статистические данные Росстата и Центрального Банка РФ, исследована нормативно-правовая база данной проблемы. **Заключение.** Анализ материалов, изложенных в статье, позволяет сделать вывод о неэффективной политике ЦБ РФ относительно ключевой ставки, борьбы с инфляцией и вывода капиталов за рубеж.

Ключевые слова: вывод капиталов, ключевая ставка, инфляция, финансовая политика, девальвация рубля, импортозамещение

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Швецов А. В., Швецова Н. К.* Вывод капиталов за рубеж в контексте финансово-экономической безопасности государства // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 443–450. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-443-450>

WITHDRAWAL OF CAPITAL ABROAD IN THE CONTEXT OF FINANCIAL AND ECONOMIC SECURITY OF THE STATE

A. V. Shvetsov, N. K. Shvetsova

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction In recent decades, there has been an accelerated dynamics of capital withdrawal abroad. Countries around the world are facing growing capital flows that flow across borders in search of new opportunities and profitable investments. This process had a significant impact on the economic situation in various countries and caused a discussion about its causes, consequences and possible ways of regulation. One of the main reasons for the withdrawal of capital is the desire of entrepreneurs and investors to get higher returns abroad. Instead of staying in their country, where risks and uncertainty may be higher, they choose to transfer their capital to a place where business conditions are more favorable or where new markets and technologies are available. In addition, some entrepreneurs may seek to minimize tax liabilities by moving their assets outside of their country. However, the withdrawal of capital can also have negative consequences for the country's economy, negatively affecting the economic security of the state. It can lead to a decrease in investment in the local economy, job cuts and loss of tax revenue. In addition, it can

create an imbalance in the distribution of wealth and increase dependence on foreign capital. *The purpose of the study* is to analyze the current economic situation based on information from the Central Bank of the Russian Federation, data from the Russian Statistics Agency (Rosstat), analysis of foreign sources on this issue, as well as to develop proposals that contribute to measures to regulate the withdrawal of capital and ensure the sustainable development of the domestic economy. *Materials and methods.* The study analyzes the official statistical data of Rosstat and the Central Bank of the Russian Federation, examines the regulatory framework of this problem. *Conclusion.* The analysis of the materials presented in the article allows us to conclude about the ineffective policy of the Central Bank of the Russian Federation regarding the key rate, the fight against inflation and the withdrawal of capital abroad.

Keywords: withdrawal of capital, key rate, inflation, financial policy, ruble devaluation, import substitution

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Shvetsov A. V., Shvetsova N. K. Withdrawal of capital abroad in the context of financial and economic security of the state. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 4, pp. 443–450. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-443-450>

Введение

В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на динамику вывода капиталов за рубеж, а также его воздействие на экономику в целом. Рассматриваются различные подходы и инструменты, которые государства могут использовать для контроля вывода капитала и обеспечения стабильности своей экономики.

История и причины динамики вывода капиталов за рубеж являются важным аспектом анализа экономического развития страны. Начиная с конца XX века наблюдается значительный рост подвижности капитала на международных финансовых площадках, что оказывает существенное влияние на национальные экономики.

Одной из основных причин вывода капиталов за рубеж является поиск новых возможностей для инвестиций и получения высокой доходности. Многие компании и частные инвесторы стремятся расширить свою деятельность за пределами своей страны, чтобы получить доступ к новым рынкам и потребителям. Кроме того, вывод капитала может быть вызван неопределенностью или неблагоприятными факторами внутри страны, такими как политическая нестабильность, высокие налоги или непредсказуемость законодательства.

Также стоит отметить, что динамика вывода капиталов за рубеж может быть обусловлена различными глобальными факторами, такими как изменения в мировой экономике, финансовые кризисы, изменения валютных курсов и проч.

Текущие тренды и факторы играют важную роль в определении динамики вывода капиталов

за рубеж. В последнее время наблюдается усиление этой тенденции, что вызвано политической нестабильностью, санкционной и налоговой политикой.

Кроме того, глобализация и развитие информационных технологий делают процесс вывода капиталов более простым и доступным. Инвесторы могут быстро и удобно перемещать деньги через электронные системы платежей, минуя бюрократические преграды, а сами деньги отчасти стали электронными.

Основная часть

Текущий год стал настоящим испытанием для отечественной финансовой системы. Центральный Банк страны предпринимает попытки борьбы с инфляцией с помощью повышения ключевой ставки, а ученые-экономисты спорят относительно правильности выбранного ЦБ курса. По словам Эльвиры Набиуллиной, принятые с июля 2023 г. шаги по повышению ключевой ставки – это ответ на реализацию инфляционных рисков, в том числе из-за влияния валютного курса. В текущих условиях для возврата к цели потребуется продолжительный период жесткой денежно-кредитной политики¹.

В июле 2023 г. наблюдался скачок текущих темпов роста цен. В августе этого года темпы немного снизились, но при этом ценовое давление все больше формировалось за счет устойчивых

¹ Заявление Председателя Банка России Эльвиры Набиуллиной по итогам заседания Совета директоров Банка России 15 сентября 2023 года. URL: <https://cbr.ru/eng/press/event/?id=17070> (дата обращения: 30.10.2023).

компонентов. При этом показатели базовой инфляции продолжали ускоряться. Значимый вклад в текущую инфляцию внесли товары, цена которых зависит от валютного курса, например автомобили, одежда, обувь, техника, электроника и так далее.

В экономике и экономическом развитии с ослаблением рубля связано одновременно несколько факторов. Валютная выручка сокращается из-за значительного снижения стоимостных объемов экспорта в течение года, одновременно наблюдается инфляционный рост внутреннего

спроса, который является следствием стимулирующей бюджетной политики. В свою очередь государство проводит бюджетную политику, выражающуюся в ограничениях по экспортно-импортным операциям. Следствием этого является тот факт, что инфляция идет вверх. При этом Центральный Банк РФ для борьбы с инфляцией просто повышает значение ключевой ставки (рис. 1). Основной задачей при этом, судя по всему, является определение размера этого повышения.



Рис. 1. Динамика ключевой ставки Центрального Банка Российской Федерации в период с 2013 по 2023 гг. /
Fig. 1. Dynamics of the key rate of the Central Bank of the Russian Federation in the period from 2013 to 2023

По результатам прошлого, 2022 года, 240 миллиардов долларов осталось за рубежом, что является абсолютным рекордом, как следствие этого, курс пошел вверх. При этом ЦБ говорит об оттоке всего 1 млрд долл. США, а 227 млрд – это величина сальдо финансового счета (сальдо счета текущих операций + сальдо счета операций с капиталом + сальдо чистых ошибок и пропусков = сальдо финансового счета)¹.

Девальвация рубля – это удар по нашему авторитету, это падение доходов граждан, это всплеск инфляции, и следствием этого немедленно становится сокращение кредита. Исследователи отмечают, что «отличительными чертами нынешней фи-

нансово-кредитной сферы ведущих государств считаются: снижение депозитных ставок; повышение государственного и частного долга» [1]. Председатель ЦБ Э. Набиуллина подчеркивала, что кредитов, выдаваемых гражданам и предприятиям слишком много, но в действительности количество кредитов сокращается. Это означает, что Центральный Банк, по сути, блокирует работу всей банковской системы, которая перестает кредитовать инвестиции, не выполняя свои обязательства.

Эти модели нам предоставили отставные эксперты некоторых европейских центральных банков. Сводятся они к так называемой кривой Филлипса, которая давно отвергнута научным сообществом как нереалистичное утверждение. Согласно данной концепции существует обратная зависимость между уровнем инфляции и уровнем безработицы в экономике. Среднегодовые уровни инфляции в Российской Федерации, согласно данным Росстата, представлены на рисунке 2.

¹ О переходе к представлению данных платежного баланса Российской Федерации с использованием нового формата знаков. 27 марта 2015 г. / Центральный банк Российской Федерации (Банк России). Пресс-центр URL: http://www.cbr.ru/press/PR.aspx?file=27032015_181311if2015-03-27T18_07_29.htm (дата обращения: 30.10.2023).



Рис. 2. Динамика инфляции в России за период с 2000 по 2023 гг. /
Fig. 2. Inflation dynamics in Russia for the period from 2000 to 2023¹

То есть, когда безработица высока инфляция низкая, и наоборот. В своей первоначальной формулировке Филлипс сделал вывод, что при

понижении безработицы происходит ускорение инфляции. Считаем, что данная логика ошибочна по своей макроэкономической сущности (рис. 3).



Рис. 3. Динамика количества безработных в РФ в период с 2010 по 2021 гг., по данным Росстата РФ /
Fig. 3. Dynamics of the number of unemployed in the Russian Federation in the period from 2010 to 2021, according to Rosstat of the Russian Federation ²

Авторы справедливо отмечают, что «чем выше уровень занятости, тем выше спрос на кредиты» [2]. Действительно, по многим отраслям промышленности имеется скрытая безработица, размер которой достигает 20 %.

Сегодня мы можем удвоить объем выпуска промышленной продукции, если эти предприятия получают кредит, что соответствует целям импортозамещения, о чем много раз говорилось на высоком политическом уровне. Специалисты говорят о том, что до 80 % западной продукции

можно было бы заместить собственным товаром. То, что мы импортировали раньше с Запада, мы импортируем теперь через Турцию или замещаем продукцией товарами из Юго-Восточной Азии.

Таким образом, нельзя рассуждать о потенциале выпуска продукции, только опираясь на показатель официальной безработицы. Производство может увеличиться без изменения занятости, поскольку у нас на предприятиях есть скрытая безработица, они могут нарастить «выпуск рабочей силы».

Следует отметить, что главным фактором экономического развития является научно-технический прогресс, но, для того чтобы эти новые технологии появились, нужно кредитование инвестиций, кредитование инноваций. Целевые кредиты в технологии повысят эффективность

¹ Инфляция в России. Калькулятор инфляции. URL: <https://calculus.ru/influyaciya> (дата обращения: 30.10.2023).

² Рабочая сила, занятость и безработица в России // Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2022 г. 151 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Rab_sila_2022.pdf (дата обращения: 30.10.2023).

снижения издержек, а значит, произойдет снижение инфляции. Отметим также, что большинство стран предпочитают принимать стимулирующий экономику бюджет, чем использовать финансовые инструменты, сдерживающие инфляцию.

Надо понимать, что ключевая ставка – это не единственная причина, влияющая на развитие экономики. В Марте 1996 года в России был создан Всероссийский банк развития регионов. Первоначальной целью при создании ВБРР являлось «совершенствование финансового взаимодействия между субъектами РФ через создание государственной кредитной организации»¹.

Ныне же банк, на наш взгляд, представляет собой тривиальную кредитную организацию, представляющую своим клиентам комплекс финансовых услуг – от вкладов до выпуска кредитных и дебетовых карт. Основным акционером банка является НК «Роснефть», имеет шесть представительств в регионах, как правило нефтедобывающих.

Первоначально идея была правильной – развивать институт финансирования и рефинансирования, например, предоставлять целевые кредиты на отечественное производство стройматериалов как драйвера развития многих отраслей, при этом ставка кредитования составляла бы доли процента. То же самое касается процентных ставок для предприятий, которые хотят расширить производство. И похожая ситуация в Европе. Во всех странах, которые успешно развиваются, действует вектор процентных ставок [3; 4].

Если ЦБ принимает решение о выдаче коммерческим банкам ссуд под относительно умеренный процент, то зачастую у банкиров возникает соблазн не кредитовать экономику, а пускать это на потребительское кредитование или участвовать в валютных спекуляциях. Эти действия, несомненно, приносят большие доходы коммерческим банкам, но средства идут мимо реального сектора. Эти операции и приводят к разгону инфляции, с которой борется ЦБ путем перекрытия кредитования коммерческих банков.

Но и отправлять национальную валюту в свободное плавание нельзя, данная стратегия не развита в мире [9; 10]. Это всегда ведет к катастрофическим последствиям. Таким образом, именно колебания курса валюты обеспечивают большую часть инфляционного давления.

Еще одним фактором, оказывающим непосредственное воздействие на инфляцию и курс национальной валюты, является блокировка отечественных валютных резервов в объеме не менее 300 млрд долл. в результате санкционной политики Запада. При этом ЦБ РФ признал, что защититься от подобных враждебных действий было невозможно, поэтому никакие шаги в этом направлении им не предпринимались: «Хранить резервы внутри страны или потратить их внутри страны – это все равно что не иметь никаких резервов, вообще никакой защиты от внешних кризисов»².

Но как можно представить себе ограничения на вывоз капитала? Ограничения на вывоз капитала – это меры, которые страны могут ввести для ограничения перемещения капитала (денег и активов) за пределы своей юрисдикции. Эти меры могут быть введены в различных целях, включая стабилизацию национальной валюты, предотвращение финансовых кризисов, борьбу с оттоком капитала, контроль над инвестициями и др. К способам ограничения вывоза капитала следует отнести:

- Квоты и лимиты. Государство может установить квоты и лимиты на сумму капитала, которую физические лица и компании могут вывозить за определенный период времени.
- Разрешения и лицензии. Для вывоза капитала может потребоваться получение специальных разрешений или лицензий от регулирующих органов.
- Валютный контроль. Государство может ввести валютный контроль, который ограничивает обмен местной валюты на иностранную.
- Налоги и штрафы. Введение налогов или штрафов на вывоз капитала может стимулировать инвесторов оставлять средства в стране.
- Временные меры. Ограничения на вывоз капитала могут быть введены как временные меры в ответ на финансовые кризисы или другие экстренные ситуации.
- Контроль над движением активов. Государство может установить правила движения активов и контроль над ними, чтобы предотвратить их вывоз.

Ограничения на вывоз капитала могут влиять на инвестиционные решения и мобильность капитала в экономике. Они обычно вводятся в странах как средство контроля за финансовой

¹ Сайт Всероссийского Банка Развития Регионов. URL: <https://mainfin.ru/bank/vbrr> (дата обращения: 30.10.2023).

² Ответ Банка России о работе финансовой системы в условиях санкционных ограничений, Март 2022. URL: <https://base.garant.ru/77142928/> (дата обращения: 30.10.2023).

стабильностью и могут иметь различную степень жесткости в зависимости от конкретных условий и целей страны. Подобные ограничения были введены в РФ практически сразу с момента начала СВО (Указ № 79 от 28.02.2022 г)¹.

Причиной вывода капиталов также следует признать «высокие риски обесценивания активов» [5] с точки зрения предпринимательских структур, которые таким образом фиксируют свою прибыль, борясь с инфляцией.

Однако подчеркнем: тезис о том, что у нас инфляция, падает курс, а значит, надо поднять процентную ставку, является ошибочным. В этой картине мира нет реального сектора экономики, нет никаких обратных связей, обеспечивающих экономический рост, а есть черный ящик.

Хорошо известное в экономической литературе понятие керри-трейд означает торговлю валютой, в частности, когда западный спекулятивный капитал тянется в ту страну, где более низкая процентная ставка по кредитам. Там спекулянты занимают под 2 % годовых, а кладут на депозит в наши банки под 12 %. С одной стороны, нашему ЦБ это выгодно, так как рубли начинают покупать для того, чтобы вложить деньги в банки под высокий процент. Банки, соответственно, получая деньги под высокий процент, не могут кредитовать под низкий процент. Возникает порочный круг. Рано или поздно курс рубля рухнет, и заплатят за эти действия спекулянтов не только наши граждане, но и реальный сектор экономики. Данные сопоставления подтверждают тезис о том, что «между фундаментальными целями стимулирования роста ВВП и занятости населения (обеспечиваемого расширением совокупного спроса) и контроля над инфляцией (в той степени, в какой она зависит от находящейся в обращении денежной массы) объективно существует серьезное противоречие» [6; 7]. Последствия вывода капиталов за рубеж для экономики и бизнеса

¹ Указ Президента РФ от 28.02.2022 N 79 «О применении специальных экономических мер в связи с недружественными действиями Соединенных Штатов Америки и примкнувших к ним иностранных государств и международных организаций» – Собрание законодательства Российской Федерации, № 10 от 7 марта 2022 г.

1. Кочиева О. Т., Токаева А. С., Джабраилов Х. А. Ключевая ставка, как инструмент денежно-кредитной политики центральных банков в разных странах // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 17. С. 346–353. URL: <https://elibrary.ru/iomnhl?ysclid=Iq3uqrve424131990> (дата обращения: 25.10.2023).

2. Маргарян А. Г., Надарян А.Э., Фролова Н.В. Ключевая ставка, уровень инфляции и уровень безработицы как факторы потребительского кредитования // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 12-2. С. 348–355. DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.1518>

могут быть значительными. Одно из основных последствий – снижение инвестиций в отечественные проекты, что может привести к ослаблению экономического роста и ухудшению конкурентоспособности страны.

Кроме того, вывод капиталов может вызвать сокращение рабочих мест и ухудшение социально-экономической ситуации в стране. Многие предприятия вынуждены будут закрыться или сократить свою деятельность из-за нехватки финансирования.

Также следует отметить, что вывод капиталов может повлиять на развитие инноваций и технологий в стране. Зарубежные инвесторы обычно вносят значительный вклад в разработку новых продуктов и услуг, а также создание новых рабочих мест. В частности, значительные ресурсы в нашей стране связаны с оптимизацией логистики, а «инновационные технологии позволяют оптимизировать процессы работы субъектов логистической системы, сократить издержки, привлечь инвесторов, тем самым повысить доходность и экономическую значимость данной системы» [8]. Поэтому, если инвесторы начинают выводить свои капиталы, это может замедлить темпы технологического прогресса, что скажется на экономической безопасности нашего государства.

Выводы

На наш взгляд, на современном этапе, для существенного сокращения вывода капиталов за рубеж, следует:

- во-первых, провести правовую экспертизу законодательства РФ в сфере валютного регулирования, дать оценку сложившейся ситуации. При этом, возможно, придется поменять статус Центрального Банка;
- во-вторых, открыть рынок внутренних инвестиций, не держать оставшиеся 300 млрд, долларов в валютах различных недружественных стран, а закупить на них технологии;
- в-третьих, постараться привлечь инвестиции стран БРИКС и не только финансовые, но и научно-технологические.

3. Бугаев М. В. Ожидаемая процентная ставка и ее воздействие на цены сырьевых товаров // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. № 3. Т. 1. С. 87–95. URL: https://s-lib.com/issues/eiu_2022_03_t1_a11/?ysclid=lq3vgh20ms612897668 (дата обращения: 20.10.2023).
4. Лукаевич И. Я. Моделирование временной структуры процентных ставок // Экономика. Налоги. Право. 2016. Т. 9. № 1. С. 43–51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vremennoy-struktury-protsentnyh-stavok?ysclid=lq3vkdgnsy566438585> (дата обращения: 19.10.2023).
5. Махненко С. И. Вывоз капитала из России. Проблемы и тенденции // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 5–4 (73). С. 164–167. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46246291&ysclid=lq3vsdvob835888506> (дата обращения: 21.10.2023).
6. Капканщиков С. Г. Еще раз об отрицательной синергии деструктивной политики российских денежных властей // Российский экономический журнал. 2021. № 6. С. 4–42. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47408977&ysclid=lq3w316ibt168661575> (дата обращения: 21.10.2023).
7. Зубарев А. В., Мотякина Я. П. Влияние капитальных и валютных ограничений 2022 года на выполнение покрытого паритета процентных ставок // Вопросы статистики. 2023. Т. 30. № 5. С. 28–36. DOI: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-5-28-36>
8. Потехина Е. Н. Развитие логистических инструментов экономической политики в обеспечении единства пространственной организации экономики // Инновационное развитие экономики. 2022. № 5 (71). С. 149–162. DOI: <https://doi.org/10.51832/2223798420225149>
9. Fraccaroli N., Giovannini A, Jamet J.-F., Persson E. Ideology and monetary policy. The role of political parties' stances in the European Central Bank's parliamentary hearings // European Journal of Political Economy. 2022. Vol. 74. Pp. 102207. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/poleco/v74y2022ics0176268022000234.html> (дата обращения: 21.10.2023).
10. Baerg N., Cross J. Central Banking in the 21st Century – A Crisis of Accountability? // European Journal of Political Economy, November 2021.

Статья поступила в редакцию 08.11.2023 г.; одобрена после рецензирования 30.11.2023 г.; принята к публикации 05.12.2023 г.

Об авторах

Швецов Андрей Владимирович

доктор экономических наук, профессор, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-35940636>, av.shvetsov@yandex.ru

Швецова Наталия Кимовна

кандидат экономических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-00020449-3864>, shvetsoff@rambler.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Kochieva O. T., Tokaeva A. S., Dzhabrailov Kh. A. Klyuchevaya stavka, kak instrument denezhno-kreditnoi politiki tsentral'nykh bankov v raznykh stranakh [Key rate as an instrument of monetary policy of central banks in different countries]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* = Innovation. Science. Education, 2020, no. 17, pp. 346–353. Available at: <https://elibrary.ru/iomnhl?ysclid=lq3uqpve424131990> (accessed 25.10.2023). (In Russ.).
2. Margaryan A. G., Nadaryan A. E., Frolova N. V. Klyuchevaya stavka, uroven' inflyatsii i uroven' bezrobotitsy kak faktory potrebitel'skogo kreditovaniya [Key rates, inflation and unemployment as consumer lending factors]. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* = Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law, 2020, no. 12–2, pp. 348–355. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17513/vaael.1518>
3. Bugaev M. V. Ozhidaemaya protsentnaya stavka i ee vozdeistvie na tseny syr'evykh tovarov [Expected interest rate and its impact on commodity prices]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* = Economics and Management: Problems, Solutions, 2022, vol. 1, no. 3, pp. 87–95. Available at: https://s-lib.com/issues/eiu_2022_03_t1_a11/?ysclid=lq3vgh20ms612897668 (accessed 20.10.2023). (In Russ.).
4. Lukasevich I. Ya. Modelirovanie vremennoi struktury protsentnykh stavok [Modeling the time structure of interest rates]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo* = Economics, Taxes & Law, 2016, vol. 9, no. 1, pp. 43–51. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vremennoy-struktury-protsentnyh-stavok?ysclid=lq3vkdgnsy566438585> (accessed 19.10.2023). (In Russ.).
5. Makhnenko S. I. Vyvoz kapitala iz Rossii. Problemy i tendentsii [Capital export from Russia: problems and trends]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire* = Current Scientific Research in the Modern World, 2021, no. 5-4 (73), pp. 164–167. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46246291&ysclid=lq3vsdvob835888506> (accessed 21.10.2023). (In Russ.).

6. Kapkanschchikov S. G. Eshche raz ob otritsatel'noi sinergii destruktivnoi politiki rossiiskikh denezhnykh vlastei [Once again about the negative synergy of the destructive policy of the Russian monetary authorities]. *Rossiiskii Ekonomicheskii Zhurnal* = Russian Economic Journal, 2021, no. 6, pp. 4–42. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47408977&ysclid=lq3w3l6ibt168661575> (accessed 21.10.2023). (In Russ.).

7. Zubarev A. V., Motyakina Ya. P. Vliyanie kapital'nykh i valyutnykh ogranichenii 2022 goda na vypolnenie pokrytogo pariteta protsentnykh stavok [The impact of 2022 capital and currency restrictions on the fulfillment of the covered interest rate parity]. *Voprosy statistiki* = Issues of Statistics, 2023, vol. 30, no. 5, pp. 28–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-5-28-36>

8. Potekhina E. N. Razvitie logisticheskikh instrumentov ekonomicheskoi politiki v obespechenii edinstva prostranstvennoi organizatsii ekonomiki [Development of logistic instruments of economic policy to ensure the unity of the spatial organization of the economy]. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki* = Innovative Development of Economy, 2022, no. 5 (71), pp. 149–162. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51832/2223798420225149>

9. Fraccaroli N., Giovannini A, Jamet J.-F., Persson E. Ideology and monetary policy. The role of political parties' stances in the European Central Bank's parliamentary hearings. *European Journal of Political Economy*, 2022, vol. 74, p. 102207. Available at: <https://ideas.repec.org/a/eee/poleco/v74y2022ics0176268022000234.html> (accessed 21.10.2023). (In Eng.).

10. Baerg N., Cross J. Central banking in the 21st century – a crisis of accountability? *European Journal of Political Economy*, 2022, vol. 74, p. 102294. (In Eng.).

The article was submitted 08.11.2023; approved after reviewing 30.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.

About the authors

Andrey V. Shvetsov

Dr. Sci. (Economics), Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3594-0636>, av.shvetsov@yandex.ru

Natalia K. Shvetsova

Ph. D. (Economics), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0449-3864>, shvetsoff@rambler.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

УДК 338.2

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-4-451-461

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ В КОНТЕКСТЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

А. В. Швецов, Н. К. Швецова

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Энергоемкость представляет собой количество энергии, необходимое для выполнения работы. Это понятие используется в различных областях, включая физику, химию, экологию и экономику. В экономике энергоемкость представляет собой количество энергии, необходимой для производства единицы товара или услуги. Она может измеряться в киловатт-часах (кВт·ч) на доллар США или другую валюту. Энергоемкость является важным показателем эффективности использования энергии и может помочь в определении стратегий энергосбережения и устойчивого развития. Статья характеризует состояние отечественной экономики с точки зрения энергоемкости и энергоэффективности на основе статистических данных Росстата 2021 года, а также показывает структуру зависимости энергоемкости ВРП от ряда социально-экономических факторов. **Цель** – провести анализ динамики энергоемкости ВРП Российской Федерации, а также зависимости показателя динамики энергоемкости ВРП субъектов РФ от основных социально-экономических факторов на доступном временном интервале. **Материалы и методы.** В работе использованы материалы периодической печати, средств массовой информации, официальные данные о социально-экономическом состоянии отечественной экономики, в том числе в разрезе субъектов РФ. **Результаты исследования, обсуждения.** В силу того что долгое время отечественная экономика считалась сырьевой, возникла необходимость оценить данный вывод на современном этапе экономического и геополитического развития. Поскольку энергоемкость может быть разной для разных видов работ или продуктов и зависит от многих факторов, таких как технология производства, используемые материалы, климат и т. д., необходимо исследовать данный показатель как во временном, так и географическом (территориальном) аспекте. **Заключение.** Исследование на выбранном временном интервале показывает, что существуют зависимости энергоемкости от ряда социально-экономических показателей: валового регионального продукта, производства продукции животноводства, оборота розничной торговли, производительности труда. Однако для получения более точных и качественных результатов, необходимо с помощью кластеризации более точно определять субъектный состав под каждую модель.

Ключевые слова: энергоемкость, энергоэффективность, структура экономики, социально-экономическое развитие, технологическое развитие

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Швецов А. В., Швецова Н. К.* Энергоемкость и энергоэффективность отечественной экономики в контексте социально-экономического развития регионов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 4. С. 451–461. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-451-461>

ENERGY INTENSITY AND ENERGY EFFICIENCY OF THE DOMESTIC ECONOMY IN THE CONTEXT OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGIONS

A. V. Shvetsov, N. K. Shvetsova

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. Introduction. Energy intensity is the amount of energy required to perform a job. This concept is used in various fields, including physics, chemistry, ecology and economics. In economics, energy intensity is the amount of energy needed to produce a unit of a good or service. It can be measured in kilowatt hours (kWh) per US dollar or other currency. Energy intensity is an important indicator of energy efficiency and can help in determining energy conservation and sustainable development strategies. The article characterizes the state of the domestic economy in terms of energy intensity and energy efficiency based on statistics from Rosstat in 2021, and also shows the structure of the dependence of GRP energy intensity on a number of socio-economic factors. **The purpose** of the study is to analyze the dynamics of the energy intensity of the GDP of the Russian

Federation, as well as the dependence of the dynamics of the energy intensity of the GRP of the subjects of the Russian Federation on the main socio-economic factors in the available time interval. **Materials and methods.** The work uses materials from periodicals, mass media, official data on the socio-economic state of the domestic economy, including in the context of the subjects of the Russian Federation. **Research results, discussions.** Due to the fact that for a long time the domestic economy was considered a raw material, it became necessary to evaluate this conclusion at the present stage of economic and geopolitical development. Since the energy intensity can be different for different types of work or products and depends on many factors, such as production technology, materials used, climate, etc., it is necessary to investigate this indicator both in time and geographical (territorial) aspect. **Conclusion.** The results show that such dependencies exist, however, in order to obtain more accurate and high-quality models, it is necessary to more accurately determine the subject composition for each model using clustering.

Keywords: energy intensity, energy efficiency, economic structure, socio-economic development, technological development

The authors declare no conflict of interest.

For citation: *Shvetsov A. V., Shvetsova N. K. Energy intensity and energy efficiency of the domestic economy in the context of socio-economic development of the regions. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2023, vol. 9, no. 4, pp. 451–461. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-4-451-461>*

Росстат сформировал группу показателей, которые отображают уровень технологического развития отраслей экономики России. К этим группам показателей относятся макроэкономика, инвестиции, наука, инновации и передовые производственные технологии, производство высокотехнологичных видов промышленной продукции, энергоэффективность, основные фонды, строительство, транспорт, деятельность в сфере телекоммуникаций, торговля и внешняя торговля.

При этом каждая группа показателей включает в себя их отдельные виды, например, группа показателей макроэкономики включает долю высокотехнологичных и наукоемких отраслей экономики, ВВП, индексы производительности труда в экономике, индекс производительности труда по основным отраслям экономики, индексы изменения фонда вооруженности и фондоотдачи, коэффициент обновления основных фондов, ввод в действие основных фондов на один рубль инвестиций по основным видам деятельности в среднегодовых ценах и прочие показатели.

Среди групп перечисленных показателей, на наш взгляд, важное место занимают показатели энергоэффективности. Дело в том, что в эту группу показателей входят энергоёмкость ВВП или ВРП, а важность определяется тем, что данный показатель входит в число показателей,

определяющих состояние экономической безопасности нашего государства.

Помимо энергоёмкости, к группе показателей, определяющих энергоэффективность, относятся производство и потребление электрической энергии, мощность электростанций, электровооруженность труда работников промышленных организаций, потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в экономике страны, фактический расход электроэнергии, теплоэнергии и топлива на единицу отдельных видов произведенной продукции и услуг, технико-экономические показатели работы организаций, осуществляющих добычу сырой нефти, попутного нефтяного и природного газа, себестоимость добычи нефти.

Следует отметить, что энергоёмкость является одним из ключевых показателей, определяющих состояние развития промышленности стран, так как показывает структуру экономики, темпы ее роста, инвестиционную активность, состояние основных технологических фондов, ее технические и финансовые возможности. Кроме того, по динамике изменения энергоёмкости можно отслеживать направление, скорость, развитие различных отраслей экономики как страны в целом, так и отдельных ее регионов.

Считаем, что это является важным выводом, так как позволяет анализировать дисбалансы развития экономики того или иного субъекта, мониторить эти дисбалансы и принимать соответствующие

управленческие решения для исправления негативных последствий.

Одной из проблем решения данной задачи является отсутствие актуальных данных, которые публикует Росатом. В частности, данные могут запаздывать. Чаще всего период обновления этих данных составляет один год. Так, на данный момент доступны данные по некоторым показателям лишь за 2021 год. Это снижает прогностические возможности, затрудняет своевременное внесение коррективов в развитие и деятельность отраслей отечественной экономики либо крупных отраслевых предприятий, которые могут являться системообразующими, основными предприятиями тех или иных субъектов Российской Федерации.

Если говорить о месте Российской Федерации по показателю энергоэффективности в мире, то, по данным мирового энергетического агентства, страна располагается примерно на 130–140-м месте среди 146 стран мира, участвующих в формировании данного рейтинга. Это говорит о том, что Российская экономика отличается высокой энергоемкостью, с одной стороны, и высокой материалоемкостью – с другой.

Другими словами, структура экономики такова, что на производство одной единицы какой-либо продукции затрачивается большое количество

энергии. Если страна производит металлургическую продукцию, например, прокат, то понятно, что энергетические затраты на производство одной тонны чугуна, стали или проката будут очень высокими, а добавочная стоимость при реализации низкая, так как по своей сути этот металл остается сырьем. С другой стороны, если этот металл в дальнейшем будет поставляться на внешние рынки не как металл, а как готовые изделия с повышенной добавочной стоимостью, то экономика получит дополнительные финансовые ресурсы.

Если анализировать, какую сферу более всего характеризует данный показатель, – добычу сырья, переработку или сферу услуг, то, исходя из мирового рейтинга, получается, что Российская Федерация в значительной степени является страной, производящей сырье, поставляющей сырье на мировые рынки, не доводя это сырье до готовых изделий.

Энергоемкость экономики рассчитывается на основе сопоставления валового внутреннего продукта и физического объема потребленных топливно-энергетических ресурсов (табл. 1). По мнению ряда исследователей [2; 4], наиболее достоверную динамику энергоемкости отражает валовый внутренний продукт, посчитанный в постоянных ценах – в рублях и в долларах по курсу паритета покупательной способности.

Таблица 1 / Table 1

Динамика энергоемкости ВВП (ВРП) Российской Федерации за 2012–2021 годы /
Dynamics of energy intensity of GDP (GRP) of the Russian Federation for 2012–2021

Энергоемкость ВВП (ВРП) (кг условного топлива/ на 10 тыс.рублей) / Energy intensity of GDP (GRP) (kg of standard fuel/per 10 thousand rubles)										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Отношение объема потребления топливно-энергетических ресурсов к объему валового внутреннего продукта (ВВП) в текущих ценах. ВВП включает отдельные виды экономических операций по Российской Федерации в целом, не подлежащих учету в региональном разрезе	129,74	119,5	112,03	106,76	105,37	105,59	105,12	102,31	99,48	98,24
Отношение суммы объемов потребления топливно-энергетических ресурсов субъектами Российской Федерации к сумме объемов их валового регионального продукта (ВРП) в текущих ценах. В расчете ВРП не учтена добавленная стоимость, создаваемая в результате деятельности в области обороны страны, части услуг государственного управления и других услуг, оказываемых обществу в целом за счет средств федерального бюджета, а также финансовых посредников	176,98	161,21	149,59	134,91	121,73	121,88	121,45	118,93	114,74	111,48

Динамика данных показателей, представленных на следующих графиках (рис. 1; 2), показывает снижение их значений. Это говорит о том, что потребление топливно-энергетических ресурсов к объему валового внутреннего продукта стремится к более оптимальному назначению, так как чем меньше это значение, тем более эффективным является

производство по той или иной отрасли. В данном случае диаграмма демонстрирует изменение показателя по всем отраслям российской экономики в целом.

Изменение тенденции развития процесса на интервале начиная с 2016 года объясняется пересчетом величин в ценах 2016 года.



Рис. 1. Изменение отношения объема потребления топливно-энергетических ресурсов к объему валового внутреннего продукта (ВВП) в текущих ценах / Fig. 1. Change in the ratio of the volume of fuel and energy resources consumption to the volume of gross domestic product (GDP) in current prices



Рис. 2. Изменение отношения суммы объемов потребления топливно-энергетических ресурсов субъектами Российской Федерации к сумме объемов их валового регионального продукта (ВРП) в текущих ценах / Fig. 2. Change in the ratio of the sum of volumes of consumption of fuel and energy resources by constituent entities of the Russian Federation to the sum of volumes of their gross regional product (GRP) in current prices

Значительный практический интерес представляет подобный анализ в разрезе субъектов Российской Федерации, учитывая тот факт, что некоторые из них исторически являлись сырьевыми, а ряд производил переработку и обработку сырья на определенном технологическом уровне.

Если рассматривать темпы роста энергоёмкости валового регионального продукта (ВРП) по субъектам Приволжского федерального округа (табл. 2), следует отметить, что за десять рассматриваемых лет его значение снижается.

Таблица 2 / Table 2

Динамика изменения энергоёмкости ВРП субъектов Приволжского федерального округа /
Dynamics of changes in the energy intensity of GRP of the constituent entities of the Volga Federal District

Субъекты Приволжского федерального округа / Constituent entities of the Volga Federal District	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средний темп роста / Average growth rate
Республика Башкортостан	232,18	227,35	211,79	199,27	199,59	212,68	204,01	206,89	204,06	215,56	99%
Республика Марий Эл	211,15	196,86	159,67	125,84	146,87	144,40	123,26	126,45	130,08	133,77	95%
Республика Мордовия	264,18	233,76	224,07	181,08	151,81	143,05	167,85	166,09	145,57	147,88	94%
Республика Татарстан	184,12	153,25	144,64	121,79	118,46	119,56	117,17	114,22	111,53	116,34	95%
Удмуртская Республика	168,39	187,39	162,56	135,38	126,87	131,58	127,54	122,56	113,83	120,60	96%
Чувашская Республика	194,08	180,25	171,50	156,43	140,79	133,46	132,57	126,38	124,49	132,10	96%
Пермский край	327,72	307,93	216,08	187,81	198,98	178,55	176,43	179,81	171,88	175,68	93%
Кировская область	246,22	224,43	202,13	180,55	157,39	155,46	153,36	155,32	148,76	144,95	94%
Нижегородская область	246,97	234,01	205,16	173,59	169,13	149,70	147,22	138,17	133,40	130,17	93%
Оренбургская область	367,54	263,44	260,22	242,72	244,82	238,46	233,22	229,44	227,63	238,27	95%
Пензенская область	177,02	153,32	154,30	135,61	122,60	121,52	117,97	114,06	108,30	108,77	95%
Самарская область	278,36	248,64	225,83	199,19	160,24	181,70	164,19	162,03	161,78	158,52	94%
Саратовская область	243,92	214,92	192,45	165,79	157,82	165,73	165,57	162,00	158,06	169,47	96%
Ульяновская область	209,58	190,82	175,65	159,48	139,84	133,50	139,67	132,34	129,14	125,34	94%

Наиболее существенные изменения показателя демонстрируют Нижегородская область и Пермский край (93%). Низкий темп изменений (99%) характерен на данном временном интервале для Республики Башкортостан. Республика Марий Эл находится в «среднячках» с показателем среднего темпа роста в 95%.

По федеральным округам средний темп роста в исследуемом интервале имеет примерно рав-

ные значения, то есть географическое положение территории не оказывает существенного влияния на энергоёмкость валового регионального продукта (табл. 3).

Представленные значения учитывают изменения в составе федеральных округов, произошедшие в 2014 году (Республика Крым, г. Севастополь) и 2018 г. (Республика Бурятия и Забайкальский край).

Таблица 3 / Table 3

Средние значения динамики энергоёмкости ВРП по федеральным округам в период с 2012 по 2021 годы /
Average values of the dynamics of GRP energy intensity by federal districts in the period from 2012 to 2021

Федеральные округа РФ / RF Federal districts	Средний темп роста энергоёмкости ВРП субъекта РФ / Average growth rate of energy intensity of GRP of the RF constituent entity
Центральный федеральный округ	95,1 %
Северо-Западный федеральный округ	95,8 %
Южный федеральный округ	94,3 %
Северо-Кавказский федеральный округ	94,7 %
Приволжский федеральный округ	95,0 %
Уральский федеральный округ	95,4 %
Сибирский федеральный округ	94,5 %
Дальневосточный федеральный округ	94,3 %

В таблицах 4 и 5 приведены по десять субъектов Российской Федерации с наименьшими и наибольшими значениями динамики энергоёмкости валового регионального продукта.

Таблица 4 / Table 4

Десять субъектов РФ с наименьшими значениями динамики энергоёмкости ВРП /
Ten subjects of the Russian Federation with the lowest values of GRP energy intensity dynamics

Название области / Subject	Значение, % / Value, %
Московская область	92,5 %
Приморский край	92,3 %
Астраханская область	92,1 %
Камчатский край	91,4 %
Курганская область	91,3 %
Чеченская Республика	90,4 %
Республика Крым	88,1 %
Владимирская область	88,1 %
Республика Хакасия	86,3 %
Республика Бурятия	85,2 %

Таблица 5 / Table 5

Десять субъектов РФ с наибольшими значениями динамики энергоёмкости ВРП /
Ten subjects of the Russian Federation with the highest values of dynamics of GRP energy intensity

Название области / Subject	Значение, % / Value, %
1	2
Сахалинская область	100,9 %
Еврейская автономная область	100,4 %
Республика Коми	100,3 %
Новгородская область	100,3 %
Тверская область	99,5 %

Окончание табл. 5

Название области / Subject	Значение, % / Value, %
1	2
Республика Ингушетия	99,4 %
Республика Башкортостан	99,2 %
Калужская область	99,1 %
г. Севастополь	98,1 %
Ямало-Ненецкий автономный округ	97,8 %

Если рассматривать только 2021 год (последний год с доступными данными по показателю энергоёмкости ВРП), то 10 регионов РФ

с наибольшими и наименьшими значениями показателя выглядят следующим образом (табл. 6).

Таблиц 6 / Table 6

Десять регионов РФ с наибольшими и наименьшими значениями показателя энергоёмкости ВРП / Ten regions of the Russian Federation with the highest and lowest values of the GRP energy intensity indicator

Наименьшие значения показателя в 2021 г. / The lowest indicator values in 2021		Наибольшие значения показателя в 2021 г. / The highest indicator values in 2021	
г. Москва	29,72509	Чеченская Республика	218,1941
г. Санкт-Петербург	46,15454	Республика Коми	220,7718
Калининградская область	59,45488	Оренбургская область	238,2703
Камчатский край	66,42075	Челябинская область	256,0762
Московская область	70,79057	Иркутская область	256,2771
Республика Саха (Якутия)	75,23686	Республика Тыва	288,2909
Сахалинская область	79,02662	Республика Хакасия	308,5404
Магаданская область	82,05036	Липецкая область	322,0854
Новосибирская область	83,24776	Кемеровская область	372,7645
Республика Дагестан	90,42954	Вологодская область	400,7082

Для подтверждения или опровержения гипотезы о зависимости энергоёмкости ВРП и индекса промышленного производства был проведен корреляционный анализ на следующих показателях: X1–X6 – индексы промышленного производства субъектов Российской Федерации за 2016–2021 годы соответственно (%); Y – энерго-

ёмкость ВРП исследуемых субъектов. Результат (табл. 7) показывает отсутствие подобной взаимосвязи.

Таким образом, для определения структуры зависимости показателя энергоёмкости ВРП по субъектам РФ необходимо выбрать более широкую систему показателей.

Таблица 7 / Table 7

Коэффициенты корреляции между индексами промышленного производства и энергоёмкостью ВРП в РФ / Correlation coefficients between industrial production indices and GRP energy intensity in the Russian Federation

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
X1	1						
X2	0,206814	1					

Окончание табл. 7

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
X3	0,117349	0,374949	1				
X4	0,139074	0,014862	-0,45721	1			
X5	-0,44525	-0,16569	0,080416	-0,08605	1		
X6	0,063171	-0,30156	-0,1764	0,21314	0,141712	1	
Y	0,045313	-0,06494	-0,10031	-0,11903	-0,15859	-0,1857	1

В последующий анализ были включены относительные параметры (темпы роста) таких показателей развития субъектов Российской Федерации, как численность населения (X1), реальные денежные доходы населения (X2), реальные потребительские расходы населения (X3), реальная начисленная заработная плата работников организаций (X4), валовой региональный продукт (X5), инвестиции в основной капитал (X6), промышленное производство (X7), продукция сельского хозяйства всего

(X8), в т. ч. производство продукции растениеводства (X9) и животноводства (X10), ввод в действие жилых домов (X11), оборот розничной торговли (X12), производительность труда (X13), энергоёмкость (Y).

Ввиду того что совокупность субъектов РФ по большинству социально-экономических показателей слабо однородна, следовало ожидать незначимых величин t-статистики Стьюдента и F-критерия Фишера при проведении регрессионного анализа по всем показателям (рис. 3).

```

Multiple Regression Results

Dependent: Y                Multiple R = ,46892372      F = 1,539442
                             R2 = ,21988945      df = 13,71
No. of cases: 85           adjusted R2 = ,07705231      p = ,124792
                             Standard error of estimate: 62,945399989
Intercept: 2385,0397454    Std. Error: 1125,419      t( 71) = 2,1192      p = ,0376

X2 b*=-,16                 X3 b*=-,012                X4 b*=-,08
X5 b*=-,022                 X6 b*=-,065                X7 b*=-,19
X8 b*=-,74                  X9 b*=-,531                X10 b*=-,466
X11 b*=-,04                 X12 b*=-,053               X13 b*=-,08
X1 b*=-,20

(significant b* are highlighted in red)

```

Рис. 3. Результаты регрессионного анализа по исследуемому набору социально-экономических показателей субъектов РФ за 2021 год / Fig. 3. Results of regression analysis for the studied set of socio-economic indicators of the constituent entities of the Russian Federation for 2021

Таким образом, исходя из классической методики построения модели зависимости [10], необходимо сформировать однородные группы субъектов по комплексу исследуемых показателей, построив по каждой группе индивидуальную модель регрессии.

В результате проведения кластерного анализа методом К-средних сформированы три кластера разной размерности: кластер 1–44

субъекта РФ, кластер 2–33, кластер 3–8 субъектов РФ.

Регрессионный анализ для кластера 1 (рис. 4) показал отсутствие зависимости между энергоёмкостью субъектов, входящих в данный кластер и используемыми социально-экономическими показателями. Причину этого можно объяснить как использованием неинформативных показателей, так и оставшейся неоднородностью группы субъектов.

```

Multiple Regression Results

Dependent: Y           Multiple R = ,42692742       F = ,8420405
                      R?= ,18226702         df = 9,34
No. of cases: 44      adjusted R?= -,03419171       p = ,583489
                      Standard error of estimate:25,614920675
Intercept: -130,7049531 Std.Error: 713,0445 t( 34) = -,1833 p = ,8556

X1 b*=-,282           X3 b*=-,26           X4 b*=-,11
X5 b*=-,07            X6 b*=-,18           X7 b*=-,055
X9 b*=-,060           X10 b*=-,16          X11 b*=-,052
    
```

(significant b* are highlighted in red)

Рис. 4. Результаты регрессионного анализа по первому кластеру за 2021 год /
Fig. 4. Results of regression analysis for the first cluster for 2021

По второму кластеру были проведены пред-варительные статистические операции, исклю-чающие мультиколлинеарность. В результате наблюдаем зависимость энергоемкости от пока-зателя X10 – производство продукции животно-водства (рис. 5). Состав второго кластера отчасти объясняет данный результат, так как в него вхо-

дит достаточно большое количество регионов с развитой аграрной системой: Краснодарский край, Ростовская область, Республика Крым, Во-ронезская область, Республика Калмыкия и проч.

По третьему кластеру получены наиболее ин-формативные результаты (рис. 6).

```

Multiple Regression Results

Dependent: Y           Multiple R = ,68437502       F = 1,938210
                      R?= ,46836917         df = 10,22
No. of cases: 33      adjusted R?= ,22671880       p = ,094138
                      Standard error of estimate:19,779687570
Intercept: 701,97672123 Std.Error: 565,0757 t( 22) = 1,2423 p = ,2272

X1 b*=-,23           X2 b*=-,040          X4 b*=-,057
X6 b*=-,22           X7 b*=-,31           X9 b*=-,02
X10 b*=-,541         X11 b*=-,118         X12 b*=-,015
X13 b*=-,066
    
```

Рис. 5. Результаты регрессионного анализа по второму кластеру за 2021 год /
Fig. 5. Results of regression analysis for the second cluster for 2021

```

Multiple Regression Results

Dependent: Y           Multiple R = ,99459053       F = 36,67246
                      R?= ,98921032         df = 5,2
No. of cases: 8      adjusted R?= ,96223612       p = ,026756
                      Standard error of estimate:11,272750268
Intercept: 462,43090203 Std.Error: 497,6029 t( 2) = ,92932 p = ,4508

X5 b*=-,747           X10 b*=-,625         X11 b*=-,345
X13 b*=-,97          X12 b*=-,62
    
```

Рис. 6. Результаты регрессионного анализа по третьему кластеру за 2021 год /
Fig. 6. Results of regression analysis for the third cluster for 2021

Анализ показал, что динамика энергоёмкости субъектов третьего, наименее представительного кластера, существенно зависит от показателей динамики таких показателей, как валовой региональный продукт (X5), производство продукции животноводства (X10), оборот розничной торговли (X12) – обратное воздействие, производительность труда (X13).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Энергоёмкость валового регионального продукта в Российской Федерации в целом и в большинстве субъектов снижается.

2. Для большинства субъектов Российской Федерации отсутствует зависимость энергоёмкости от показателей, входящих в перечень основ-

ных социально-экономических показателей Росстата за 2021 год.

3. На основании проведенного исследования следует сделать вывод, что к снижению темпов энергоёмкости ВРП регионов Российской Федерации имеет отношение динамика оборота розничной торговли, то есть с ростом данного оборота энергоёмкость снижается. Логика заключается в том, что при этом мы переходим от производящих и обрабатывающих секторов экономики к сфере перераспределения, что само по себе низкокзатратно с точки зрения потребления энергии.

4. Для получения более полной картины следует провести подобные исследования в разрезе отраслей региональных экономик. Это покажет, насколько каждая из исследуемых отраслей экономики РФ энергоэффективна.

1. Марченко Е. М. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности // Энергосбережение и водоподготовка: научно-технический журнал. 2009. № 1. С. 2–3.

2. Башмаков И. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты, выгоды // Вопросы экономики. 2009. № 2. С. 71–89. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-2-71-89>

3. Мазурова О. В. Оценка влияния новых технологий на снижение энергоёмкости промышленности // Технические науки в России и за рубежом: матер. I Междунар. науч. конф. (г. Москва, май 2011 г.). Москва : Ваш полиграфический партнер, 2011. С. 58–65. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/3/422/> (дата обращения: 09.10.2023).

4. Смышляева Е. Г. Энергоёмкие промышленные предприятия в условиях энергетического рынка в России // Актуальные вопросы экономики и управления: матер. I Междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). Т. 1. Москва : РИОР, 2011. С. 83–87. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/9/243/> (дата обращения: 09.10.2023).

5. Савичев К. Д., Глухов В. В. Влияние энергоёмкости ВВП на качество жизни: показатели оценки и методы государственной поддержки // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер.: Экономические науки. 2018. Т. 11. № 1. С. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11107>

6. Левченко А. Ю. Факторный анализ энергоёмкости выпускаемой продукции // Молодой ученый. 2017. № 21 (155). С. 207–209. URL: <https://moluch.ru/archive/155/43845/> (дата обращения: 09.10.2023).

7. Басараба А. Ю. Анализ энергоэффективности ВВП Китайской Народной Республики согласно пирамидальной модели эффективности: ключевые факторы снижения энергоёмкости и уроки для Республики Беларусь // Новая экономика. 2017. № 1. С. 75–82.

8. Башмаков И. А., Мышак А. Д. Измерение и учет энергоэффективности // Академия Энергетики. 2012. № 4 (48). С. 66–74.

9. Любушин Н. П., Бабичева Н. Э., Коньшков А. С. Устойчивое развитие: оценка, анализ, прогнозирование // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. Вып. 12. С. 2392–2406. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoerazvitie-otsenka-analiz-prognozirovanie?ysclid=lq4yoezk6498158112> (дата обращения: 09.10.2023).

10. Mahmood T., Ahmad E. The relationship of energy intensity with economic growth: Evidence for European economies // Energy Strategy Reviews. 2018. Vol. 20. Pp. 90–98. URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=oDpFCsgAAAAJ&citation_for_view=oDpFCsgAAAAJ:-95Q15plzcUC (дата обращения: 09.10.2023).

11. Ezcurra R. Distribution dynamics of energy intensities: A cross-country analysis // Energy Policy. 2007. Vol. 35. Iss. 10. Pp. 5254–5259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.006>

Статья поступила в редакцию 13.10.2023 г.; одобрена после рецензирования 02.11.2023 г.; принята к публикации 07.11.2023 г.

Об авторах

Швецов Андрей Владимирович

доктор экономических наук, профессор, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-35940636>, av.shvetsov@yandex.ru

Швецова Наталия Кимовна

кандидат экономических наук, доцент, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-00020449-3864>, shvetsoff@rambler.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Marchenko E. M. Ob energosberezhenii i povyshenii energoeffektivnosti [On energy saving and increasing energy efficiency]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka: nauchno-tehnicheskii zhurnal* = Energy Saving and Water Treatment, 2009, no. 1, pp. 2–3. (In Russ.).
2. Bashmakov I. Rossiiskii resurs energoeffektivnosti: masshtaby, zatraty, vygody [Russian energy efficiency potential: scale, costs, and benefits]. *Voprosy ekonomiki* = Economy Issues, 2009, no. 2, pp. 71–89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-2-71-89>
3. Mazurova O. V. Otsenka vliyaniya novykh tekhnologii na snizhenie energoemkosti promyshlennosti [Assessing the influence of new technologies on reducing the energy intensity of industry]. *Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy I Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Moskva, mai 2011)* = Technical sciences in Russia and abroad: materials of the I International scientific conference (Moscow, May 2011), M., Your printing partner Publ., 2011, pp. 58–65. Available at: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/3/422/> (accessed 10.09.2023). (In Russ.).
4. Smyshlyaeva E. G. Energoemkie promyshlennye predpriyatiya v usloviyakh energeticheskogo rynka v Rossii [Energy-intensive industrial enterprises in the energy market in Russia]. *Aktual'nye voprosy ekonomiki i upravleniya* = Current Issues of Economics and Management: materials of the I International scientific conference (Moscow, April 2011), vol. 1, Moscow, RIOR Publ., 2011, pp. 83–87. Available at: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/9/243/> (accessed 10.09.2023). (In Russ.).
5. Savichev K. D., Glukhov V. V. Vliyaniye energoemkosti VVP na kachestvo zhizni: pokazateli otsenki i metody gosudarstvennoi podderzhki [Effect of GDP energy intensity on the quality of life: assessment indicators and methods of state support]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser.: Ekonomicheskie nauki* = π – Economy, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 77–86. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.11107>
6. Levchenko A. Yu. Faktornyi analiz energoemkosti vypuskaemoi produktsii [Factor analysis of the energy intensity of manufactured products]. *Molodoi uchenyi* = Young scientist, 2017, no. 21 (155), pp. 207–209. Available at: <https://moluch.ru/archive/155/43845/> (accessed 10.09.2023). (In Russ.).
7. Basaraba A. Yu. Analiz energoeffektivnosti VVP Kitaiskoi Narodnoi Respubliki soglasno piramidal'noi modeli effektivnosti: klyuchevye faktory snizheniya energoemkosti i uroki dlya Respubliki Belarus' [Analysis of the energy efficiency of the GDP of the People's Republic of China according to the pyramidal efficiency model: key factors for reducing energy intensity and lessons for the Republic of Belarus]. *Novaya ekonomika* = New Economy, 2017, no. 1, pp. 75–82. (In Russ.).
8. Bashmakov I. A., Myshak A. D. Izmereniye i uchet energoeffektivnosti [Measurement and accounting of energy efficiency]. *Akademiya Energetiki* = Academy of Energy, 2012, no. 4 (48), pp. 66–74. (In Russ.).
9. Lyubushin N. P., Babicheva N. E., Konyshkov A. S. Ustoichivoe razvitiye: otsenka, analiz, prognozirovaniye [Sustainable development: evaluation, analysis, forecasting]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = Economic Analysis: Theory and Practice, 2017, vol. 16, issue 12, pp. 2392–2406. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitiye-otsenka-analiz-prognozirovaniye?ysclid=lq4yeozk6498158112> (accessed 09.10.2023). (In Russ.).
10. Mahmood T., Ahmad E. The relationship of energy intensity with economic growth: Evidence for European economies. *Energy Strategy Reviews*, 2018, vol. 20, pp. 90–98. Available at: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=oDpFCsgAAAAJ&citation_for_view=oDpFCsgAAAAJ:-95Q15plzcUC (accessed 09.10.2023). (In Eng.).
11. Roberto Ezcurra Distribution dynamics of energy intensities: A cross-country analysis. *Energy Policy*, 2007, vol. 35, issue 10, pp. 5254–5259. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.006>

The article was submitted 13.10.2023; approved after reviewing 02.11.2023; accepted for publication 07.11.2023.

About the authors

Andrey V. Shvetsov

Dr. Sci. (Economics), Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3594-0636>, av.shvetsov@yandex.ru

Natalia K. Shvetsova

Ph. D. (Economics), Associate Professor, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0449-3864>, shvetsoff@rambler.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

**ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМОМУ МАТЕРИАЛУ
В ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
СЕРИЯ “СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ”»**

Уважаемые авторы!

Редакционная коллегия журнала просит вас обратить внимание на *следующие требования*:

1. Индекс УДК статьи, код и расшифровка научной специальности.
2. Заглавие на русском и английском языках.
3. Инициалы и фамилия автора(ов) (не более 4-х) (также транслит).
4. **Сведения об авторе(ах)** – фамилия, имя, отчество, место работы (название организации (рус./англ.) должно совпадать с названием в Уставе), город, страна, набирают строчными буквами, светлым курсивом, располагают по центру (также перевод на англ. яз.). При транслитерации ФИО автор должен придерживаться единообразного их написания во всех статьях.
5. **Аннотация.** Набирают строчными буквами, шрифт прямой светлый, располагают по ширине. **Аннотация должна быть на русском и английском языках.** Текст аннотации должен включать не менее 200–250 слов. Текст должен быть структурированным, т. е. повторять в кратком виде рубрики статьи: **введение, цель исследования; материалы и методы; результаты, обсуждение; заключение.**
6. **Ключевые слова** (6–10 слов и словосочетаний) выбирают из текста публикуемого материала. Набирают на русском и английском языках строчными буквами, шрифт прямой светлый, располагают отдельной строкой по ширине.
7. **Благодарности** (необязательный элемент статьи). Автор выражает: признательность коллегам, научному руководителю за помощь, благодарность фондам и учреждениям за финансовую поддержку исследования.
8. **Текст статьи** необходимо набирать 14 кг, поля – 2 см, шрифт – Times New Roman, 1,5 интервал). Объем – 10–15 страниц. *В объем входят аннотация, текст, таблицы, рисунки, список литературы.* Статья должна быть структурирована, т. е. содержать введение, цель исследования; материалы и методы; результаты, обсуждение; заключение. Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках. Статья должна содержать *внутритекстовые библиографические ссылки*, оформленные в квадратных скобках, со ссылкой на порядковый номер использованной работы в приставленном списке литературы, например: [2]. Если ссылка приводится на конкретный фрагмент текста документа, в отсылке указываются также страницы, на которых помещен объект ссылки, например: [2, с. 81]. Если ссылка включает несколько использованных работ, то внутри квадратных скобок они разделяются точкой с запятой, например: [4, с. 15; 5, с. 123].
9. **Список литературы** (ГОСТ Р 7.0.5–2008) под заголовком «Литература» (располагается по центру), приводится в конце статьи. Список литературы включает в себя **не менее 10 наименований**, из них 5 – обязательно научные статьи по соответствующей тематике, изданные за последние 3–5 лет с указанием DOI статьи или ссылкой на нее в Интернете (например, в e-library или «КиберЛенинке»). Издания в списке располагаются в алфавитном порядке, сначала на русском, затем на иностранных языках. Далее список литературы *транслитерируется* и переводится. Внимание! В список литературы помещаются ТОЛЬКО научные статьи и монографии. Учебники, учебные пособия в библиографию не включаются. Также не следует включать в список литературы диссертации и авторефераты диссертаций из-за их труднодоступности для читателя. Источники, федеральные законы, архивные документы, акты, статистические данные литературные произведения оформляются в виде постраничных сносок.
10. Аффiliation авторов Ф. И. О., организация(и), адрес организации(й) (требуется указать все места работы автора, в которых выполнялись исследования (постоянное место, место выполнения проекта и др.)), должность и ученое звание, ORCID ID, электронная почта, телефон, почтовый адрес для отправки авторского экземпляра. Приводится на русском и английском языках.
11. Вклад соавторов. В конце рукописи авторам необходимо включить примечания, в которых разъясняется фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу. Порядок указания авторов и соавторов статьи согласуется ими самостоятельно. Приводится на русском и английском языках.
12. Для аспирантов и соискателей необходимо приложить скан отзыва научного руководителя с подписью и печатью. Отзыв научного руководителя не является гарантом опубликования статьи, решение будет приниматься исключительно по результатам двойного слепого рецензирования. Кандидатам, докторам наук сопроводительные рецензии не требуются.

Статьи, оформленные в соответствии с требованиями, необходимо отправлять на vestnik.margu@mail.ru

Материалы, оформленные не по требованиям, редакцией не рассматриваются.

Просим обратить внимание! Не допускается направление в редакцию уже опубликованных статей или статей, отправленных на публикацию в другие журналы. В случае обнаружения одновременной подачи рукописи в несколько изданий опубликованная статья будет ретрагирована (отозвана из печати). Мониторинг несанкционированного цитирования осуществляется с помощью систем «Антиплагиат».

Все спорные вопросы решаются в переписке, вся переписка сохраняется.

Телефон для справок: 8 (8362) 68-79-97 (1565)

Проректор по НР – *Леухин Анатолий Николаевич*

Ответственный секретарь, зав. редакцией научной и учебной литературы – *Крылова Ольга Сергеевна* (vestnik.margu@mail.ru)

FOR AUTHORS

Dear authors!

Please pay attention to the following requirements:

1. Article **UDC** index.

2. The title is in Russian and English.

3. Initials and surname of the author(s) (no more than 4) (also translit).

4. **Information about the author(s)** – first name, patronymic, and surname, place of work (name of the organization (Rus/Eng) must match the name in the Charter), city, country, should be written in lower-case letters, light italic type, and centered (as well as English translation). When transliterating first and last names, the author must adhere to uniform spelling in all articles.

5. **Abstract.** Lower-case letters, font direct light, a width. The abstract should be in Russian and in English. Abstract should be a minimum of 200–250 words. The text should be structured, that is, should briefly repeat the heading of the article: purpose of the study; materials and methods; results, discussions; conclusion.

6. **Keywords** (6–10 words and phrases) are chosen from the text of the published material. They should be written in the Russian and English languages by lower case letters, font direct light, in the separate line by width.

7. **Acknowledgements** (optional element in the article). The author expresses his gratitude to colleagues or supervisor for help, thanks to funds and institutions for their financial support of the study.

8. **Text of article** should be printed in 14 pt, margins – 2 cm, type – Times New Roman, interval – 1,5). Volume – 10–15 pages. Abstract, text, tables, illustrations and list of references are a part of this amount. The article should be structured, i.e. contain the introduction, the purpose of the study; materials and methods; results, discussion; conclusion. All names, notes and structural elements of graphs, tables, schemes, etc. should be made both in Russian and in English. The article should contain inline bibliographic references, enclosed in square brackets, with reference to the sequence number of the work used in the list of literature, such as: [2]. If the link is to a specific piece of the text, you must specify the page on which the reference object is placed, for example: [2, p. 81]. If the reference includes several works, it is separated by semicolons inside the square brackets, for example: [4, p. 15; 5, p. 123].

9. **References** (GOST R 7.0.5-2008) under the heading “References” (located in the center) is given at the end of the article. The list of references includes no less than 10 titles, 5 of them are research papers on relevant topics, published in the last 3–5 years, with the DOI indicated of the reference to it on the Internet (e.g. e-library). Publications in the list are arranged in alphabetical order, first in Russian, then in foreign languages. Then the bibliography is transliterated and translated. Attention! The list of literature contains ONLY scientific articles and monographs. Textbooks and tutorials are not included in the references. Do not include in the list of literature dissertations and abstracts of dissertations because of their inaccessibility to the reader. Sources, federal laws, archival documents, acts, statistics, literary works are made out in the form of footnotes.

10. Author affiliation, full name, organization(s), address of organization(s) (it is required to indicate all the author's places of employment where the research was carried out (permanent place, place of project implementation, etc.)), position and academic title, ORCID ID, e-mail, phone, mailing address for sending the author's copy. It is given both in Russian and in English.

11. Contribution of co-authors. At the end of the manuscript, the authors should include the notes that explain the actual contribution of each co-author to the study done. The order of the authors and co-authors of the article is agreed independently. It is given both in Russian and in English.

12. Graduate students and applicants should attach scanned reviews of the supervisor, signed and stamped. The review of the supervisor does not guarantee publication, the decision will be made solely on the results of the double-blind peer review. Applicants, doctors shouldn't have accompanying review.

All publications are free.

Articles drawn up in accordance with the requirements, should be sent to e-mail: vestnik.margu@mail.ru

The editorial board does not accept materials written with violation of the requirements.

Please pay attention! It is not allowed to send to the editorial board already published articles or articles sent for publication in other journals. If a simultaneous submission of a manuscript to several publications is found, the published article will be retracted (called back from the printing). Monitoring of unauthorized citation is made with the “Anti-plagiarism” systems.

All dispute issues are discussed in correspondence, all correspondence is saved.

Telephone: 8 (8362) 68-79-97 (1565)

Vice-Rector for Research Activity – *Anatoliy N. Leukhin*

Head of the the editorial board of scientific and educational literature – *Olga S. Krylova* (vestnik.margu@mail.ru)

АЛГОРИТМ РАБОТЫ С НАУЧНОЙ СТАТЬЕЙ

