Том 14, №2, '2022

ISSN 2077-2084

DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.023

12+

ВЕСТНИК

РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА

ВЕСТНИК
РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени П. А. КОСТЫЧЕВА

Входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки

***05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)*

***05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки)*

***05.20.03** – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки)*

***06.01.01** – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки)*

***06.01.02** – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)*

***06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки)*

***06.02.05** – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (биологические науки)*

***06.02.05** – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (ветеринарные науки)*

***06.02.07** – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки)*

***06.02.07** – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (биологические науки)*

***06.02.10** – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)*

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года

Выходит один раз в квартал

Том 14, № 2, 2022

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

Главный редактор
С. Н. Борычев,
д-р техн. наук, профессор

Заместитель главного редактора
Л. Н. Лазуткина,
д-р пед. наук, доцент

Технический редактор
М. Ю. Пикушина,
канд. эконом. наук, доцент

Члены редакционной коллегии:

Л. А. Антипкина, канд. с.-х. наук, доцент, доцент
Н. Г. Байбобоев, д-р техн. наук, профессор
С. Н. Борычев, д-р техн. наук, профессор,
М. А. Габибов, д-р с.-х. наук профессор,
Г. В. Гавардашвили, д-р техн. наук, профессор,
П. П. Гамаюнов, д-р техн. наук, профессор,
И. К. Данилов, д-р техн. наук, доцент,
К. Н. Дрожжин, канд. с.-х. наук, доцент,
В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор,
А. М. Зайцев, канд. с.-х. наук,
О. А. Захарова, д-р с.-х. наук,доцент,
В. В. Калашников, д-р с.-х. наук профессор,
Д. Е. Каширин, д-р техн. наук, доцент,
Л. Г. Каширина, д-р биол. наук профессор,
К. С. Степанович д-р биол. наук, профессор
А. А. Коровушкин, д-р биол. наук, профессор
М. Ю. Костенко, д-р техн. наук, доцент,
Я. В. Костин, д-р с.-х. наук, профессор
К. К. Кулибеков, канд. с.-х. наук
В. И. Левин, д-р с.-х. наук, профессор,
Н. В. Лимаренко, канд. техн. наук,
О. В. Лукьянова, канд. с.-х. наук, доцент,
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор,
В. П. Максименко, д-р с.-х. наук, доцент
Н. И. Морозова, д-р с.-х. наук, профессор
Ф. А. Мусаев, д-р с.-х. наук, профессор
М. Г. Мустафаев, д-р аграрных наук, доцент
А. И. Новак, д-р биол. наук,доцент
М. Д. Новак, д-р биол. наук, профессор,
Г. В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
Е. Н. Правдина, канд. с.-х. наук, доцент
Г. К. Рембалович, д-р техн. наук, доцент
А. П. Савельев, д-р техн. наук, профессор
О. В. Савина, д-р с.-х. наук, профессор
В. Г. Семенов, д-р биол. наук, профессор
А. А. Симдянкин, д-р техн. наук, профессор
О. И. Соловьева, д-р с.-х. наук,доцент
Д. И. Удавлиев, д-р биол. наук
И. А. Успенский, д-р техн. наук, профессор
Р. Н. Ушаков, д-р с.-х. наук,профессор
Г. Н. Фадькин, канд. с.-х. наук, доцент,
О. А. Федосова, канд. биол. наук,
Л. А. Храброва, д-р с.-х. наук, профессор
М. Н. Чаткин, д-р техн. наук, профессор,
А. Ф. Шевхужев, д-р с.-х. наук, доцент,
А. В. Шемякин, д-р техн. наук, профессор,
Ю. Х. Шогенов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, академик РАН,
И. А. Юхин, д-р техн. наук, профессор,

Компьютерная верстка и дизайн – **Н. В. Симонова**

Корректор – **Е. Л. Малинина**

Перевод – **В. В. Романов, И. В. Чивилёва.**

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Тираж 700.Первый завод 200. Заказ № 1513 Дата выхода в свет 30.06.2022 г.

Регистрационная запись СМИ ПИ № ФС77-51956, зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 29 ноября 2012 г.
Отпечатано в Издательстве ФГБОУ ВО РГАТУ. Адрес издательсва, типографии: г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103. Цена издания 185 руб. 50 коп.
Подписной индекс издания в катологе "Пресса России" 82422

HERALD OF
RYAZAN STATE AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY
Named after P.A. Kostychev

Scientific-Production Journal

It is included in the list of peer-reviewed scientific publications, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science, for the degree of Doctor of Science, on scientific specialties and their respective branches of science:

***05.20.01** - Technologies and means of agricultural mechanization (Technical Sciences)*
***05.20.01** - Technologies and means of agricultural mechanization (Agricultural Sciences)*
***05.20.03** - Technologies and means of technical maintenance in agriculture (Technical Sciences)*
***06.01.01** - General agriculture, plant growing (Agricultural Sciences)*
***06.01.02** - Irrigation, land reclamation and land protection (Agricultural Sciences)*
***06.01.04** – Agrochemistry (Agricultural Sciences)*
***06.02.05** - Veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene, and veterinary-sanitary expertise (Biological Sciences)*
***06.02.05** - Veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene, and veterinary-sanitary expertise (Veterinary Sciences)*
***06.02.07** – Breeding, selection and genetics of farm animals (Agricultural Sciences)*
***06.02.07** – Breeding, selection and genetics of farm animals (Biological Sciences)*
***06.02.10** – Private livestock, technology of livestock products production (Agricultural Sciences)*

Issued since 2009

ssued once a quarter

Tom 14 # 2, 2022

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev"

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief
S. N. Borychev,
Doctor of Technical Science, Full Professor

Editor in Chief Deputies
L. N. Lazutkina,
Doctor of Pedagogical Science, Associate Professor

Technical editor
M. Y. Pikushina,
Candidate of Economic Science, Associate Professor

Editorial Staff:

L. A. Antipkina, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
N. G Baiboboev, Doctor of Technical Science, Full Professor
S. N. Borychev, Doctor of Technical Science, Full Professor
M. A. Gabibov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
G. V. Gavardashvili, Doctor of Technical Science, Full Professor
P. P. Gamayunov, Doctor of Technical Science, Full Professor
I. K. Danilov, Doctor of Technical Science, Associate Professor
K. N. Drozhzhin, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
V. I. Zhelyazko, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
A. M. Zaitsev, Candidate of Agricultural Science
O. A. Zakharova, Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
V. V. Kalashnikov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
D. E. Kashirin, Doctor of Technical Science, Associate Professor
L. G. Kashirina, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
S. S. Kozak, Doctor of Biological Science
A. A. Korovushkin, Doctor of Biological Science, Full Professor
M. Y. Kostenko, Doctor of Technical Science, Associate Professor
Y. V. Kostin, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
K. K. Kulibekov, Candidate of Agricultural Science
V. I. Levin, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
N. V. Limarenko, Candidate of Technical Science
O. V. Lukyanova, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
Y. A. Mazhaysky, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. P. Maksimenko, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
N. I. Morozova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
F. A. Musaev, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. G. Ogly. Mustafayev Doctor of Agrarian Sciences, Associate Professor
A. I. Novak, Doctor of Biological Science, Associate Professor
M. D. Novak, Doctor of Biological Science, Full Professor
G. V. Olgarenko, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
E. N. Pravdina, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
G. K. Rembalovich, Doctor of Technical Science, Associate Professor
A. P. Savelyev, Doctor of Technical Science, Full Professor
O. V. Savina, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. G. Semenov, Doctor of Biological Science, Full Professor
A. A. Simdyankin, Doctor of Technical Science, Full Professor
O. I. Solovyeva, Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
D. I. Udavliev, Doctor of Biological Science
I. A. Uspenskiy, Doctor of Technical Science, Full Professor
R. N. Ushakov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
G. N. Fadkin, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
O. A. Fedosova, Candidate of Agricultural Science
L. A. Khrabrova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. N. Chatkin, Doctor of Technical Science, Full Professor,
A. F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
A. V. Shemyakin, Doctor of Technical Science, Full Professor
Y. K. Shogenov Doctor of Technical Science, Senior Researcher, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS)
A. Yukhin, Doctor of Technical Science, Associate Professor

Computer-Aided Makeup and Design – **N. V. Simonova**
Proof-Reader – **E. L. Malinina**
Translation – **V. V. Romanov, I. V. Chivilyova**

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1., RM. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. Order No. 1513 Date of publication
Date of publication. 30.06.2022

A record CMI PI № FS77-51956, registered by the Federal service for supervision in the spherical of communications, information technology and public communications on November 29, 2012
Printed in the Publishing house of the RGATU. Address of the publishing house, printing house:
Ryazan, Kostycheva str., 1., room 103. the price of the publication is 185 rubles. 50 kopecks. Subscription index of the publication in the katologue "Press of Russia" 82422

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

БОХАН А. И., ЮДАЕВА В. Е., КРЮКОВ А. И., КОЦАРЕВА Н. В. *Оценка коллекционных образцов свеклы по хозяйственно ценным признакам* 5

ВАХОНИНА Е. А., ЛАПЫНИНА Е. П. *Антиокислительная активность прополиса, подмора пчел и их фракций* 17

ГЕРЦЕВА К. А. НИКУЛОВА Л. В., КУПЦОВА А. А., ИЛЬИНА М. В., БУРМИНА А. В. *Эффективное лечение острого асептического тендовагинита у лошадей* 25

ГУЛИДОВА В. А. *Продуктивность гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave в условиях северо-западной части ЦЧР* 34

ЕСЕНКИНА С. Н. *Особенности минерального состава медов разного ботанического происхождения* 42

ЛЕНКОВА Н. В. *Метаболический стресс у коров при родильном парезе* 50

ЛУКЬЯНОВА О. В., СТУПИН А. С., АНТОШИНА О. А., КОНКИНА В.С., ВАВИЛОВА Н. В. *Эффективность использования биопрепарата для борьбы с листостебльными болезнями зерновых культур* 57

МАМЕДОВА У. *Исследование риска ветровой эрозии дистанционным зондированием на каштановых почвах* 65

РЕПЬЕВА Л. А., ЛАПЫНИНА Е. П. *Содержание макро- и микроэлементов в маточном молочке, полученном от разных пород пчел* 72

САДОВАЯ И. И., ЗАХАРОВА О. А., ЧЕРКАСОВ О. В., МУСАЕВ Ф. А., ФАТЬЯНОВ С. О. *Долгосрочное прогнозирование урожайности овса и озимой ржи в севообороте на основе расчетов имитационной модели агроэкосистемы* 80

СЕМЕНОВ В. Г., СИМУРЗИНА Е. П., КИРИЛЛОВ Н. К., НИКИТИН Д. А., ИВАНОВА Е. Н. *Нормализация обмена веществ высокопродуктивных новотельных коров комплексными биопрепаратами* 88

ТАРАКАНЕЦ Л. Д., КАБИЦКАЯ Я. А., ГЛАЗУНОВА Л. А., БОЙКО Е. Г. *Генетическая структура популяции северного оленя (rangifer tarandus) Тюменской области* 97

ТОРИКОВ В. Е., ПОГОНЫШЕВ В. А., ПОГОНЫШЕВА Д. А. *Состояние и перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства* 109

УЛИВАНОВА Г. В., КАРЕЛИНА О. А., ФЕДОСОВА О. А., БЫСТРОВА И. Ю., НЕЗАЛЕНОВА А. А. *Комплексное изучение молочной продуктивности коров голштинской породы и физико-химических свойств молока в условиях импортозамещения* 117

ФЕДОТОВА А. С., МАКАРСКАЯ Г. В., ТАРСКИХ С. В. *Генерация АФК в периферической крови крупного рогатого скота под действием «in vivo» и «in vitro» сверхмалых доз ионизирующего излучения* 125

КОСТИН Я. В., КОНЯЕВ Е. Р., ТРОЦ Н. М., ЖЕБРАТКИНА И. Я., АКУЛИНА И. А. *Сравнительная оценка совместного применения минеральных удобрений и биопрепарата при возделывании ячменя* 135

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

БОРЫЧЕВ С. Н., КАШИРИН Д. Е., ГОБЕЛЕВ К. Е., БОЧКОВ П. Э. *Теоретическое обоснование инфракрасной энергосберегающей сушки продуктов пчеловодства* 141

КОДИРОВ С. Т., РЕМБАЛОВИЧ Г. К., ПОЛИЩУК С. Д., СИМОНОВА Н. В., КОСТЕНКО Н. А. *Исследование процесса соударения клубней картофеля с комбинированными прутками элеватора картофелеуборочной машины* 149

ПЛОТНИКОВ С. А., КАНТОР П. Я., ПЛЯГО А. В., ПЛОТНИКОВА Ю. А. *Обоснование и разработка метода точного регулирования высококонцентрированных составов альтернативных топлив для автотракторного дизеля* 157

РОДИОНОВ Ю. В., НИКИТИН Д. В., ЗОРИН А. С., РЫБИН Г. В. *Комбинированная конструкция жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для технологических процессов АПК* 166

САВЕЛЬЕВ А. П., ГЛОТОВ С. В. НИКИФОРОВА И. А., ГЛУХАНКИНА А. Н. *Влияние агрессивной среды и температуры окружающей среды на огнестойкость железобетонных конструкций в АПК* 177

ФАДЕЕВ И. В., СТЕПАНОВА Е. И., ВОРОНОВ В. П., ПОЛИЩУК С. Д. *Анализ способов очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники* 183

Content

AGRICULTURAL SCIENCE

BOHAN A. I., YUDAEVA V. E., KRYUKOV A. I., KOTSAREVA N. V. Evaluation of collectible beet samples by economically valuable characteristics 5

VAHONINA E. A., LAPYNINA E .P Antioxidant activity of propolis, podmors and their fraction 17

GERTSEVA K. A., NIKULOVA L. V., KUPTSOVA A. A., ILINA M. V., BURMINA A. V. Effective treatment of acute aseptic tendovaginitis in horses 25

GULIDOVA V. A. Productivity of Sesvanderhave sugar beet hybrids in the conditions of the North-Western part of the Central Asian Republic 34

SVETLANA N. E. Features of the mineral composition of honey of different botanical origin 42

LENKOVA N. V. Metabolic stress in cows with puerperal paresis. 50

LUKYANOVA O. V., STUPIN A. S., ANTOSHINA O. A., KONKINA B. C., VAVILOVA N. V. The efficiency of using a biological product to combat leaf-stem diseases of cereal crops 57

MAMMADOVA U. Wind erosion risk investigation by remote sensing on chestnut soils 65

REPYEVA L. A., LAPYNINA E. P. The content of macro- and microelements in royal jelly obtained from different breeds of bees 72

SADOVAYA, I. I., ZAKHAROVA, O. A., CHERKASOV O. V., MUSAEV F. A., FATYANOV S. O. Long-term forecasting of the yield of oats and winter rye in crop rotation based on calculations of the simulation model of the agroecosystem 80

SEMENOV V. G., SIMURZINA E. P., KIRILLOV N. K., NIKITIN D. A., IVANOVA E. N. Normalization of metabolism of highly productive new-bodied cows with complex biologics. 88

TARAKANETS L. D., KABITSKAYA YA. A., GLAZUNOVA L. A., BOIKO E. G. Genetic structure of the reindeer (rangifer tarandus) population of the Tyumen region 97

TORIKOV V. E., POGONYSHEV V. A., POGONYSHEVA D. A. The state and prospects of the digital transformation of agriculture 109

ULIVANOVA G. V., KARELINA O. A., FEDOSOVA O. A., BYSTROVA I. YU., NEZALENOVA A. A. A comprehensive study of the milk productivity of Holstein cows and physical and chemical properties of milk in terms of import substitution 117

FEDOTOVA A. S., MAKARSKAYA G. V., TARSKIKH S. V. Generation of ROS in the peripheral blood of cattle under the influence of "in vivo" and "in vitro" ultra-low doses of ionizing radiation 125

KOSTIN Y. V., KONYAEV E. R., TROTS N. M., ZHEBRATKINA I. Y., AKULINA I.A. Comparative evaluation of the combined use of mineral fertilizers and a biological product when barley growing 135

TECHNICAL SCIENCE

BORYCHEV S. N., KASHIRIN D. E., GOBELEV K. E., BOCHKOV P. E. Theoretical justification of infrared energy-saving drying of bee products. 141

KODIROV S. T., REMBALOVICH G. K., POLISHCHUK S. D., SIMONOVA N. V., KOSTENKO N. A. Study of the process of impact of potato tubers with combined bars of a potato harvester elevator. 149

PLOTNIKOV S. A., KANTOR P. Ya., PLYAGO A.V., PLOTNIKOVA Yu. A. Justification and Development of a Method for Precise Regulation of Highly Concentrated Alternative Fuel Compositions for automotive diesel 157

RODIONOV YU. V., NIKITIN D. V., ZORIN A. S., RYBIN G. V. Combined design of a liquid ring vacuum pump for technological processes in the agro-industrial complex. 166

SAVELYEV A. P., GLOTOV S. V. NIKIFOROVA I. A., GLUKHANKINA A. N. the influence of aggressive environment and ambient temperature on the fire resistance of reinforced concrete structures in the agro-industrial complex. 177

FADEEV I. V., STEPANOVA E. I., VORONOV V. P. POLISHCHUK S. D. Analysis of environmental cleaning and washing of affected parts in the process of repairing units of automotive and tractor equipment. 183

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ,2022, т14, №2, с.5-16
Vestnik RGATU,2022,Vol.14, №2, pp.5-16

Научная статья
УДК 635.1:631.5
DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.001

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СВЕКЛЫ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

Александр Иванович Бохан [1]✉, ***Валентина Егоровна Юдаева*** [2], ***Александр Николаевич Крюков*** [3], ***Надежда Викторовна Коцарева*** [4]

[1,3,4] *Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п Майский, Россия*
[2] *ФНЦ Садоводства, г Москва, Россия*

[1]*alexboxan1980@mail.ru*
[2]*mos_vstisp@mail.ru*
[3]*krukov31@rambler.ru*
[4]*knv1510@mail.ru*

Аннотация.
Проблема и цель. *Включение в селекционный процесс источников хозяйственно ценных признаков свеклы позволит повысить продуктивность и качество продукции. Целью настоящей работы является оценка коллекционных образцов свеклы по комплексу хозяйственно ценных признаков, выделение источников для использования их в селекционном процессе.*
Методология. *Для достижения цели исследований и решения поставленной проблемы был заложен опыт в 2014-2016 гг. по оценке образцов свеклы на опытном поле и лабораторной базе ФГБНУ «ФНЦ Садоводства», расположенном в п. Михнево Ступинского района Московской области, в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, расположенном в п. Майский Белгородского района. Оценку коллекционных образцов кормовой, сахарной и столовой свеклы выполняли в полевых условиях на естественном фоне в период эпифитотии заболевания согласно руководствам «Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свёкла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак» (2003), «Методика полевого опыта в овощеводстве» (2011).*
Результаты. *Проведена оценка кормовой и сахарной свеклы. Установлено, что наибольший практический интерес представляют сорта 2-й группы (полусахарные), сочетающие сравнительно высокий урожай корнеплодов с повышенным содержанием сухого вещества и обеспечивающие максимальный сбор последнего на единице площади. Наиболее урожайными были образцы типично кормовой свеклы. Урожай сухих веществ корнеплодов типично кормовой свеклы составил 10,32, полусахарной – 9,79, сахаристой – 7,13 кг/10м². Среди полусахарных образцов наиболее урожайным был сорт Узбекская полусахарная. Наиболее урожайным образцом свеклы сахарной был Poly Past – 43,8 кг/10м²: содержание сухих веществ в корнеплодах – 18,8 %. Определены образцы свеклы столовой с комплексом хозяйственно ценных признаков.*
Заключение. *Выделены образцы многосемянной свеклы столовой с высокой урожайностью корнеплодов: с плоской формой корнеплода Extra Early Flat Egyptian (74,7кг/10м²), Пушкинская плоская (66,9кг/10 м²), Early Wonder (62,5 кг/10м²), с округлой и округло-плоской – Холодостойкая 19 (70,2 кг/10 м²), Ленинградская округлая (65,1кг/10 м²), Камуоляй-2 (63,9 кг/10 м²); с удлиненной – Cilindra (68,2 кг/10 м²). В качестве исходного материала для селекции выделены следующие образцы одно-*

© Бохан А. И., Юдаева В. Е., Крюков А. Н., Коцарева Н .В., 2022г.

семянной столовой свеклы: Хавская односемянная, Одноростковая, Banko, Adoptiv, Special Crosby, характеризующиеся округло-овальной формой корнеплода, односемянностью и розеткой листьев близкой к прямостоячей.

Ключевые слова: *свекла, коллекционные образцы, корнеплоды, урожайность, хозяйственно ценные признаки*

Для цитирования: *Бохан А.И., Юдаева В.Е., Крюков А.Н., Коцарева Н.В. Оценка коллекционных образцов свеклы по хозяйственно ценным признакам // Вестник Рязанского государственного агртехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, N 2. С.5-16 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.001*

Original article

EVALUATION OF COLLECTIBLE BEET SAMPLES BY ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS

Alexander I. Bokhan[1]✉, Valentina E. Yudaeva[2], Alexander N. Kryukov[3], Nadezhda V. Kotsareva[4]

[1,3,4] Belgorod State University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia
[2]Federal State Budgetary Institution of Horticulture, Moscow, Russia

[1]alexboxan1980@mail.ru
[2]mos_vstisp@mail.ru
[3]krukov31@rambler.ru
[4]knv1510@mail.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The inclusion of sources of economically valuable beet traits in the breeding process will increase the productivity and quality of products. The purpose of this work is to evaluate the collection samples of beets according to the complex of economically valuable traits, to identify sources for their use in the breeding process.*
Methods. *In order to achieve the research goal and solve the problem, experience was laid in 2014-2021 for the evaluation of beet samples at the experimental field and laboratory base of the FSBI "FNC Horticulture", located in the village of Mikhnevo, Stupinsky district, Moscow region, in the Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, located in the village of Maysky, Belgorod district. Evaluation of collection samples of fodder, sugar and table beets was performed in the field on a natural background during the epiphytotic period of the disease, according to "Methods of breeding and seed production of vegetable root crops: carrots, beets, radishes, radishes, daikon, turnips, rutabaga, parsnips" (2003), "Methods of field experience in vegetable growing" (2011).*
Results. *The evaluation of fodder and sugar beet has been carried out, it has been established that the varieties of the 2nd group (semi-sugar) are of the greatest practical interest, combining a relatively high yield of root crops with an increased content of dry matter and ensuring the maximum harvest of the latter per unit area. The most productive samples were typically fodder beets. The yield of dry matter of root crops of typically fodder beet was 10.32 kg, semi-sugary 9.79 kg, sugary 7.13 kg /10m². Among the semi-sugar samples, the Uzbek semi-sugar variety was the most productive. The most productive sugar beet sample was Poly Past - 43.8 kg/10m²: the dry matter content in root crops was 18.8%. Samples of canteen beets with a complex of economically valuable traits were identified.*
Conclusion*. Samples of multi-seeded canteen beet with high yields of root crops were identified: with a flat root crop Extra Early Flat Egyptian (74.7kg/10m2), Pushkinskaya (66.9kg/10 m²), Early Wonder (62.5 kg/10m²), with rounded and rounded–flat - Holodostoykay 19 (70.2 kg/10 m²), Leningrad rounded (65.1kg/10 m²), Kamuolai-2 (63.9 kg/10 m²); with elongated - Cilindra (68.2 kg/10 m²). The following samples of single-seeded table beet were selected as the starting material for breeding: Khavskay, Odnorostkovay, Banko, Adoptiv, Special Crosby, characterized by a rounded-oval root crop, single-seeded and a rosette of leaves close to erect.*

Key words: *beetroot, collectible samples, root crops, yield, economically valuable signs*

For citation: *Bohan A.I., Yudaeva V.E., Kryukov A.N., Kotsareva N.V. Evaluation of collectible beet samples by economically valuable characteristics // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No 2. P 5-16 (in Russ.).https://doi.org/* 10.36508/RSATU.2022.54.2.001

Введение

Среди корнеплодных овощных растений свекла столовая (Beta vulgaris L.) занимает одно из ведущих мест и выращивается повсеместно [1,2]. Благодаря высокой сохранности употребление корнеплодов в пищу возможно в течение всего года, начиная от пучковой спелости при раннем или подзимнем посеве до нового урожая [3].

В настоящее время селекционерами многих стран созданы ценные высокоурожайные, устойчивые к биотическим и абиотическим факторам внешней среды, экологически пластичные сорта,

линии и гетерозисные гибриды [4-8]. Однако одним из главных недостатков большинства сортов и гибридов зарубежной и отечественной селекции является их недостаточная устойчивость к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды. Создание и внедрение в производство высокоустойчивых к болезням сортов и гибридов является наиболее экономичным и экологически безопасным методом защиты растений овощных культур от болезней [9].

В настоящее время для потребителя предлагается широкий ассортимент сортов свеклы столовой российской и иностранной селекции. Однако среди производителей предпочтение отдается гибридам F1, которые отличаются высокой урожайностью, товарностью, хорошими вкусовыми качествами, выровнены по основным параметрам корнеплода, пригодны к механизированному возделыванию и предпродажной подготовке [10-11]. Необходимо проводить всестороннее изучение исходного материала с целью создания адаптированных сортов применительно к комплексным (интегрированным) системам производства [12,13].

Явление взаимодействия генотип-среда является существенным фактором снижения точности оценок сортов, которые не подтверждают своих преимуществ перед стандартом при испытании в различных экологических условиях. Поэтому изучение взаимодействия сортов с конкретными условиями выращивания является актуальным и необходимым при подборе сортов для промышленного выращивания [14].

Важным признаком, определяющим технологические качества сортов и гибридов свеклы столовой, является прямостоячая, компактная листовая розетка, сохраняющаяся до конца вегетации растений [10].

Для селекции свеклы столовой в условиях Центрального региона России В.И. Буренин, Т.М. Пискунова, Т.В. Хмелинская [15] рекомендуют следующие источники устойчивости к болезням: Айняй (Литва), Подзимняя (Россия), Rote Kugel и Red Ball (Нидерланды), Boston Crosby, Formanova и July Globe (США), Obelisk и Top Market (Австралия), Mestna populacia (Болгария), Monogram (Великобритания).

В качестве исходного материала для селекции свеклы столовой, по мнению М.И. Федоровой, В.А., Степанова [16], следует использовать раздельноплодные сортообразцы: Одноростковая, Бордо односемянная, Нежность, Любава, Гаспадыня, Adoptiv, Banko, Boltardi, Luxor, Mona, Monodet, Monogram, Red Cross, Mono-king Explorer, а также формы, созданные на их основе.

Таким образом, для успешной работы селекционеру необходим разнообразный исходный материал. Началом селекционного процесса является изучение генофонда. Для выведения новых высокопродуктивных сортов и гибридов свеклы особую значимость приобретают научно обоснованный выбор исходного материала, его разнообразие и степень изученности.

Цель работы – оценка коллекционных образцов свеклы по комплексу хозяйственно ценных признаков, выделение источников для использования их в селекционном процессе.

Материалы и методы исследования

В 2014-2021 гг. проводили оценку образцов свеклы на опытном поле и лабораторной базе ФГБНУ «ФНЦ Садоводства», расположенным в п. Михнево Ступинского района Московской области, в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, расположенном в п. Майский Белгородского района.

В работе использовали семена образцов свеклы отечественного и зарубежного происхождения, полученные из мировой коллекции ВИР. Оценку коллекционных образцов кормовой, сахарной и столовой свеклы выполняли в полевых условиях на естественном фоне в период эпифитотии заболевания, согласно руководствам «Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свёкла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак» (2003) [17], «Методика полевого опыта в овощеводстве» (2011) [18].

Метеорологические условия вегетационного периода за годы исследований различались по температурному режиму, количеству и распределению выпавших осадков, что позволило наиболее полно оценить образцы свеклы по основным хозяйственно полезным признакам и выявить достоинство и недостатки изучаемых форм.

Результаты исследований и их обсуждение

У растений в процессе филогенеза выработана взаимосвязь между признаками. Отклонение в развитии одних признаков обычно влечет за собой изменение других. Например, большая мощность ассимиляционного аппарата в начале вегетации положительно сказывается на величине урожая, в конце вегетации – на содержании углеводов в корнеплодах. В наших опытах площадь листовых пластинок определялась путем вычисления по промерам их длины и ширины.

Площадь листовых пластинок одного растения в наших опытах у типично кормовой свеклы составила в среднем 7832 см² (от 5219 до 10445), у полусахарной – 7448 см²(от 5558 до 9339), у сахаристой – 6931 см² (от 5920 до 7942) (табл. 1). Наибольшей листовой поверхностью характеризовались образцы типично-кормовой свеклы Relinger – 10445 см², Poly fourra – 10376 см² , полусахарной: Циклоп Поли – 9339 см², Barron – 8623 см² , сахаристой – Friso – 7850 см². Количество листьев у типично кормовой свеклы составляло в среднем 23,8 (18,4-29,3), у полусахарной – 23,1 (20,3-25,9), сахаристой – 20,7 (16,4-25).

Таблица 1 – Площадь листовой поверхности и составляющие ее показатели у растений многосемянной кормовой свеклы, 2014-2016 гг.

Группа образцов	Число изученных образцов	Листовые пластинки			Количество листьев на 1 растении	Площадь листьев одного растения, см²
		Длина, см	Ширина, см	Площадь см²		
Типично-кормовые: Среднее	24	24,6	18,1	342	23,8	7832
Минимум		21,0	15,5	247	18,4	5219
Максимум		28,3	20,8	437	29,3	10445
Полусахарные: Среднее	19	24,1	18,0	338	23,1	7448
Минимум		21,4	15,4	263	20,3	5558
Максимум		26,8	20,6	413	25,9	9339
Сахаристые: Среднее	3	26,0	17,8	345	20,7	6931
Минимум		25,1	17,0	314	16,4	5920
Максимум		26,9	18,6	369	25,0	7942

Образцы типично кормовой свеклы Remlinger, Rota, выделившиеся по величине листовой поверхности, отличались большим числом листьев на растении (соответственно 29,3 и 27), в то время как у образцов Poly fourra и Полипродуктива определяющим фактором формирования листовой поверхности является величина листовых пластинок (438 см² и 421 см² на одном растении).

По величине листовой поверхности образцы кормовой, полусахарной и сахаристой свеклы значительных различий не имели. Однако составные ее элементы были разные.

Из таблиц 2 и 3 видно, что образцы указанных групп значительно различались по уровню урожайности – наименее урожайными были сахаристые образцы. Наибольший практический интерес представляют сорта 2-й группы (полусахарные), сочетающие сравнительно высокий урожай корнеплодов с повышенным содержанием сухого вещества и обеспечивающие максимальный сбор последнего на единице площади.

Таблица 2 – Основные элементы урожайности различных типов кормовой свеклы, 2014-2016 гг.

Образцы	Урожай корнеплодов, кг/10м²	Урожай листьев, кг/10м²	Содержание сухих веществ в корнеплодах, %	Урожай сухих веществ кг/10м²
Типично-кормовые: Среднее	86,0±19,5	42,3±10,8	12,8	10,32±4,2
Минимум	53,9	28,7	9,5	6,37
Максимум	118,2	56,9	16,1	15,27
Полусахарные: Среднее	66,8±16,4	45,6±10,4	14,1	9,79±4,2
Минимум	45,0	22,8	10,8	7,41
Максимум	88,6	68,5	17,4	12,17
Сахаристые: Среднее	38,4±6,4	44,2±8,8	19,3	7,13±2,1
Минимум	30,8	35,3	18,5	8,16
Максимум	46,0	53,2	20,2	9,92

В наших опытах наиболее урожайными были образцы типично кормовой свеклы. Урожай сухих веществ корнеплодов типично кормовой свеклы составил 10,32, полусахарной 9,79, сахаристой 7,13 кг/10м² и стандарт Эккендорфская желтая – 85,9 кг/10м² . Содержание сухих веществ в корнеплодах образца Aumora составило 13,1 %; сбор сухих веществ на площади 15,27 кг/10м² (у стандарта – 11,3 % и 9,52 кг/10м² соответственно).

Среди полусахарных образцов наиболее урожайным был сорт Узбекская полусахарная (80,8 кг/10м²; содержание сухих веществ в корнеплодах 12,2 %, сбор сухих веществ 9,25 кг/10м²), но он был склонен к цветушности.

Сортов сахаристого типа в коллекции ВИР сравнительно мало. Наиболее урожайным среди них был Poly Past – 43,8 кг/10м²: содержание сухих веществ в корнеплодах – 18,8 %, сбор сухих веществ – 8,52 кг/10м² .

Средняя масса корнеплода у образцов типично-кормовой свеклы в годы исследований составила 1,57 (от 0,85 до 2,29), у полусахарной – 1,20 (от 0,82 до 1,72 кг), у сахаристой – 1,14 кг (от 1,01 до 1,38). Масса листьев у типично кормовых сортов свеклы составила в среднем 42,3 кг/10м² (от 28,7 до 56,9 кг/10м²), у полусахарных – 45,6 кг/10м² (от 22,8 до 56,9 кг/10м²), у сахаристых – 44,2 кг/10м² (от 35,3 до 53,2 кг/10м²). По общей биомассе выделились образцы: Aumora, 146,9 – типично кормовой; Solano, 136,4 – полусахарный и Poly Past, 87 кг – сахаристый (табл. 3).

Таблица 3 – Высокоурожайные образцы кормовой свеклы, 2014-2016 гг.

№ по каталогу ВИР	Образец	Урожай кг/м²		Содержание сухих веществ, %		Общий сбор сухих веществ	
		Корнеплодов	Листьев	В корнеплодах	В листьях	кг/ 10 м²	% к стандарту
Вр.К-1385	Эккендорфская желтая (стандарт)	85,9	30,7	11,3	8,0	11,82	100
Вр.К-1918	Aumora	118,2	28,7	13,1	9,7	18,03	152
Вр.К-1685	Синьор	87,9	47,7	16,1	10,0	17,91	151
К-1886	Peragis rote walze	86,7	33,9	14,9	8,3	15,72	133
Вр.К-2190	Гибрид Урожайный	98,7	38,1	12,0	7,5	14,56	123
Вр.К-2269	Голиаф (4х)	87,1	39,5	12,3	8,4	13,74	116
К-0143	Сахарная округлая Стандарт	41,5	35,3	18,1	9,4	10,76	100
Вр.К-1833	Solano	67,9	68,5	17,6	9,2	18,97	176
Вр.К-570	Фаворит	61,1	51,9	16,1	9,0	15,20	140
Вр.К-2124	Porsina	62,7	48,8	17,4	8,4	14,94	138
Вр.К-1801	Poly Past	43,8	53,2	18,8	9,5	13,40	124
	$НСР_{0,5}$	27,4	10,5	1,7		4,2	

По общему сбору сухих веществ (корнеплоды + листья) с единицы площади наиболее урожайным из типично кормовых образцов был образец Aumora (18,03 кг/10м²), из полусахарных – Solano (18,97 кг/10м²), из сахаристых – Poly Past (13,40 кг/10м²).

Таким образом, наиболее урожайным в наших опытах был образец полусахарной свеклы Solano из Нидерландов, сочетающий высокий урожай корнеплодов с повышенным содержанием сухих веществ. Образец типично кормовой свеклы Голиаф (4х) наряду со сравнительно высокой урожайностью сухого вещества корнеплодов имел большую листовую поверхность (9014 см²). Большинство выделившихся образцов кормовой свеклы имели небольшую или среднюю поверхность листьев (4862-8046 см²), что, по-видимому, связано с особенностями этих сортов, а именно, более продуктивной работой фотосинтетического аппарата, возможно, большей «долговечностью» листьев.

Значение имеет форма корнеплода, которая определяется его длиной (от головки до осевого корешка) и толщиной (диаметром), а также формой хвостовой части. Для проведения машинной уборки важным моментом является также степень погруженности и легкость извлечения корнеплодов из почвы, количество и величина боковых корней, равномерность размещения головок по отношению к поверхности почвы. Для характеристики формы корнеплода широко используют индекс, который может изменяться от 0,4 у плоских до 10 у веретеновидных корнеплодов. Образцы кормовой свеклы по форме корнеплодов подразделены на овально-круглые (индекс 1,1-1,4), цилиндрические (индекс 1,5-1,8), конические (2,0-2,5) и удлиненные (индекс 2,6-4) (табл. 4).

Таблица 4 – Характеристика корнеплодов разных групп кормовой свеклы, 2014-2016 гг.

Группа	Признаки корнеплода			
	Длина, см	Ширина, см	Индекс	Средняя масса, кг
Минимум	15,7	8,7	1,4	0,84
Максимум	23,7	12,8	2,2	2,56
Полусахарные: Среднее	20,4	9,7	2,8	1,33
Минимум	15,1	6,4	1,6	0,58
максимум	25,7	13,0	4,0	2,09
Сахаристые: Среднее	18,9	11,5	1,35	1,14
Минимум	18,0	10,5	1,1	1,01
Максимум	19,9	12,6	1,6	1,38

Для проведения машинной уборки кормовой свеклы важно сочетание трех основных признаков: равномерное размещение головок над поверхностью почвы; прямостоячая розетка листьев; овальная и округло-овальная форма корнеплода, обеспечивающая легкость извлечения его из почвы [19, 20]. Большинство образцов типично кормовой свеклы имели в наших условиях корнеплоды цилиндрической и овально-цилиндрической формы (как у сортотипов Эккендорфская, Баррес). У районированного сорта типично кормовой свеклы Эккендорфская желтая (стандарт) корнеплоды извлекались легко, но заглубленность их в почву была неравномерной (на ¼ и ½ длины). Кроме того, наблюдалось значительное отклонение растений от осевой линии ряда. Сорта этой группы оказались мало пригодными для механизированной уборки. У полусахарных образцов форма корнеплода изменялась от укороченной до очень длинной (индекс 1,3-4,0). Удобную форму корнеплода (индекс 1,6-2,0) имели отечественные образцы Октябрьская, Гибрид Пушкинский, зарубежные – Tekavil, Solo, Gaho, корнеплоды у этих образцов погружены на глубину 2/3-3/4. У сахаристых образцов средний индекс формы корнеплода был равен 1,35 (1,1-1,6). Удобную форму корнеплода, пригодную для машинной уборки, имели Сахарная округлая 0143 и Poly Past.

Таким образом, в наших условиях наиболее подходят для машинной уборки образцы полусахарной свеклы Solo, сахаристой – Сахарная округлая 0143 и Poly Past. Указанные образцы характеризуются высокой урожайностью, достаточно крупной розеткой листьев, близкой к прямостоячей; корнеплоды их укороченные, довольно равномерно (на 2/3-3/4 длины) погружены в почву и легко извлекаются из нее.

В годы проведения исследований метеорологические условия были контрастными по температурному режиму и характеру распределения осадков, что сказалось на урожайности кормовой свеклы. Более урожайным в условиях Московской области были типично кормовые сорта (86,0 кг/10м²). Величина и масса корнеплодов у изученных образцов варьировала в зависимости от условий года выращивания.

Среди образцов кормовой свеклы можно выделить три группы:

– образцы, слабо реагирующие на меняющиеся условия произрастания. К ним относятся из типично кормовых – Peramono (вр.к -1818), из полусахарных – Тетрагроенингия (вр.к. - 1870), гибрид Пушкинский (к-2217);

– образцы, которые в большей степени реагировали на условия произрастания. К ним относятся: Poly Groeningia (вр.к.-1514), Trivia (вр.к.-1996), Friso (вр.к.-1729), Majoral (вр.к.-1995);

– в 3-ю группу вошли образцы, у которых величина продуктивности изменялась сильно. К ним относится Тетраплоидный гибрид (вр.к.-2095), Идеал Кирше (4х) (вр.к.-2267), Титан (4х) (вр.к.-2274), Фаворит (вр.к.-570), Рекорд овальный (вр.к.-2270), Aumora (вр.к-1918), Solar (вр.к.-1832), Polyfuraj-2 (вр.к.-1997).

Согласно полученным данным, наибольшая стабильность урожая корнеплодов была характерна для сортов Сахарная округлая 0143 (L=0,55) и Futter zucker rube (L=0,54). Самый высокий коэффициент (L=0,89) оказался у полусахарного образца Фаворит (вр.к.-570). Этот сорт давал высокий урожай корнеплодов в более благоприятных условиях и низкий – в неблагоприятных, т.е. был более чувствителен к изменению условий внешней среды. Близкие показатели «сходства-различия» имели полусахарные образцы Monorosa (к-2096), Futter zucker rube (к-1805). Для районов Московской области наиболее пригодны сорта с высокой нормой реакции, которые полнее реализуют свои потенциальные возможности. Среди проанализированных образцов к таким относятся полусахарный образец Фаворит (вр.к.-570) Нидерланды.

Образцы столовой свеклы в наших условиях по основным показателям также различались, включая площадь листовой поверхности и урожайность. Результаты измерений поверхности листьев многосемянной столовой свеклы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Площадь листовой поверхности у растений разных групп многосемянной столовой свеклы, 2014-2016 гг.

Образцы	Число изученных образцов	Листовая пластинка			Количество листьев на одном растении	Площадь листьев одного растения см²
		Длина,см	Ширина, см	Площадь, см²		
С плоской формой корнеплода						
Среднее	11	19,7	13,4	205	18,6	4083
Минимум		16,6	11,6	147	13,8	2246
Максимум		22,8	15,2	263	23,4	5921
С округлой формой корнеплода						
Среднее	15	19,8	13,2	196	15,0	3253
Минимум		17,9	11,4	147	11,9	2224
Максимум		21,8	15,0	245	18,2	4282
С удлиненной формой корнеплода						
Среднее	5	21,8	13,0	220	16,6	3235
Минимум		15,2	9,4	108	13,1	1385
Максимум		28,4	16,7	332	20,2	4885

Средняя площадь листовых пластинок у образцов с плоской формой корнеплода составляла 4083 см² (от 2246 до 5921 см²), с округлой и округло-плоской формой корнеплода – 3253 (от 2224 до 4282), с удлиненной – 3235 (от 1585 до 4885 см²) (табл.5).

Наибольшей листовой поверхностью характеризовались образцы с плоской формой корнеплода: Egypsky hoser – 5921 см², Сквирская односемянная – 4561 см², Пушкинская плоская – 3641 см²; с округлой и округло-плоской: Витену Бордо – 4282 см², Ленинградская округлая – 3676 см₂; удлиненной формой: столовая местная (Россия) – 4885 см², Ерфурсткая горийская – 4403 см² (табл. 6).

Таблица 6 – Образцы столовой свеклы, характеризующиеся наибольшей листовой поверхностью, 2014-2016 гг.

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Средняя величина листовой пластинки			Количество листьев на одном растении	Площадь листьев одного растения
			Длина, см	Ширина, см	Площадь, см²		
Плоская форма корнеплода							
к-2235	Egypsky hoser	Польша	22,2	15,0	253	23,4	5921
к-18	Пушкинская плоская	Россия	19,8	13,6	205	17,8	3641
Округлая и округло-плоская форма							
Вр.к-2267	Витену Бордо	Россия	21,5	14,4	235	18,2	4282
Вр.к-221/17	Ленинградская округлая	Россия	21,5	15,0	245	15,0	3676
к-281	Бордо 237 (стандарт)	Россия	18,7	14,0	199	17,7	3521
Удлиненная форма корнеплода							
Вр.к-1888	Столовая местная	Россия	28,4	15,4	332	14,7	4885
Вр.к-93	Ерфуртская горийская	Россия	24,1	16,7	306	14,4	4403

Образцы столовой свеклы Egypsky hoser, Пушкинская поская Витену Бордо, выделившиеся по величине листовой поверхности, формировали ее преимущественно за счет большего числа листьев на растении (соответственно 23,4; 20,4; 17,8 и 18,2), в то время как у Ленинградской округлой, Столовой местной, Эрфуртской горийской значительную роль играет величина листовых пластинок (245, 332 и 306 см²).

Важными характеристиками столовой свеклы являются урожай корнеплодов, их форма и качество. По форме корнеплодов изучаемые образцы столовой свеклы подразделены на три группы: с плоскими корнеплодами, с округлыми и округло-плоскими; с удлиненными корнеплодами. У сортов с плоской формой корнеплода погруженность в почву очень слабая, из почвы извлекаются легко; поверхность корнеплода гладкая, при сильном разрастании – угловатая; головка и осевой корешок маленькие. Мякоть корнеплода нежная, темно-красная с фиолетовым оттенком и более светлыми (розово-красными и иногда розово-белыми) прослойками. Эти сорта наиболее скороспелые (80-90 дней), пригодны для выращивания ранней продукции.

Образцы с округлой и округло-плоской формой корнеплода имеют более мощную розетку листьев, повышенную товарность корнеплодов, темно-красную мякоть корнеплода, светлые кольца почти отсутствуют. Образцы с удлиненной формой корнеплода отличаются позднеспелостью (вегетационный период 130-150 дней), требовательностью к большей глубине пахотного слоя и сравнительной засухоустойчивостью.

Образцы с плоской, круглой и округло-плоской формой корнеплода имели небольшую разницу в урожайности (табл. 7). Урожай образцов с плоской формой корнеплода составил в среднем 56,2 кг/10 м² (36,8 до 74,7 кг/10 м²), с округлой и кругло-плоской формой корнеплода – 55,1 кг/10 м² (40,1-70, 2 кг/ 10 м²), а с удлиненной – 51,7 кг/ 10 м² (33,8-69,7 кг/ 10 м²).

Таблица 7 – Урожайность образцов многосемянной столовой свеклы, различавшихся по форме корнеплодов, 2014-2016 гг.

Образцы	Число изучавшихся образцов	Средняя масса корнеплода, кг	Урожай корнеплодов, кг/10м²	Товарность, %
С плоской формой				
Среднее	15	0,61	56,2	91
Минимум		0,39	36,8	82
Максимум		0,34	74,7	100
С округлой и округло-плоской формой				
Среднее	16	0,55	55,1	90
Минимум		0,40	40,1	63
Максимум		0,71	70,2	96
С удлиненной формой				
Среднее	5	0,71	51,7	81
Минимум		0,46	33,8	65
Максимум		0,96	69,7	97

Наибольшую урожайность среди изученных имели образцы: с плоской формой корнеплода – Extra Early Flat Egyptian (74,7 кг/10 м²), Пушкинская плоская (66,9 кг/10 м²), Early Wonder (62,5 кг/10 м²); с округлой и округло-плоской – Холодостойкая 19 (70,2 кг/10 м²), Ленинградская округлая (65,1 кг/10 м²), Камуоляй-2 (63,9 кг/10 м²); с удлиненной – Cilindra (68,2 кг/10 м²) (табл. 8).

Таблица 8 – Выделившиеся по урожайности образцы многосемянной свеклы, 2014-2016 гг.

№ по временному каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Средняя масса корнеплода	Урожай корнеплодов		Товарность, %
				кг/10 м²	% к стандарту	
Плоская форма корнеплода						
Вр.к-723	Extra Early Flat Egyptian	США	0,64	74,7	12,9	94
К-18	Пушкинская плоская	Россия	0,71	66,9	115	94
К-418	Early Wonder	Нидерланды	0,50	62,5	107	88

Продолжение таблицы 8

К-1585	Полярная плоская	Россия	0,71	60,3	103	90
Вр.к-1187	New Globe	Нидерланды	0,59	59,0	101	92
Округлая и округло-плоская форма корнеплода						
К-201	Бордо 237 (стандарт)	Россия	0,62	58,0	100	94
Вр.к-1424	Холодостойкая 19	Россия	0,58	70,2	121	95
К-221	Ленинградская округлая	Россия	0,62	65,1	112	96
Вр.к-1437	Камуоляй	Россия	0,52	63,9	110	94
Вр.к-1049	Ruby Queen	США	0,60	63,7	109	86
Удлиненная форма корнеплода						
Вр.к-1076	Cilindra	Сербия	0,65	68,2	118	92

Образцы Пушкинская плоская, Витенду Бордо сочетали признаки высокой урожайности (66,9 и 73,6 кг/10 м²) с площадью листьев одного растения (3641 и 4282 см²), тогда как образец Egipski hoser при большой листовой поверхности (5921 см²) был наименее урожайным (42,6 кг/10 м²). У стандарта Бордо 237 площадь листьев составила 3521 см², урожайность – 58,0 кг/10м².

При изучении коллекционных образцов столовой свеклы выявлено значительное разнообразие по форме корнеплодов (табл. 9)

.

Таблица 9 – Характеристика количественных признаков корнеплодов многосемянной столовой свеклы, 2014-2016 гг.

Образцы	Число изученных образцов	Признаки корнеплода			
		Длина, см	Диаметр, см	Индекс	Средняя масса
С плоской формой корнеплода					
Среднее	9	8,9	11,6	0,8	0,70
Минимум		6,7	9,5	0,6	0,49
Максимум		11,2	13,8	1,0	0,91
С округлой и округло-плоской формой корнеплода					
Среднее	14	11,6	10,6	1,1	0,57
Минимум		7,2	8,7	0,7	0,40
Максимум		16,1	12,5	1,5	0,75
С удлиненной формой корнеплода					
Среднее	5	15,9	7,2	2,3	0,63
Минимум		12,2	4,5	1,2	0,40
Максимум		19,7	9,9	3,5	0,87

Сорта, отнесенные к сортотипу Египетская плоская, имели корнеплоды со средней длиной – 8,9 (6,7-11,2), диаметром – 11,6 см (9,5-13,8), индексом – 0,8 (0,6-1,0). Погруженность корнеплодов в почву у них очень слабая. Такие образцы с плоскими корнеплодами более пригодны для выращивания ранней продукции, но хуже хранятся, что связано, по-видимому, с большей их повреждаемостью при уборке и транспортировке к местам хранения.

Образцы с округлой и округло-плоской формой корнеплода имели среднюю длину 11,6 см (7,2-16,1), диаметр – 10,6 см (8,7-12,5), индекс – 1,1 (0,7-1,5). Для образцов этой группы характерна более мощная розетка листьев и повышенная товарность корнеплода. У образцов с удлиненной формой корнеплода в наших условиях получены такие показатели: длина –15,9 см (12,2-19,7), диаметр – 7,2 см (4,4 -9,9), индекс (1,2-3,5).

Сельскохозяйственное производство предъявляет новые требования к сортам свеклы, которые должны быть приспособлены к механизированному возделыванию, высокоурожайные с высоким качеством продукции. По нашим данным можно рекомендовать следующие образцы односемянной столовой свеклы: Хавская односемянная,

Однорostковая, Banko, Adoptiv, Special Crosby, характеризующиеся округло-овальной формой корнеплода, односемянностью и розеткой листьев, близкой к прямостоячей.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлены наиболее урожайные образцы типично кормовой свеклы. Урожай сухих веществ корнеплодов типично кормовой свеклы составил 10,32 кг, полусахарной 9,79 кг, сахаристой 7,13 кг/10м². Среди полусахарных образцов наиболее урожайным был сорт Узбекская полусахарная. Наиболее урожайным образцом свеклы сахарной был Poly Past – 43,8 кг/10м²; содержание сухих веществ в корнеплодах – 18,8 %.

Выделены образцы многосемянной свеклы столовой с высокой урожайностью корнеплодов: с плоской формой корнеплода – Extra Early Flat Egyptian (74,7кг/10м²), Пушкинская плоская (66,9кг/10 м²), Early Wonder(62,5 кг/10м²); с округлой и округло-плоской – Холодостойкая 19 (70,2 кг/10 м²), Ленинградская округлая (65,1кг/10 м²), Камуоляй-2 (63,9 кг/10 м²); с удлиненной – Cilindra (68,2 кг/10 м²).

В качестве исходного материала для селекции выделены следующие образцы односемянной столовой свеклы: Хавская односемянная, Однорostковая, Banko, Adoptiv, Special Crosby, характеризующиеся округло-овальной формой корнеплода, односемянностью и розеткой листьев, близкой к прямостоячей.

Список источников

1. Fedorova, M.I. Factors to affect inbred beet plants while developing material for linear selection / M.I. Fedorova, E.G. Kozar, S.A. Vetrova, V.A. Zayachkovskyi, V.A. Stepanov // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. –2019. – T. 23. – 4. – pp. 439-447. – URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=38218778

2. Соколова, Д.В. Сравнительная характеристика биохимического состава образцов мангольда и свеклы столовой коллекции ВИР / Д.В. Соколова, Т.В. Шеленга, А.Е. Соловьева // Овощи России. – 2019. – №5 (49). – С. 77-83. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41246823

3. Ветрова, С.А. Ускорение селекционного процесса для создания линейного материала свеклы столовой / С.А. Ветрова, Е.Г. Козарь, М.И. Федорова // Овощи России. – 2019. – №1(45). – С. 29-36. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37598508

4. Abd El-Fatah, B.E.S. Genetic and biochemical variations among sugar beet cultivars resistant to cercospora leaf spot / B.E.S. Abd El-Fatah, M. Hashem, S.A.M. Alamri, K.A.M. Abo-Elyousr, H.M.M. Khalil Bagy // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2020. – T. 109. – pp. 101455. – DOI10.1016/j.pmpp.2019.101455

5. Klyachenko, O. Polymorphism in sugar beet varieties and hybrids in cell selection for resistance to abiotic factors / O. Klyachenko, L. Prysiazhniuk // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. – 2018. – T. 7. – № 6. – pp. 602-606. – DOI10.15414/jmbfs.2018.7.6.602-606

6. Klyachenko, L. Evaluation of genetic distances correlations among sugar beet genotypes (Beta vulgaris L.) / O. Klyachenko, L. Prysiazhniuk // Agriculture and Forestry. – 2019. – T. 65. – № 1. – pp. 39-48. – DOI10.17707/AgricultForest.65.1.04

7. Sokolova, D.V. Apomictic lines of sugar beet: development and studying / D.V. Sokolova // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. – 2020. – T. 181. – № 4. – pp. 93-101. – DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-93-101

8. Tobi, G. Seed production potential evaluation of sugar beet half-sib families in Morocco / G.Tobi, S. Oumouss, I. Rahmouni, A. Douaik, Y.E. Bahloul, O. Benlhabib, A. Birouk // The Journal of Agricultural Science. – 2021. – V.159. – pp. 557-569. – DOI 10.1017/S0021859621000800

9. Налобова, В.Л Поиск источников устойчивости овощных культур к болезням / В.Л. Налобова, А.И. Бохан // Защита и карантин растений– 2021. – № – 2. – С. 46-47. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44605320

10. Козарь, Е.Г.Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта Московской области / Е.Г. Козарь, С.А. Ветрова, И.А. Енгалычева, М.И. Федорова // Овощи России. – 2019. – №6(50). – С. 124-132. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41499116

11. Юдаева, В.Е. Генетические ресурсы корнеплодных овощных культур в условиях Центрального региона России / В.Е. Юдаева, А.И. Бохан, С.М. Мотылева // Овощи России. – 2017. – № 4(37). – С. 32-37. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934058

12. Буренин, В.И. Генофонд для селекции свеклы столовой (современные аспекты изучения и использования) / В.И. Буренин, Д.В. Соколова, Т.М. Пискунова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т.180. – №3. – С. 19-25. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41228173.

13. Бохан, А.И. Селекция и семеноводство корнеплодных овощных культур: монография. / А.И. Бохан // – М.: ФГБНУ ВСТИСП. – 2019. – 200 с. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37210653.

14. Соколова, Д.В. Оценка взаимодействия генотип-среда у сортов свеклы столовой коллекции ВИР / Д.В. Соколова // Овощи России. – 2018. – №6(44). – С. 26-30. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36532518

15. Буренин, В.И. Генофонд для селекции моркови и свеклы столовой / В.И. Буренин, Т.М. Пискунова, Т.В. Хмелинская // Овощи России. – 2017. – № 4. – С. 28-32. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934057

16. Федорова, М.И. Корнеплодные овощные растения, направления селекции, результаты / М.И. Федорова, В.А. Степанов // Овощи России. – 2017. – № 4. – С. 16-22. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934055

17. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свёкла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ, культур; под ред. В.Ф. Пивоварова,

М.С. Бунина. – М.: Колос, 2003. – 284 с.

18. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. / С.С. Литвинов // – М.: ГНУ ВНИИО, 2011. – 648 с.

19. Бохан, А.И. Оценка коллекционных образцов свеклы на устойчивость к корнееду и вирусным болезням / А.И. Бохан, В.Е. Юдаева, В.Л. Налобова, Н.В. Коцарева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – Белгород,2021. – №4(32). – С.121-128. – URL: https: //bsaa.edu.ru/upload/2021%20APK%204%20vipysk%20.pdf.

20. Бохан, А.И. Результаты изучения генофонда свеклы столовой в условиях Центрального региона России / А.И. Бохан, В.Е. Юдаева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. XXXXVI. – С. 42-44. – URL: https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1607788

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Fedorova, M.I. Factors to affect inbred beet plants while developing material for linear selection / M.I. Fedorova, E.G. Kozar, S.A. Vetrova, V.A. Zayachkovskyi, V.A. Stepanov // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. –2019. – T. 23. – 4. – pp. 439-447. – URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=38218778

2. Sokolova, D.V. Sravnitel'naya harakteristika biohimicheskogo sostava obrazcov mangol'da i svekly stolovoj kollekcii VIR / D.V. Sokolova, T.V. SHelenga, A.E. Solov'eva // Ovoshchi Rossii. – 2019. – №5 (49). – S. 77-83. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41246823

3. Vetrova, S.A. Uskorenie selekcionnogo processa dlya sozdaniya linejnogo materiala svekly stolovoj / S.A. Vetrova, E.G. Kozar', M.I. Fedorova // Ovoshchi Rossii. – 2019. – №1(45). – S. 29-36. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37598508

4. Abd El-Fatah, B.E.S. Genetic and biochemical variations among sugar beet cultivars resistant to cercospora leaf spot / B.E.S. Abd El-Fatah, M. Hashem, S.A.M. Alamri, K.A.M. Abo-Elyousr, H.M.M. Khalil Bagy // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2020. – T. 109. – pp. 101455. – DOI10.1016/j.pmpp.2019.101455

5. Klyachenko, O. Polymorphism in sugar beet varieties and hybrids in cell selection for resistance to abiotic factors / O. Klyachenko, L. Prysiazhniuk // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. – 2018. – T. 7. – № 6. – pp. 602-606. – DOI10.15414/jmbfs.2018.7.6.602-606

6. Klyachenko, L. Evaluation of genetic distances correlations among sugar beet genotypes (Beta vulgaris L.) / O. Klyachenko, L. Prysiazhniuk // Agriculture and Forestry. – 2019. – T. 65. – № 1. – pp. 39-48. – DOI10.17707/AgricultForest.65.1.04

7. Sokolova, D.V. Apomictic lines of sugar beet: development and studying / D.V. Sokolova // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. – 2020. – T. 181. – № 4. – pp. 93-101. – DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-93-101

8. Tobi, G. Seed production potential evaluation of sugar beet half-sib families in Morocco / G.Tobi, S. Oumouss, I. Rahmouni, A. Douaik, Y.E. Bahloul, O. Benlhabib, A. Birouk // The Journal of Agricultural Science. – 2021. – V.159. – pp. 557-569. – DOI 10.1017/S0021859621000800

9. Nalobova, V.L Poisk istochnikov ustojchivosti ovoshchnyh kul'tur k boleznyam / V.L. Nalobova, A.I. Bohan // Zashchita i karantin rastenij– 2021. – № – 2. – S. 46-47. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44605320

10. Kozar', E.G.Ocenka ustojchivosti selekcionnogo materiala svekly stolovoj k cerkosporozu na fone epifitotii v usloviyah zashchishchennogo grunta Moskovskoj oblasti / E.G. Kozar', S.A. Vetrova, I.A. Engalycheva, M.I. Fedorova // Ovoshchi Rossii. – 2019. – №6(50). – S. 124-132. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41499116

11. YUdaeva, V.E. Geneticheskie resursy korneplodnyh ovoshchnyh kul'tur v usloviyah Central'nogo regiona Rossii / V.E. YUdaeva, A.I. Bohan, S.M. Motyleva // Ovoshchi Rossii. – 2017. – № 4(37). – S. 32-37. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934058

12. Burenin, V.I. Genofond dlya selekcii svekly stolovoj (sovremennye aspekty izucheniya i ispol'zovaniya) / V.I. Burenin, D.V. Sokolova, T.M. Piskunova // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2019. – T.180. – №3. – S. 19-25. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41228173.

13. Bohan, A.I. Selekciya i semenovodstvo korneplodnyh ovoshchnyh kul'tur: monografiya. / A.I. Bohan // – M.: FGBNU VSTISP. – 2019. – 200 s. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37210653.

14. Sokolova, D.V. Ocenka vzaimodejstviya genotip-sreda u sortov svekly stolovoj kollekcii VIR / D.V. Sokolova // Ovoshchi Rossii. – 2018. – №6(44). – S. 26-30. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36532518

15. Burenin, V.I. Genofond dlya selekcii morkovi i svekly stolovoj / V.I. Burenin, T.M. Piskunova, T.V. Hmelinskaya // Ovoshchi Rossii. – 2017. – № 4. – S. 28-32. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934057

16. Fedorova, M.I. Korneplodnye ovoshchnye rasteniya, napravleniya selekcii, rezul'taty / M.I. Fedorova, V.A. Stepanov // Ovoshchi Rossii. – 2017. – № 4. – S. 16-22. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29934055

17. Metody selekcii i semenovodstva ovoshchnyh korneplodnyh rastenij: morkov', svyokla, redis, red'ka, dajkon, repa, bryukva, pasternak / Vseros. nauch.-issled. in-t selekcii i semenovodstva ovoshch, kul'tur; pod red. V.F. Pivovarova, M.S. Bunina. – M.: Kolos, 2003. – 284 s.

18. Litvinov, S.S. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve. / S.S. Litvinov // – M.: GNU VNIIO, 2011. – 648 s.

19. Bohan, A.I. Ocenka kollekcionnyh obrazcov svekly na ustojchivost' k korneedu i virusnym boleznyam / A.I. Bohan, V.E. YUdaeva, V.L. Nalobova, N.V. Kocareva // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. – Belgorod,2021. – №4(32). – S.121-128. – URL: https: //bsaa.edu.ru/upload/2021%20APK%204%20vipysk%20.pdf.

20. Bohan, A.I. Rezul'taty izucheniya genofonda svekly stolovoj v usloviyah Central'nogo regiona Rossii / A.I. Bohan, V.E. YUdaeva // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2016. – T. XXXXVI. – S. 42-44. – URL: https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1607788

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Бохан Александр Иванович, *д-р с.-х. наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, alexboxan1980@mail.ru*

Юдаева Валентина Егоровна, *канд. с.-х. наук, заведующий лабораторией овощных культур и картофеля ФГБНУ ФНЦ Садоводства, mos_vstisp@mail.ru*

Крюков Александр Николаевич, *канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, krukov31@rambler.ru*

Коцарева Надежда Викторовна, *д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, knv1510@mail.ru*

Information about the authors

Bokhan Alexander I., *Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Vegetable Growing, Belgorod State University named after V.Ya. Gorin, alexboxan1980@mail.ru*

Yudaeva Valentina E., *Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Vegetable Crops and Potatoes of the Federal State Budgetary Institution of Horticulture, mos_vstisp@mail.ru*

Kryukov Alexander N., *Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Plant Growing, Breeding and Vegetable Growing, Belgorod State University named after V.Ya. Gorin, krukov31@rambler.ru*

Kotsareva Nadezhda V., *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Vegetable Growing, Belgorod State University named after V.Ya. Gorin, knv1510@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 14.03.2022 одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 05.06.2022

The article was submitted 14.03.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 05.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 2, с. 17-24
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 2, pp 17-24

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.002

АНТИОКИСЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОПОЛИСА, ПОДМОРА ПЧЕЛ И ИХ ФРАКЦИЙ

Елена Александровна Вахонина[1]✉, Елена Петровна Лапынина[2]

[1,2] Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», Рыбное, Россия
[1]landych899@gmail.ru
[2]elena.p56@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель.
В данной работе исследовались экстракты прополиса и подмора, в качестве растворителей использовались вода и этиловый спирт. Целью исследования стало определение веществ с восстанавливающими свойствами в прополисе, экстрактах прополиса водных и спиртовых; в пчелином подморе, экстрактах подмора водных и спиртовых.
Методология. *Исследовали нативный прополис, экстракты прополиса водные и спиртовые. Прополис для приготовления экстрактов предварительно замораживали при t=-18±2° С в течение двух часов. Измельчали на кофемолке, просеивали через сито. Водные экстракты прополиса получали при температурах t=20±2° С; t=93±2° С. Водный экстракт прополиса, полученный при t=20±2° С, экстрагировали в течение 5 часов на магнитной мешалке. Водный экстракт прополиса, полученный при t=93±2° С – на водяной бане с использованием обратного холодильника (для сохранения летучих соединений). Спиртовой раствор прополиса получали в концентрации 5 % и 20 % на 70 %-м спирте. Водные экстракты пчелиного подмора приготовлены методом мацерации с использованием термостатирования при температуре 60° С и 80° С. Концентрация содержания пчел в экстрактах 5 %. Исследовали содержание веществ с антиокислительной активностью косвенным методом взаимодействия веществ с восстанавливающими свойствами с $KMnO_4$, и количественным определением их в пересчете на кверцетин.*
Результаты. *Содержание биологически активных веществ в экстрактах изменяется в зависимости от выбранного растворителя и условий экстракции. Спирт и вода являются более предпочтительными растворителями для прополиса.*
Заключение. *Прополис и подмор, а также их водные и спиртовые экстракты могут служить ценными источниками для создания лекарств и биологически активных добавок к пище, так как имеют высокую антиоксидантную активность. Результаты исследований показали, что спиртовые экстракты прополиса, концентрированный 70 %-й и 20 %-й, содержат максимальное количество антиоксидантных соединений, соответственно 13,02 и 17,21 мг/г, прополис содержит 9,86 мг/г. Водные экстракты при температурах извлечения t=25° С и t=93° С содержат 0,86 и 1,84 мг/г биологически активных веществ восстановительного характера, соответственно.*

Ключевые слова: *биологически активные вещества, прополис, экстракция, антиоксиданты, антиокислительные свойства.*

Для цитирования: *Вахонина Е.А., Лапынина Е.П. Антиокислительная активность прополиса, подмора пчел и их фракций // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С. 17-24 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.002*

Original article

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PROPOLIS, PODMORS AND THEIR FRACTIONS

Elena. A. Vahonina[1]✉, Elena. P. Lapynina[2]

[1,2] Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Beekeeping Research Centre»
[1]landych899@gmail.ru
[2]elena.p56@yandex.ru

© Вахонина Е. А., Лапынина Е. П., 2022 г.

Abstract.
Problem and purpose. In this work, extracts of propolis and subpestilence were studied, water and ethyl alcohol were used as solvents. The aim of the study was to identify substances with restorative properties in propolis, propolis extracts, water and alcohol; in bee podmore, water and alcohol extracts of podmore.
Methods. *Native propolis, water and alcohol extracts of propolis were studied. Propolis for the preparation of extracts was preliminarily frozen at t=-18±2° C for 2 hours. Grinded in a coffee grinder, sifted through a sieve. Aqueous extracts of propolis were obtained at temperatures t=20±° C; t=93±2º C. An aqueous extract of propolis obtained at t=20±2° C was extracted for 5 hours on a magnetic stirrer. Aqueous extract of propolis, obtained at t=93±2° C, in a water bath using a reflux condenser (to preserve volatile compounds). An alcoholic solution of propolis was obtained at a concentration of 5 % and 20 % in 70 % alcohol. Aqueous extracts of dead bees are prepared by maceration using thermostating at a temperature of 60 ºC and 80º C. On the basis of dead bees, aqueous extracts were prepared by maceration using thermostating at a temperature of t=60 ºC and t=80º C. The concentration of bees in extracts is 5 %. The content of substances with antioxidant activity was studied by an indirect method of interaction of substances with reducing properties with KMnO4, and their quantitative determination in terms of quercetin.*
Results. *The content of biologically active substances in extracts varies depending on the chosen solvent and extraction conditions. Alcohol and water are the preferred solvents for propolis.*
Conclusion. *Propolis and podmore, as well as their aqueous and alcoholic extracts, can serve as valuable sources for the creation of drugs and biologically active food supplements, as they have a high antioxidant activity. Propolis has the highest antioxidant activity, which is 98.65±11.55 mg/kg.*

Key words: *biologically active substances, propolis, extraction, antioxidants, antioxidant properties*
For citation: *Vahonina E.A.,Lapynina E.P. Antioxidant activity of propolis, subpestilence and their fractions Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(2). C.17-24 (in Russ.). https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.002*

Введение

Для снижения окислительного стресса в организме человека применяются природные и синтетические антиоксиданты. Технология получения синтетических антиокислителей дорогостоящая, сложная, нуждается в строгом контроле [1,2].

Преимущество природных антиоксидантов по сравнению с синтетическими заключается в отсутствии побочных явлений в организме человека.

Природные антиоксиданты способны улучшать качественные характеристики продуктов питания. Они обладают большими функциональными способностями и обогащены эссенциальными макро- и микронутриентами. Их можно использовать в пищевой, медицинской и косметической промышленности.

Максимальным содержанием антиоксидантов характеризуются растительные организмы. Они синтезируют флаваноиды, дубильные вещества, органические кислоты, эфирные масла, полифенольные соединения, которые обладают антивирусной, атибактериальной, противогрибковой, противоопухолевой и другими видами биологический активности [3,4].

Новосибирские исследователи изучали антиоксидантную активность экстрактов прополиса и пчелиного подмора, спиртовых и водных. Наиболее высокой биологической активностью обладают водные экстракты подмора, а также спиртовые экстракты прополиса [5].

Анализ по литературным данным биологических и химических свойств прополиса, как продукта с противовирусной активностью, антибактериальным и противовоспалительным действием, антитоксической и антиоксидантной активностью, показывает большие перспективы использования прополиса как продукта с адаптогенным и антиоксидантным действием [6].

Исследовались водные и масляные экстракты прополиса в эксперименте на моделях химического ожога роговицы III ст. и гнойной язвы роговицы. Маркером служила активность лизосомальных ферментов тканей глаза, играющих большую роль в патогенезе воспалительных и деструктивных поражений органа зрения. Экстракты прополиса показали высокую активность при лечении гнойной язвы роговицы, ожогах конъюктивы, герпетических кератитах, травматических кератитах, катаральной язвы роговицы. При применении экстрактов прополиса или экстрактов прополиса в комплексе с традиционной терапией уменьшается воспаление, быстрее происходит эпитализация и регенерация тканей, сокращаются сроки лечения и улучшается функциональное состояние. Препараты прополиса устойчивы в хранении, не требуют стерилизации, имеют простую технологию приготовления, нетоксичны, обладают высокой бактерицидной активностью. Экстракты прополиса можно широко внедрять в клинической практике [7].

В исследовании антиоксидантной активности различного сырья (прополис, перегородки и кожура граната, боярышник) двумя методами установлено, что прополис обладает наибольшей активностью [8].

Основные составляющие прополиса проявляют достаточно сильную антиоксидантную активность, которая также коррелирует с общим содержанием полифенолов и флавоноидов. Большинство компонентов прополиса являются естественными составляющими пищевых продуктов и признаны безопасными веществами. Проблемой остается растворимость активных веществ прополиса, так как они в основном растворяются в этаноле.

Выявлено, что неэтанольный экстракт прополиса обладает антибактериальными, противовирусными и противовоспалительными свойствами,

защищает от повреждения клеток, вызванного ионизирующим излучением [9]

При исследовании влияния спиртовых и водных экстрактов прополиса на противогрибковую и антиоксидантную активность установили, что экстракты прополиса содержат большое количество флавоноидных соединений и специфических соединений. Установлено существенное различие содержания фенольных соединений и их активности в спиртовом экстракте по сравнению с водным экстрактом. Выявлена значительная антиоксидантная, противомикробная активность экстрактов прополиса, предполагающая использование их в качестве натуральных консервантов [10].

Исследование Малазийского прополиса показало высокое содержание в нем полифенолов, флавоноидов, дубильных веществ, аскорбиновой кислоты. Прополис является многообещающим источником природных антиоксидантов, обладает высокой активностью по удалению свободных радикалов и антиоксидантной способностью восстановления железа. Исследование in vivo подтвердило, что Малазийский прополис значительно изменил биохимические параметры, связанные с ИСО-индуцированным повреждением миокарда, прополис может оказывать антилипопероксидантное и антиоксидантное действие, которое обеспечивает эти кардиозащитные эффекты [11].

Исследованиями, проведенными в Канаде, были определены концентрации основных элементов и антиоксидантные характеристики спиртовых экстрактов трех образцов прополиса, собранных в разных географических точках Канады. Активность прополиса по удалению свободных радикалов была подтверждена с помощью анализа DPPH и с использованием клеточных линий люциферазы. Все экстракты прополиса продемонстрировали способность к очистке от свободных радикалов и защитную активность против окислительного стресса, вызванного воздействием H_2O_2 в системе in vitro. Прополис и экстракты могут служить источником природных антиоксидантов [12].

Исследованы антиоксидантные и антибактериальные свойства образцов прополиса, собранных из разных регионов Палестины. Наблюдалась сильная корреляция между содержанием смолы, общим содержанием фенолов и содержанием флавонов и флавонолов и антибактериальной и антиоксидантной активностью. Палестинский прополис оказал заметное ингибирующее действие на полирезистентные клинические изоляты, такие как *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus* и *Streptococcus faecalis.* и показал высокую способность к удалению радикалов, что позволяет использовать его в качестве естественной альтернативы другим натуральным пищевым добавкам и альтернативной терапии инфекции, вызванной резистентным штаммом [13].

Эффективность против супероксидного радикала прополиса Венесуэлы оценивали методом циклической вольтамперометрии. Данный метод является полезным инструментом для выявления различий между прополисом, экстрактами прополиса, в зависимости от его антиоксидантного профиля [14].

В работе исследователей Аргентины представлен обзор исследований химического состава (полифенолы, флавоноиды, терпены и др.), антимикробной активности и антиоксидантных свойств прополиса как функционального пищевого ингредиента. Кроме того, рассматриваются новейшие технологии, разработанные для включения прополиса в пищевые системы, сохраняющие его антиоксидантные свойства и маскирующие неприятный запах.

Таким образом, несмотря на различия в химическом составе прополиса из различных точек мира, он проявляет антиоксидантную и фармакологическую активность, что делает прополис привлекательным натуральным продуктом для включения в пищевые технологии в качестве функционального ингредиента [15].

Тела пчел в последнее время также широко используются в качестве источника биологически активных компонентов.

Одним из важнейших компонентов тел пчел, обеспечивающих биологическую активность пчелиного подмора, являются фенольные (флавоноидные) соединения.

Согласно исследованиям, в пчелином подморе содержится большое количество флавоноидов разных классов, обладающих противовоспалительной, противовирусной, гепатопротекторной, антиоксидантной активностью, которые влияют на иммунологические процессы. Антиоксиданты пчелиного подмора образуют хелатные соединения с тяжелыми металлами, способны нейтрализовать токсичные соединения разной природы, предотвращая мутации на клеточном уровне.

Исследованиями ученых Белоруссии установлено, что подмор пчел показал противовирусную и антибактериальную активность [16].

Группа исследователей в производственных условиях отработала технологию извлечения хитин-меланинового комплекса из подмора пчел [17].

Спиртовые экстракты личинок восковой моли, подмора, прополиса были использованы для разработки биологически активной добавки к пище в Молдавии. Пищевая добавка содержит свободные аминокислоты, микроэлементы. Рекомендуется при повышенных физических, умственных нагрузках, для преодоления стрессовых состояний, повышения работоспособности [18].

Фармацевтическое и клиническое использование продуктов пчеловодства вызывает все больший интерес. Использование специфических соединений из продуктов пчеловодства в качестве лечебных препаратов еще не реализовано.

Независимо от того, произойдет ли фармацевтическое использование этих биоактивных веществ или нет, исследования, направленные на уточнение знаний об их механизмах действия, по-прежнему имеют ключевое значение для разработки способов использования продуктов пчеловодства в медицинских целях.

Целью исследования стало определение веществ с восстанавливающими свойствами в прополисе, экстрактах прополиса водных и спирто-

вых; в пчелином подморе, экстрактах подмора водных и спиртовых.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны нативный прополис, экстракты прополиса спиртовые и водные, нативный подмор пчел, водные экстракты пчелиного подмора.

Нативный прополис, подмор пчел и их экстракты исследовали на содержание биологически активных веществ.

Экстрагентами являлись вода и этиловый спирт. Несмотря на пониженную растворимость в воде фенольных кислот и флавоноидов, не следует игнорировать воду как экстрагент. Можно получать экстракты с содержанием биологически активных соединений, демонстрирующих высокую антиоксидантную способность и столь же высокую антимикробную активность. На извлечение биологически активных веществ в водных экстрактах влияют время экстракции, степень измельчения сырья, перемешивание, воздействие ультразвука, нагревание и другие факторы.

Извлечение комплекса биологически активных веществ проводили экстракцией прополиса водой методом мацерации (с нагреванием и без нагревания).

Получение водного извлечения прополиса проводили при t=20±2° С на магнитной мешалке, а также при t=93±2° С на водяной бане с использованием обратного холодильника (для сохранения летучих соединений).

Спиртовой раствор прополиса получали в концентрации 5 % и 20 % на 70 %-м спирте.

Извлечение из прополиса биологически активных веществ проводили в стеклянной емкости. Порошкообразный прополис заливали пищевым 70° этиловым спиртом, для приготовления 5 %-го и 20 %-го спиртового раствора на 100 см³ спирта брали навеску (Н) прополиса по формуле:

$$H=\frac{5\cdot 1000}{100-(м.п.+в)} \quad \text{или} \quad H=\frac{20\cdot 1000}{100-(м.п.+в)},$$

где *м.п.* – массовая доля нерастворимых веществ с механическими примесями в исходном прополисе, %;

в – массовая доля воска в исходном прополисе, %.

Извлечение активных веществ из прополиса выполняли при условиях: продолжительность экстракции 5-6 ч при постоянном перемешивании на магнитной мешалке, без доступа света.

Далее нерастворимый остаток экстракта прополиса фильтровали и промывали несколькими порциями холодного этилового спирта. Для фильтрования использовали бумажный фильтр средней плотности.

Экстракт прополиса концентрированный 70 %-й извлекали из прополиса 96 %-м этиловым спиртом с последующим отделением растворителя перегонкой. В стеклянную емкость наливали 960 этиловый пищевой спирт и вносили мелко измельченный (порошкообразный) прополис. Соотношение прополиса и спирта 1:10. Активную экстракцию проводили при следующих условиях: продолжительность 5-6 ч, ограничение доступ света при постоянном перемешивании на магнитной мешалке, температура спирта с вытяжкой прополиса (спиртовой раствор прополиса) – 20-25° С. Фильтрование (после отстаивания без доступа света) выполняли через бумажный фильтр, на который переносили спиртовой экстракт с нерастворенными остатками. Концентрирование (удаление растворителя) спиртового раствора прополиса выполняли перегонкой при температуре 78±2° С.

Извлечение термолабильных веществ прополиса проводили при мягком температурном режиме для сохранения высокой биологической активности соединений прополиса.

Экстракт прополиса концентрированный переносили в фарфоровую чашку и на водяной бане с температурой воды 40° С выпаривали растворитель, т.е. сгущали раствор прополиса до коэффициента рефракции, nД20 = 1,51-1,54 , что соответствует содержанию сухих веществ 70 %.

На основе пчелиного подмора приготовлены водные экстракты методом мацерации с использованием термостатирования при температуре t=60° С и t=80° С. Концентрация содержания пчел в экстрактах 5 %. Для приготовления водных экстрактов использовался хорошо сохранившийся, высохший, без плесени и запаха подмор пчел. Использовали измельченный подмор пчел для перехода наибольшего количества активных веществ из тел пчел в экстракты. Пчелиный подмор заливался необходимым количеством воды из расчета требуемой концентрации и выдерживался на водяной бане при определенной температуре 1,5 часа. Затем водные растворы настаивались в течение 1 часа при комнатной температуре, после чего фильтровались.

В качестве оценки биохимической активности прополиса, пчелиного подмора и их экстрактов использовали их общую антиокислительную активность (АОА).

Объем исследуемого восстанавливающего раствора, вступающего в реакцию с 1 мл 0,05 Н раствора перманганата калия ($KMnO_4$), является показателем относительной антиокислительной активности.

Минимальный объем раствора с восстанавливающими свойствами, израсходованный на титрование, соотносится с более высокой антиокислительной активностью.

Чем меньше объем препарата с восстановительными свойствами, израсходованный на титрование, тем выше антиокислительная активность препарата.

Оценку антиокислительной активности водных экстрактов прополиса проводили методом, основанным на реакции $KMnO_4$ в присутствии 0,24 М H_2SO_4 с исследуемым раствором прополиса, с последующим пересчетом в 1 мл или 1 г препарата на кверцетин (патент 2170930).

Результаты исследований и их обсуждение

Количественной характеристикой содержания биологически активных веществ является антиокислительная активность объектов. Содержание веществ восстанавливающего характера (биоло-

гически активных веществ) в нативном прополисе и его экстрактах: водных, спиртовых и концентрированном приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание биологически активных веществ восстановительного характера в прополисе и его экстрактах (n=5)

Объект исследования	Содержание БАВ, мг/г	
	M±m	Пределы колебаний
Прополис	9,86±11,55	4,15-17,83
Водный прополис, $t_{извл.}$=25° С	0,86±0,06	0,72-1,17
Водный прополис, $t_{извл.}$=93° С	1,84±0,16	1,48-2,46
Спиртовой прополис, 5 %	6,77±2,31	6,25-7,83
Спиртовой прополис, 20 %	13,02±25,37	9,57-25,52
Экстракт прополиса концентрированный 70 %	17,21±3,67	16,02-18,41

Результаты исследований показали, что экстракты прополиса концентрированный 70%-й и спиртовой 20%-й содержат максимальное количество антиоксидантных соединений, соответственно 13,02 и 17,21 мг/г; прополис содержит 9,86 мг/г; водные экстракты при различных температурах извлечения t=25° С и t=93° С содержат соответственно 0,86 и 1,84 мг/г биологически активных веществ восстановительного характера.

В таблице 2 приведены данные по содержанию биологически активных веществ в нативном подморе пчел и его водных экстрактах.

Таблица 2 – Содержание биологически активных веществ восстановительного характера в подморе пчел и его экстрактах (n=5)

Объект исследования	Содержание БАВ, мг/г		
	M±m	Lim	σ
Подмор пчел	1,38±0,120	1,15-1,63	0,24
Водный экстракт подмора, t извл.= 60° С	0,13±0,08	0,10-0,14	0,02
Водный экстракт подмора, t извл.= 80° С	0,22±0,026	0,16-0,22	0,06

Исследования показали, что антиоксидантная активность (сумма биологически активных веществ восстанавливающего характера) пчелиного подмора составляет 1,38±0,120 мг/г, это позволяет использовать его в качестве дополнительного источника биологически активных веществ восстановительного характера. Минимальное содержание биологически активных веществ восстановительного характера в наших исследованиях составило 1,15 мг/г, максимальное – 1,63 мг/г.

Установлено, что вода способна извлекать из подмора пчел биологически активные вещества восстановительного характера. На степень извлечения веществ восстановительного характера из подмора оказывают влияние следующие факторы: высушивание свежезаготовленного подмора, степень измельчения подмора, нагревание в процессе экстракции, время экстракции.

В проведенном исследовании было определено, что при температуре термостатирования 60° С из пчелиного подмора извлекается 0,13±0,08 мг/г биологически активных веществ восстановительного характера; при температуре 80° С – 0,22±0,012 мг/г. Увеличение температуры нагревания на 20° С увеличивает степень извлечения экстрагируемых биологически активных веществ восстановительного характера на 69 %.

Вода способна извлекать из прополиса биологически активные вещества восстановительного характера до 2 % по массе. Установлено, что при использовании различных температур в процессе экстракции водой прополиса содержание биологически активных веществ восстановительного характера увеличилось в 2,14 раза. Экстракция проводилась при температурах 25° С и 93° С.

Заключение

Прополис и подмор пчел могут служить ценными продуктами для создания лекарств и биологически активных добавок к пище, так как являются источниками природных антиоксидантов

Их потенциал в качестве источника антиоксидантов обусловлен высоким содержанием флавоноидных, полифенольных соединений, оксикоричных кислот, фенольных кислот, эфиров фенольных кислот, терпенов, ароматических спиртов и других химических соединений.

Содержание биологически активных веществ в экстрактах изменяется в зависимости от выбранного растворителя и условий экстракции. Спирт и вода являются допустимыми растворителями

для прополиса и подмора и позволяют извлечь комплекс биологически активных веществ из этих продуктов.

Список источников

1. Шубенкова, Е. Г. Исследование влияния условий экстракции на извлечение биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами / Шубенкова Е. Г., Чжу О. П., Лобова Ю. Ю. и др. // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2013. – № 5. – С. 144–148. – URL: http://sciforedu.ru/article/471

2. Пат. RU 2170930 Рос. Федерация, МПК7 G01N33/50, G01N33/52 Способ определения антиокислительной активности / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов и др.; заявитель и патентообладатель Московск. мед. акад. им. И. М. Сеченова. – №2000111126/14; заявл. 05.05.2000; опубл. 20.07.2001. – 6 с.

3. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – P.1-20. – URL:https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

4. Fratellone, P.M. Apitherapy Products for Medicinal Use / P.M. Fratellone, F. Tsimis, G.J. Fratellone // The Journal of Alternative and Complementary Medicine. – 2016. – v.22(12). – P.1020-1022. – URL: https://doi.org/10.1089/acm.2015.0346

5. Корочкина, П. С. Антиоксидантный статус прополиса и пчелиного подмора / П. С. Корочкина, И. В. Васильцова // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: материалы научно-практической конференции. – Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2016. – С. 348-351. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27481036.

6. Ярован, Н. И. Прополис, как средство адаптогенного действия / Н. И. Ярован, Н. А. Ивлева, А. В. Долганова // Химические элементы - основа жизни: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», 2020. – С.212-215. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42889055

7. Колесникова, А. В. Итоги исследования эффективности апипродуктов в офтальмологии / А. В. Колесникова, О. Ю. Колесников // Состояние и перспективы развития современного пчеловодства и апитерапии: материалы Международной конференции. – Рыбное: ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2018. – С. 154-158. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37103467

8. Тихонов, Б. Б. Сравнение антиоксидантной активности образцов различной природы / Б. Б. Тихонов, А. И. Сидоров, М. Г. Сульман // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2021. – № 1. – С. 23-29. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45644504

9. Liaudanskas, M. Comparison of Ethanolic and aqueous-polyethylenglycolic propolis extracts: Chemical composition and antioxidant properties / M. Liaudanskas, L. Kubilienė, V.Žvikas et al. // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2021. – P. 1-7.- URL: https://doi.org/10.1155/2021/5557667. - https://www.hindawi.com/journals/ecam/2021/5557667/

10. Ibrahim, M. E. ED. Anti-fungal and antioxidant properties of propolis (bee glue) extracts / M. E. ED. Ibrahim, R. M. Alqurashi // International Journal of Food Microbiology. – 2022. – v. 361. - 109463. – URL: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109463

11. Ahmed, R. Antioxidant properties and cardioprotective mechanism of Malaysian propolis in rats / R. Ahmed et al. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – URL: https://doi.org/10.1155/2017/5370545 2017

12. Al Naggar, Y. Chemical characterization andantioxidant properties of Canadian propolis / Y. Al Naggar, J. Sun, A. Robertson et al. // Journal of apicultural research. – 2016. – v.55(4). – P. 305-314. – URL: https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1233700

13. Daraghmeh, J. In vitro evaluation of Palestinian propolis as a natural product with antioxidant properties and antimicrobial activity against multidrug-resistant clinical isolates / J. Daraghmeh, H. Imtara // Journal of Food Quality. – 2020. – URL: thtps://doi.org/10.1155/2020/8861395 2020

14. Mohtar, L. G. Comparative study of different methodologies for the determination the antioxidant activity of Venezuelan propolis / L. G. Mohtar, G. A. Messina, F. A. Bertolino et al. // Microchemical Journal. – 2020. – N158 : 105244. – URL.: https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105244. - https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X20315034

15. Irigoiti, Y. The use of propolis as a functional food ingredient: A review / Y. Irigoiti, A. Navarro, D. Yamul et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – N 115. – P. 297-306. - URL: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.041

16. Красочко, П. А. Изучение химического состава пчелиного подмора / П. А. Красочко, И. А. Красочко, З. А. Антонова и др. // Актуальные вопросы современного пчеловодства: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: Изд-во «Беларусская наука», 2021. – С. 52-55. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45775903&pff=1

17. Албулов, А. И. Получение хитин-меланинового комплекса из пчелиного подмора / А. И. Албулов, М. А. Фролова, Э. И. Ковалева и др. // Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству и апитерапии. – 2018. – С. 91-93. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37103447

18. Леорда, А. Биологически активная добавка укрепляющего действия на основе продуктов пчеловодства / А. Леорда, С. Гараева, А. Мантоптин и др. // Биохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы: материалы Международной конференции. – Тирасполь, 2020. – Том 1. – С. 310-314. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44637818&pff=1

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Shubenkova, E. G. Issledovanie vliyaniya uslovij ekstrakcii na izvlechenie biologicheski aktivnyh veshchestv s antioksidantnymi svojstvami / SHubenkova E. G., CHzhu O. P., Lobova YU. YU. i dr. // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2013. – № 5. – S. 144–148. – URL: http://sciforedu.ru/article/471

2. Pat. RU 2170930 Ros. Federaciya, MPK7 G01N33/50, G01N33/52 Sposob opredeleniya antiokislitel'noj aktivnosti / T. V. Maksimova, I. N. Nikulina, V. P. Pahomov i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' Moskovsk. med. akad. im. I. M. Sechenova. – №2000111126/14; zayavl. 05.05.2000; opubl. 20.07.2001. – 6 s.

3. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – R.1-20. – URL:https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

4. Fratellone, P.M. Apitherapy Products for Medicinal Use / P.M. Fratellone, F. Tsimis, G.J. Fratellone // The Journal of Alternative and Complementary Medicine. – 2016. – v.22(12). – R.1020-1022. – URL: https://doi.org/10.1089/acm.2015.0346

5. Korochkina, P. S. Antioksidantnyj status propolisa i pchelinogo podmora / P. S. Korochkina, I. V. Vasil'cova // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: materialy nauchno-prakticheskoj konferencii. – Novosibirsk: Novosibirskij GAU, 2016. – S. 348-351. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27481036.

6. YArovan, N. I. Propolis, kak sredstvo adaptogennogo dejstviya / N. I. YArovan, N. A. Ivleva, A. V. Dolganova // Himicheskie elementy - osnova zhizni: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Orel: FGBOU VO «Orlovskij GAU im. N.V. Parahina», 2020. – S.212-215. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42889055

7. Kolesnikova, A. V. Itogi issledovaniya effektivnosti apiproduktov v oftal'mologii / A. V. Kolesnikova, O. YU. Kolesnikov // Sostoyanie i perspektivy razvitiya sovremennogo pchelovodstva i apiterapii: materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Rybnoe: FGBNU «FNC pchelovodstva», 2018. – S. 154-158. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37103467

8. Tihonov, B. B. Sravnenie antioksidantnoj aktivnosti obrazcov razlichnoj prirody / B. B. Tihonov, A. I. Sidorov, M. G. Sul'man // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. – 2021. – № 1. – S. 23-29. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45644504

9. Liaudanskas, M. Comparison of Ethanolic and aqueous-polyethylenglycolic propolis extracts: Chemical composition and antioxidant properties / M. Liaudanskas, L. Kubilienė, V.Žvikas et al. // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – 2021. – P. 1-7.- URL: https://doi.org/10.1155/2021/5557667. - https://www.hindawi.com/journals/ecam/2021/5557667/

10. Ibrahim, M. E. ED. Anti-fungal and antioxidant properties of propolis (bee glue) extracts / M. E. ED. Ibrahim, R. M. Alqurashi // International Journal of Food Microbiology. – 2022. – v. 361. - 109463. – URL: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109463

11. Ahmed, R. Antioxidant properties and cardioprotective mechanism of Malaysian propolis in rats / R. Ahmed et al. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. – URL: https://doi.org/10.1155/2017/5370545 2017

12. Al Naggar, Y. Chemical characterization andantioxidant properties of Canadian propolis / Y. Al Naggar, J. Sun, A. Robertson et al. // Journal of apicultural research. – 2016. – v.55(4). – R. 305-314. – URL: https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1233700

13. Daraghmeh, J. In vitro evaluation of Palestinian propolis as a natural product with antioxidant properties and antimicrobial activity against multidrug-resistant clinical isolates / J. Daraghmeh, H. Imtara // Journal of Food Quality. – 2020. – URL: thtps://doi.org/10.1155/2020/8861395 2020

14. Mohtar, L. G. Comparative study of different methodologies for the determination the antioxidant activity of Venezuelan propolis / L. G. Mohtar, G. A. Messina, F. A. Bertolino et al. // Microchemical Journal. – 2020. – N158 : 105244. – URL.: https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105244. - https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/ pii/S0026265X20315034

15. Irigoiti, Y. The use of propolis as a functional food ingredient: A review / Y. Irigoiti, A. Navarro, D. Yamul et al. // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – N 115. – R. 297-306. - URL: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.041

16. Krasochko, P. A. Izuchenie himicheskogo sostava pchelinogo podmora / P. A. Krasochko, I. A. Krasochko, Z. A. Antonova i dr. // Aktual'nye voprosy sovremennogo pchelovodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Minsk: Izd-vo «Belarusskaya nauka», 2021. – S. 52-55. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45775903&pff=1

17. Albulov, A. I. Poluchenie hitin-melaninovogo kompleksa iz pchelinogo podmora / A. I. Albulov, M. A. Frolova, E. I. Kovaleva i dr. // Sbornik nauchno-issledovatel'skih rabot po pchelovodstvu i apiterapii. – 2018. – S. 91-93. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37103447

18. Leorda, A. Biologicheski aktivnaya dobavka ukreplyayushchego dejstviya na osnove produktov pchelovodstva / A. Leorda, S. Garaeva, A. Mantoptin i dr. // Biohimicheskie innovacii v usloviyah korrekcii tekhnogeneza biosfery: materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Tiraspol', 2020. – Tom 1. – S. 310-314. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44637818&pff=1

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Вахонина Елена Александровна, *канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», landych899@gmail.ru*

Лапынина Елена Петровна, *канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», elena.p56@yandex.ru*

Information about the authors

Vakhonina Elena A., Candidate *of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC of Beekeeping", landych899@gmail.ru*

Lapynina Elena P., *Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution “FNC of Beekeeping”, elena.p56@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию13.04.2022; одобрена после рецензирования 05.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 13.04.2022; approved after reviewing 05.06.2022; accepted for publication10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 2, с. 25-33
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 2, pp. 25-33

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 619:617.76-002:636.1
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.003

ЭФФЕКТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ОСТРОГО АСЕПТИЧЕСКОГО ТЕНДОВАГИНИТА У ЛОШАДЕЙ

Ксения Аркадьевна Герцева[1]✉, Лидия Вячеславовна Никулова[2], Анна Алексеевна Купцова[3], Мария Вячеславовна Ильина[4], Анастасия Валериевна Бурмина5.

[1,2] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия
[3] КСК «ИП Киселев В.А.» Щелковского района Московской области, Россия
[4] КСК «Успенский» Скопинского района Рязанской области, Россия
[5] специалист АО «Рассвет» Рязанского района Рязанской области, Россия
[1] okavet@ya.ru
[2] lida202008@yandex.ru
[3] ann2715@mail.ru
[4] iljina.masha-ilina2017@yandex.ru
[5] anastasia.burmina@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель*. Целью исследований стало изучение терапевтической эффективности комплексной терапии острого асептического тендовагинита у лошадей.*
Методология. *Научно-исследовательская экспериментальная работа проводилась на базе конюшни КСК «ИП Киселев В.А.» Щелковского района Московской области, КСК «Успенский» Скопинского района Рязанской области, частной конюшни Старожиловского района Рязанской области в период с 2020-2022 гг. Объектом исследований являлись лошади различного возраста и пород с диагнозом «острый асептический тендовагинит». В процессе научной работы на основании клинических симптомов изучаемой патологии были составлены три схемы лечения острого асептического тендовагинита у лошадей. В сравнительном аспекте изучена их терапевтическая эффективность. Для этого были сформированы три аналогичные по диагнозу группы лошадей (n=6): первая опытная, вторая опытная и контрольная.*
Результаты*. Установлено, что наискорейшее выздоровление лошадей с острой формой асептического тендовагинита наблюдалось при применении в первой опытной группе компресса, в состав которого входили следующие компоненты: 500 мл 40°-го этилового спирта, 5 мл 5 % раствора йода, 5 мл дексаметазона (4 мг/мл), 50 мл димексида (99 % раствор диметилсульфоксида) наружно 1 раз в день в течение трех недель. Уменьшение боли и отека наблюдалось уже на 3-5-й день, хромота была ликвидирована к 12-16 дню, полное клиническое выздоровление наступило на 18-20-й день. Терапевтическая эффективность в первой опытной группе составила 83,3 %, при рецидивности 33,3 % с продолжительностью периода ремиссии не менее 5-6 недель. Терапевтическая эффективность схемы лечения асептического тендовагинита у лошадей в первой опытной группе оказалась выше на 16,6 %, рецидивность меньше на 33,4 % и на 50 %, и период ремиссии больше на 7 и на 14 дней по сравнению со второй опытной и контрольной группами соответственно.*
Заключение. *Комплексное лечение острого асептического тендовагинита у лошадей с применением местного согревающего компресса со сложным составом, включающим 500 мл 40°-го этилового спирта, 5 мл йода (5 % раствор йода), 5 мл дексаметазона (4 мг/мл), и 50 мл димексида (99 % диметилсульфоксида) наружно 1 раз в день в течение трех недель, способствует эффективному устранению клинического проявления патологии в течение 18-20 дней.*

Ключевые слова: *болезни лошадей, острый асептический тендовагинит, лечение, диметилсульфоксид*

Для цитирования: *Герцева К.А. Никулова Л. В., Купцова А. А., Ильина М. В., Бурмина А. В. Эффективное лечение острого асептического тендовагинита у лошадей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т15, №2. С. 25- https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.003*

© Герцева К.А. Никулова Л. В., Купцова А. А., Ильина М. В., Бурмина А. В. 2022 г.

Original article

EFFECTIVE TREATMENT OF ACUTE ASEPTIC TENDOVAGINITIS IN HORSES

Ksenia A. Gertseva[1] ✉, Lidiya V. Nikulova[2], Anna A. Kuptsova[3], Maria V. Ilina[4], Anastasia V. Burmina[5].
[1,2] Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
[3] KSK "IP Kiselev V. A.", Shchelkovsky district of the Moscow region, Russia
[4] KSK "Uspensky", Skopinsky district of the Ryazan region, Russia
[5] JSC "Dawn" of the Ryazan district of the Ryazan region, Russia

[1] okavet@ya.ru
[2] lida202008@yandex.ru
[3] ann2715@mail.ru
[4] iljina.masha-ilina2017@yandex.ru
[5] anastasia.burmina@yandex.ru

Annotation
The problem and the goal. *The aim of the research was to study the therapeutic effectiveness of complex therapy of acute aseptic tendovaginitis in horses.*
Methodology. *The research and experimental work was carried out on the basis of the stable of the KSK "IP Kiselev V.A." of the Shchelkovsky district of the Moscow region, the KSK "Uspensky" of the Skopinsky district of the Ryazan region, the private stable of the Starozhilovsky district of the Ryazan region in the period from 2020-2022. The object of research was horses of various ages and breeds with a diagnosis of acute aseptic tendovaginitis. In the course of scientific work, based on the clinical symptoms of the pathology under study, three treatment regimens for acute aseptic tendovaginitis in horses were compiled. Their therapeutic efficacy has been studied in a comparative aspect. For this purpose, three groups of horses similar in diagnosis (n=8) were formed: the first experienced, the second experienced and the control.*
Results. *It was found that the fastest recovery of horses with an acute form of aseptic tendovaginitis was observed with the use of a compress, which included the following components: 500 ml of 40° ethyl alcohol, 5 ml of 5 % iodine solution, 5 ml of dexamethasone (4 mg/ml), 50 ml of dimexide (99 % dimethyl sulfoxide solution) externally 1 once a day for 3 weeks. Thus, a decrease in pain and edema was observed already on day 3-5, lameness was eliminated by day 12-16, full clinical recovery occurred on day 18-20. Therapeutic efficacy in the first experimental group was 83.3%, with a relapse rate of 33.3% with a remission period of at least 5-6 weeks. The therapeutic efficacy of the treatment regimen for aseptic tendovaginitis in horses in the first experimental group was 16.6% higher, relapse was 33.4% and 50% less, and the remission period was 7 and 14 days longer compared to the second experimental and control groups, respectively.*
Conclusion. *Complex treatment of acute aseptic tendovaginitis in horses with the use of a local warming compress with a complex composition, including 500 ml of 40° ethyl alcohol, 5 ml of iodine (5 % iodine solution), 5 ml of dexamethasone (4 mg /ml), and 50 ml of dimexide (99 % dimethyl sulfoxide) externally 1 time a day within 3 weeks, it contributes to the effective elimination of the clinical manifestation of pathology within 18-20 days.*

Key words: *equine diseases, acute aseptic tendovaginitis, treatment, dimethyl sulfoxide*
For citation: *Gertseva K. A., Nikulova L. V., Kuptsova A. A., Ilina M. V., Burmina A. V. Effective treatment of acute aseptic tendovaginitis in horses Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 15(2). C.25-33 (in Russ.). https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.003*

Введение

Лечение больных животных - непосредственная и важная обязанность ветеринарного врача. Полное или частичное восстановление работоспособности животного служит показателем лечебной эффективности. В жизни человека лошадь всегда играла значимую роль [14]. Одной из наиболее важных проблем в области коневодства является травма сухожильно-связочного аппарата [16]. По статистике до 45 % лошадей, в том числе выступающих на ипподромах, ежегодно получают травмы в области поверхностных и глубоких сухожилий сгибателей. Современным врачам ветеринарной медицины до сих пор сложно справляться с этой проблемой [2, 4, 12]. Порядок тренинга спортивных лошадей и участие их в соревнованиях связаны со значительными нагрузками на конечности, что вызывает перенапряжение сухожильно-связочного аппарата и обуславливает увеличение вероятности степени травматизма, сокращение спортивного долголетия [1, 6, 9]. Изучение острых форм асептических тендинитов и тендовагинитов является актуальной задачей, приводящей, в конечном счете, к прекращению спортивной карьеры [3, 15]. Разработанное лечение должно обеспечивать быстрое и полноценное восстановление функции поврежденного сухожилия и замедление развития необратимых дистрофических и дегенеративных изменений в тканях [7, 10]. Важно отметить, что форсированная подготовка молодых спортивных лошадей к стартам способствует широкому распространению патологии сухожилий [5, 8, 13, 17, 18]. На сегодняшний день нет единого мнения в выборе методов

терапии лошадей с тендовагинитами. Важность долгого периода восстановления и риск рецидивов обуславливает поиск новых научных решений по изучаемому вопросу [11]. Цель исследований: изучить в сравнительном аспекте эффективность схем лечения острого асептического тендовагинита у лошадей в условиях частных конюшен.

Материалы и методы исследований

Научно-исследовательская работа была проведена на кафедре ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных ФГБОУ ВО Рязанского ГАТУ. Экспериментальная часть работы была проведена в условиях конюшен ИП «Киселев В.А.» Щелковского района Московской области, КСК «Вороновка» Скопинского района Рязанской области, частной конюшни Старожиловского района Рязанской области. Объектом исследований являлись лошади в возрасте от 3 до 14 лет следующих пород: орловская рысистая, башкирская, карачаевская, русская верховая, ахалтекинская. Всего в период 2019-2021 гг. было исследовано 128 голов, из них с острым асептическим тендовагинитом 18 голов. Условия содержания лошадей соответствовали требуемым нормам: конюшни во всех комплексах были с кирпичными стенами с двумя входами с утепленными тамбурами, потолки деревянные, утепленные полы деревянные, перегородки между денниками кирпичные оштукатуренные (рис. 1). Содержание денниковое. Площадь одного денника 10,5 м² (3х3,5 м). Денники расположены в два ряда, посередине – центральный проход шириной 3,5 м.

Рис. 1 - Содержание лошадей в денниках (Keeping horses in stalls)

Вентиляция – приточно-вытяжная. В наличии два вытяжных канала общей площадью 0,25 м². Приток воздуха обеспечивается с помощью оконных щелей. Количество окон в конюшне 10, общей площадью 2,0 м². Подстилка – хвойная стружка с ежедневной сменой подстилки. Режим кормления: кормление 6-кратное. Рацион состоит в зимний период – сено разнотравное, овес, отруби пшеничные, травяная мука, морковь. В летний период – трава на пастбище и овес. В денниках у лошадей стоят брикеты «Гималайская соль». Поение осуществляется из центрального водоснабжения непосредственно перед каждым кормлением. Животные имеют ежедневный моцион в виде прогулок в приконюшенных паддоках минимум 4 часа в день, при хорошей погоде – весь световой день. В пастбищный период время нахождения в левадах составляет не менее 8-10 часов. Все исследуемые животные на момент исследований регулярно проходили вакцинацию от гриппа, ринопневмонии, дерматомикозов, сибирской язвы, лептоспироза, бешенства. Согласно плану противоэпизоотических мероприятий своевременно лошадям были проведены диагностические исследования на сап, ИНАН, случную болезнь, бруцеллез. В хозяйстве регулярно проводятся дератизация, дезинсекция, дезинфекция. Диагноз асептической патологии мягких тканей дистального отдела конечностей у лошадей ставился на основании анамнестических данных, наблюдения следующих клинических симптомов, как в движении, так и в покое: аритмия движения, хромота опорной конечности, болезненная припухлость, повышение местной температуры. Дополнительно были проведены диагностические тесты (рис. 2). На протяжении опытного периода в течение 60 дней велось ежедневное клиническое наблюдение за лошадьми. Оценивалось наличие хромоты, общих и местных клинических признаков асептического тендовагинита

Рис. 2- Асептический тендовагинит левой тазовой конечности (Aseptic tendovaginitis of the left pelvic limb)

Основными предполагаемыми причинами асептического тендовагинита у исследуемых лошадей являлись чрезмерные ипподромные нагрузки, неправильная постановка задних конечностей, в некоторых случаях отбивание по стенам в деннике, драки в леваде при групповом выгуле (рис. 3), отсутствие «защиты» сгибателей пальцев.

Рис. 3 - Групповой выгул лошадей в левадах
(Group walking of horses in levada)

Все животные были разделены на три группы: первая опытная, вторая опытная и контрольная (n=6). В первой опытной группе применялось наложение компресса с применением следующего состава: 500 мл 40°-го этилового спирта, 5 мл йода, 5 мл дексаметазона, 50 мл димексида 1 раз в день, во 2-й опытной группе - комбинированное применением геля «Троксевазин 2 %» и мази «Гепарин» (100 МЕ/г) в соотношении 1:1. В контрольной группе животному накладывались компрессы с камфорным спиртом (10 % спиртовой раствор камфоры), смешанным с 5 %-м раствором йода в соотношении 1:1 один раз в день. Курс лечения во всех группах был до момента клинического выздоровления

Таблица 1 - Схема опыта

Назначение	Группа (n=6)		
	первая опытная	вторая опытная	контрольная
1. Содержание и кормление	Ограничение тренинга, контроль плотности грунта, качество и количество подстилки, увеличение площади денника, корректировка концентратов в рационе.		
2. Консервативное лечение	Компресс: 500 мл 40°-го этилового спирта, 5 мл 5 % раствора йода, 5 мл дексаметазона (4 мг/мл), и 50 мл димексида (99 % диметилсуль-фоксид) 1 раз в день	Компресс: камфорный спирт (10 % спиртовой раствор камфоры) с 5 %-ным раствором йода в соотношении 1:1 1 раз в день.	Гель «Троксевазин 2 %» и мазь «Гепарин» (100 ЕД/г) в соотношении 1:1 один раз в день.
3. Восстановительная терапия	1. В вечерние каши (овес) добавляли льняное масло: по 50 мл внутрь 1 раз в день в течение 1 мес. после травмы. 2. В обеденное время - кормовая добавка пробиотик «Synbiovit» по 20 грамм в сутки (столовая ложка) в течение 30 дней.		

Обязательным условием лечения было назначение корректирующих мероприятий: улучшение условий содержания, повышение качества и количества подстилки, увеличение площади денника, уменьшение доли концентратов в рационе, введение витаминно-минеральных премиксов, правильное распределение тренинга в течение суток, снижение уровня стресса (частый выгул). В первые два дня на область воспаления применяли «холод» в виде нанесения сложного состава: голубая глина с хвойным экстрактом (рис. 4).

На третьи сутки – применяли тепло на область патологического очага в виде согревающих компрессов. Лошадь полностью снималась с тренинга и снижался уровень ее кормления (прежде всего по концентратам). После проведенного лечения (в течение 20-30 дней) всех лошадей постепенно вводили в работу: в первые три-четыре недели только шаг; на 4-6-й неделе постепенно вводилась «рысь»; с 7 недели плавно переходили

на кентер и галоп). Нанесение лечебных составов производилось легкими массажными движениями патологической зоны с последующим наложением согревающего компресса (рис. 5).

Рис. 4 - Наложение охлаждающего компресса с глиной
(Applying a cooling compress with clay)

Рис. 5- Клинический осмотр лошади и наложение компресса
(Clinical examination of the horse and the application of a compress)

При использовании первой схемы лечения с димексидом у некоторых лошадей наблюдалось однократное беспокойство, возможно, связанное с раздражающим действием препарата на кожу. Лечебные составы для компрессов изготавливались непосредственно ex tempory перед применением в аптеке конюшен.

Результаты исследований

Установлено, что распространение острого асептического тендовагинита у лошадей в условиях опытных частных конюшен составляет 12,0-15,6 %., хроническая форм - в 4,3-5,6 % случаев от всей незаразной патологии за изучаемый период. Наиболее подвержены острой форме асептического тендовагинита лошади в возрасте от 3 до 8 лет, в более старшем возрасте регистрируются повторные (хронические) случаи тендовагинита. Тендовагинит ППС (поверхностного пальцевого сгибателя) и ГПС (глубокого пальцевого сгибателя) встречался в соотношении 1,25:1. Патология регистрировалась на тазовых - в 61,1 % и грудных конечностях – 38,9 % случаев болезни. Встречаемость изучаемой патологии на левой стороне как грудных, так и тазовых конечностях была выше по сравнению с правой на 10,2 %. Выявлены основные клинические признаки острого асептического тендовагинита у лошадей: хромота опирающейся конечности непостоянная, часто усиливающаяся во время рыси; диффузные отеки различной локализации на пясти или плюсне, повышение местной температуры и болезненности при пальпации. В результате проведенного лечения выяснилось, что наискорейшее выздоровление при терапии острой формы асептического тендовагинита у лошадей наблюдалось при применении первой схемы. Так, уменьшение боли и отека наблюдалось уже на 3-5 день, хромота была ликвидирована к 12-16 дню, полное клиническое выздоровление наступило на 18-20 день (табл. 3).

Таблица 3 - Динамика выздоровления при лечении острого асептического тендовагинита у лошади

Группа (n=6)	Уменьшение отёка и боли, (дни)	Отсутствие хромоты (дни)	Отсутствие боли и хромоты (допускается незначительная отечность) (дни)	Полное выздоровление (дни)
Первая опытная	3-5	12-16	16-17	18-20
Вторая опытная	3-7	14-18	18-21	23-25
Контрольная	5-9	17-20	21-25	28-32

Сроки клинического выздоровления во второй опытной группе были на 5 дней больше, чем в первой опытной группе и составили 23-25 дней. В процессе исследований были установлены сроки клинического выздоровления лошадей, терапевтическая эффективность, а также рецидивность патологии при последующем наблюдении (табл.4).

Таблица 4 - Терапевтическая эффективность применения схем лечения при остром асептическом тендовагините у лошади

Показатели	Группа (n=6)		
	первая опытная	вторая опытная	контрольная
Терапевтическая эффективность, гол	5 (83,3 %)	4 (66,7 %)	4 (66,7 %)
Неполное выздоровление, гол	1 (16,7 %)	2 (33,3 %)	2 (33,3 %)
Рецидивность, гол	2 (33,3 %)	4 (66,7 %)	5 (83,3 %)
Период ремиссии, недель.	5-6	3-5	3-4

Наивысшая терапевтическая эффективность была достигнута в первой опытной группе и составила 83,3 % при рецидивности 33,3 % и продолжительности периода ремиссии 5-6 недель. Применение лечебного компресса, в составе которого был спирт камфорный и настойка йода, было малоэффективным (66,7 %). Терапия с помощью наложения компресса, в составе которого был гель «Троксевазин 2 %» и мазь «Гепарин» (100 ЕД/г) была также малоэффективной (66,7 %) с высокой рецидивностью 83,3 % и коротким периодом ремиссии (3-4 недели) (рис.6).

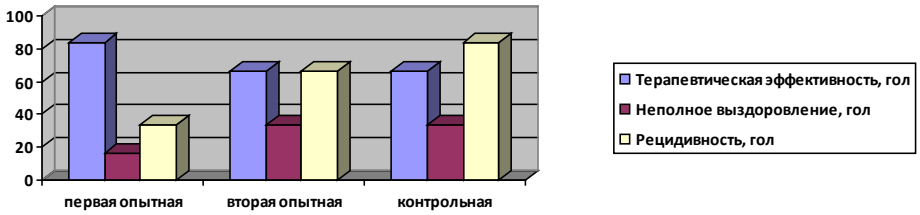


Рис. 6 - Терапевтическая эффективность применения схем лечения при остром асептическом тендовагините у лошадей
(Therapeutic efficacy of treatment regimens for acute aseptic tendovaginitis in horses)

Мы предполагаем, что активные препараты, входящие в состав компресса в первой опытной группе, такие как дексаметазон, йод, спирт за счет совместного применения с димексидом, как органическим растворителем, проникли более глубоко в пораженные ткани и оказали эффективный противовоспалительный эффект. Однако стоит отметить, что применение местного компресса на пораженные конечности играет вспомогательную роль в системном лечении острого асептического тендовагинита, так как ключевым фактором в выздоровлении является комплексный подход с обязательной корректировкой тренинга, условий содержания и параметров рациона (рис. 6).

Заключение

Применение системного лечения с использованием местного согревающего компресса со сложным составом, включающим 500 мл 40°-го этилового спирта, 5 мл йода, 5 мл дексаметазона, и 50 мл димексида, наружно 1 раз в день в течение трех недель способствует устранению клинического проявления острого асептического тендовагинита у лошадей. Терапевтическая эффективность схемы лечения с применением димексида составляет 83,3 %, при рецидивности 33,3 %, с продолжительностью периода ремиссии не менее 5-6 недель. Обязательными условиями для выздоровления при остром асептическом тендовагините являются: ограничение тренинга, контроль плотности грунта, улучшение качества и количество подстилки, увеличение площади денника, корректировка концентратов в рационе, внесение кормовых добавок (льняное масло, пробиотик «Synbiovit») для нормализации обмена веществ в организме больной лошади.

Список источников

1. Ломова, Ю. В. Изучение этиологической структуры лептоспироза лошадей в Рязанской области / Ю. В. Ломова, И. А. Кондакова, С. С. Данькова // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции, Рязань, 26–27 апреля 2017 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 95-98. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30061254

2. Бабаков, Н. В. Разработка способа лечения лошадей с острым травматическим асептическим тендовагинитом: автореферат дис. ... кандидата ветеринарных наук : 06.02.04 / Бабаков Николай Васильевич; - Санкт-Петербург, 2017. - 17 с. - URL: https://www.dissercat.com/content/razrabotka-sposoba-lecheniya-loshadei-s-ostrym-

travmaticheskim-asepticheskim-tendovaginitom

3. Особенности диагностики патологических состояний мягких тканей дистальных отделов конечностей спортивных лошадей / М. А. Говорова, О. И. Динченко, В. М. Бяхова, М. В. Большакова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(65). – С. 108-111. - URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29747029

4. Рыбин, Е. В. Исследование перспектив использования диметилсульфоксида в лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата лошадей / Е. В. Рыбин, Б. С. Семенов // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных: V Всерос. науч. Интернет-конференция с международ. участием: мат. конф., посвящ. 140-летию кафедры анатомии КГАВМ, Казань, 22–23 апреля 2014 года / ФГБО ВПО Казанская ГАВМ им. Н.Э. Баумана. – Казань: ИП Синяев Д. Н., 2014. – С. 149-152. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22282061

5. Захаров, В.А. К вопросу использования лошадей в досуговом коневодстве / В.А. Захаров, О.А. Карелина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. № 2 (14). Издательство: Рязань, РГАТУ. 2012. – С.11-13. – URL: http://vestnik.rgatu. ru/archive/2_2012.pdf

6. Карелина, О.А. Возрастные аспекты изменения репродуктивной функции жеребцов производителей / О.А. Карелина, О.А. Федосова, Е.А. Мурашова, А.М. Зайцев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1 (45). - С. 38-45. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43004294

7. Федосова, О.А. Биохимический статус крови и спермы жеребцов / О.А. Федосова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 3 (7). - С. 34-35. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23323887

8. Шихина, С. Н. Способ лечения острых асептических тендовагинитов у лошадей с применением PRP-терапии / С. Н. Шихина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5(79). – С. 207-209. - URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41288921_19750039.pdf

9. Сапожков В.С., Применение лазерного излучения и троксевазина при терапии острых асептических тендовагинитов у лошадей / В.С Сапожков, В.В. Левшиц // XIII всероссийский ветеринарный конгресс. - г. Воронеж: Воронежский ГАУ. - URL: http://webmvc.com/vet-articles/pets/surgery/primenenie-lazernogo-izlucheniya-i-troksevazina-pri-terapii-ostrykh-asepticheskikh-tendovaginitov-u-loshadej.php

10. Шихина, С. Н. Фармакологические свойства полисептоловой мази и её применение в комплексном лечении лошадей с острым асептическим тендовагинитом: автореферат дис. ...кандидата ветеринарных наук: 06.02.03, 06.02.04 / С.Н. Шихина. - Краснодар, 2011. - 24 с. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004846231

11. Avella C. S., Ely E. R., Verheyen K. L. P., Price J. S., Wood J. L. N. & Smith R. K. W. Ultrasonographic assessment of the superficial digital flexor tendons of National Hunt racehorses in training over two racing seasons. // Equine Vet J. - 2009. - № 41(5). - P. 449. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19642404/

12. Carlson, C.S, Cullins L.D., Meuten D.J. Osteochondrosis of the articularepiphyseal cartilage complex in young horses: evidence for a defect in cartilage canal blood supply // Veter. Pathol. 1995 - Vol. 32 - № 6 - P. 55. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8592799/

13. Dowling B.A., Dart A.J., Hodgson D.R. and Smith R.K. Superficial digital flexor tendonitis in the horse. // Equine Vet. J. - 2000. - №32. - P. 369-378. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11037257/

14. Klos Z.Leczenie ubytkow sciegien koni metoda przeszczepiania -Warszawa: Wydaw. SGGW, 1995. - 82 p. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000494204

15. Oliveira P.G.G.; Alves A.L.G.; Carvalho A.M.; Hussni C.A.; Watanabe M.J.; Amorim R.L.; Rodrigues M.M.P.; Mota L.S. The use of mononuclear cells from bone marrow on the treatment of experimentally induced tendinitis in horses. - Arq.brasil.Med.veter. Zootecn., 2011. - T.63, N 6. - P. 1391-1398. - URL: https://www.researchgate.net/publication/262653914

16. Pacini S., Spinabella S., Trombi L., Fazzi R., Galimberti S., Dini F., Carlucci F. and Petrini M. Suspension of bone marrow-derived undifferentiated mesenchymal stromal cells for repair of superficial digital flexor tendon in race horses. 2007. Tissue Eng 13, P. 2949-2955. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17919069/

17. Smith, R.K. Mesenchymal stem cell therapy for equine tendinopathy. Disabil. Rehabil. - 2008. № 30, P. 1752-1758. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18608378/

18. Widmer W. R., Buckwater Ka, Flessler J.F. et al: Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. Vet Radiol Ultrasound. - 2000. № 41, P. 108116. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10779069/

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Lomova, YU. V. Izuchenie etiologicheskoj struktury leptospiroza loshadej v Ryazanskoj oblasti / YU. V. Lomova, I. A. Kondakova, S. S. Dan'kova // Principy i tekhnologii ekologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve: Materialy 68-oj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ryazan', 26–27 aprelya 2017 goda. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2017. – S. 95-98. - URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30061254*
2. *Babakov, N. V. Razrabotka sposoba lecheniya loshadej s ostrym travmaticheskim asepticheskim tendovaginitom: avtoreferat dis. ... kandidata veterinarnyh nauk : 06.02.04 / Babakov Nikolaj Vasil'evich; - Sankt-Peterburg, 2017. -17 s. - URL: https://www.dissercat.com/content/razrabotka-sposoba-lecheniya-loshadei-s-ostrym-travmaticheskim-asepticheskim-tendovaginitom*
3. *Osobennosti diagnostiki patologicheskih sostoyanij myagkih tkanej distal'nyh otdelov konechnostej sportivnyh loshadej / M. A. Govorova, O. I. Dinchenko, V. M. Byahova, M. V. Bol'shakova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 3(65). – S. 108-111. - URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29747029*
4. *Rybin, E. V. Issledovanie perspektiv ispol'zovaniya dimetilsul'foksida v lechenii zabolevanij oporno-dvigatel'nogo apparata loshadej / E. V. Rybin, B. S. Semenov // Sovremennye problemy anatomii, gistologii i embriologii zhivotnyh: V Vseros. nauch. Internet-konferenciya s mezhdunarod. uchastiem: mat. konf., posvyashch. 140-letiyu kafedry anatomii KGAVM, Kazan', 22–23 aprelya 2014 goda / FGBO VPO Kazanskaya GAVM im. N.E. Baumana. – Kazan': IP Sinyaev D. N., 2014. – S. 149-152. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22282061*
5. *Zaharov, V.A. K voprosu ispol'zovaniya loshadej v dosugovom konevodstve / V.A. Zaharov, O.A. Karelina // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. № 2 (14). Izdatel'stvo: Ryazan', RGATU. 2012. – S.11-13. – URL: http://vestnik.rgatu. ru/archive/2_2012.pdf*
6. *Karelina, O.A. Vozrastnye aspekty izmeneniya reproduktivnoj funkcii zherebcov proizvoditelej / O.A. Karelina, O.A. Fedosova, E.A. Murashova, A.M. Zajcev // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2020. № 1 (45). - S. 38-45. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43004294*
7. *Fedosova, O.A. Biohimicheskij status krovi i spermy zherebcov / O.A. Fedosova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2010. № 3 (7). - S. 34-35. - URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23323887*
8. *SHihina, S. N. Sposob lecheniya ostryh asepticheskih tendovaginitov u loshadej s primeneniem PRP-terapii / S. N. SHihina // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 5(79). – S. 207-209. - URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41288921_19750039.pdf*
9. *Sapozhkov V.S., Primenenie lazernogo izlucheniya i troksevazina pri terapii ostryh asepticheskih tendovaginitov u loshadej / V.S Sapozhkov, V.V. Levshic // XIII vserossijskij veterinarnyj kongress. - g. Voronezh: Voronezhskij GAU. - URL: http://webmvc.com/vet-articles/pets/surgery/primenenie-lazernogo-izlucheniya-i-troksevazina-pri-terapii-ostrykh-asepticheskikh-tendovaginitov-u-loshadej.php*
10. *SHihina, S. N. Farmakologicheskie svojstva poliseptolovoj mazi i eyo primenenie v kompleksnom lechenii loshadej s ostrym asepticheskim tendovaginitom: avtoreferat dis. ...kandidata veterinarnyh nauk: 06.02.03, 06.02.04 / S.N. SHihina. - Krasnodar, 2011. - 24 s. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004846231*
11. *Avella C. S., Ely E. R., Verheyen K. L. P., Price J. S., Wood J. L. N. & Smith R. K. W. Ultrasonographic assessment of the superficial digital flexor tendons of National Hunt racehorses in training over two racing seasons. // Equine Vet J. - 2009. - № 41(5). - R. 449. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19642404/*
12. *Carlson, C.S, Cullins L.D., Meuten D.J. Osteochondrosis of the articularepiphyseal cartilage complex in young horses: evidence for a defect in cartilage canal blood supply // Veter. Pathol. 1995 - Vol. 32 - № 6 - P. 55. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8592799/*
13. *Dowling B.A., Dart A.J., Hodgson D.R. and Smith R.K. Superficial digital flexor tendonitis in the horse. // Equine Vet. J. - 2000. - №32. - P. 369-378. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11037257/*
14. *Klos Z.Leczenie ubytkow sciegien koni metoda przeszczepiania -Warszawa: Wydaw. SGGW, 1995. - 82 p. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000494204*
15. *Oliveira P.G.G.; Alves A.L.G.; Carvalho A.M.; Hussni C.A.; Watanabe M.J.; Amorim R.L.; Rodrigues M.M.P.; Mota L.S. The use of mononuclear cells from bone marrow on the treatment of experimentally induced tendinitis in horses. - Arq.brasil.Med.veter.Zootecn., 2011. - T.63, N 6. - P. 1391-1398. - URL: https://www.researchgate.net/publication/262653914*
16. *Pacini S., Spinabella S., Trombi L., Fazzi R., Galimberti S., Dini F., Carlucci F. and Petrini M. Suspension of bone marrow-derived undifferentiated mesenchymal stromal cells for repair of superficial digital flexor tendon in race horses. 2007. Tissue Eng 13, P. 2949-2955. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17919069/*
17. *Smith, R.K. Mesenchymal stem cell therapy for equine tendinopathy. Disabil. Rehabil. - 2008. № 30, P. 1752-1758. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18608378/*
18. *Widmer W. R., Buckwater Ka, Flessler J.F. et al: Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. Vet Radiol Ultrasound. - 2000. № 41, P. 108116. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10779069/*

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Герцева Ксения Аркадьевна, *канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет, okavet@ya.ru*

Никулова Лидия Вячеславовна, *канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, хирургии, акушерства и внутренних болезней животных, Рязанский государственный агротехнологический университет, lida202008@yandex.ru*

Купцова Анна Алексеевна, *специалист КСК «ИП Киселев В. А.», Щелковского района Московской области, ann2715@mail.ru*

Ильина Мария Вячеславовна, *специалист КСК «Успенский», Скопинского района Рязанской области. iljina.masha-ilina2017@yandex.ru*

Бурмина Анастасия Валериевна, *специалист АО «Рассвет» Рязанского района Рязанской области, anastasia.burmina@yandex.ru*

Information about authors

Gertseva Ksenia A., *C.b.N., associate Professor, head of the Department of veterinary and sanitary examination, surgery, obstetrics and internal diseases of animals, okavet@ya.ru*

Nikulova Lidiya V., *C.b.N., associate Professor, head of the Department of veterinary and sanitary examination, surgery, obstetrics and internal diseases of animals, lida202008@yandex.ru*

Kuptsova Anna A., *specialist of KSK "IP Kiselev V. A.", Shchelkovsky district of the Moscow region, ann2715@mail.ru*

Ilina Maria V., *specialist of KSK "Uspensky", Skopinsky district of the Ryazan region. iljina.masha-ilina2017@yandex.ru*

Burmina Anastasia V., *specialist of JSC "Dawn" of the Ryazan district of the Ryazan region, anastasia. burmina@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 27.03.2022; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 27.03.2022; approved after reviewing 30.05.2022;accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ,2022, т14, №2, с 34- 41
Vestnik RGATU,2022,Vol.14, №2, pp 34-41

Научная статья
УДК 633.63:631.559.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.004

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ КОМПАНИИ SESVANDERHAVE В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР

Валентина Андреевна Гулидова
Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, г. Елец, Россия
guli49@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью настоящего исследования являлось изучение современных гибридов сахарной свеклы бельгийской компании Sesvanderhave, которые в почвенно-климатических условиях Липецкой области способны обеспечить высокий выход сахара.*
Методология. *На выщелоченных черноземах северо-западной части Центрального Черноземья, куда относится Липецкая область, на полях компании ООО «Доминант» в хозяйстве ООО «Заря» в течение 2018-2019 гг. изучали гибриды компании Sesvanderhave. Объектами исследований были четыре гибрида сахарной свеклы: Леопард, Оригинал, Шайенн, Крокодил. Для наблюдения за ростом и развитием сахарной свеклы были выделены пробные площадки, на которых каждую декаду определяли прирост корнеплода, нарастание листового аппарата и дигестию в динамике.*
Результаты*. Изучаемые гибриды Леопард, Оригинал, Шайенн, Крокодил в условиях Липецкой области на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе показали высокую урожайность, хорошую сахаристость корнеплодов и высокий валовый выход биологического сахара. Максимальная урожайность была получена у гибрида Крокодил – 64,33 т/га, который показал и самую высокую сахаристость корнеплодов (17,70%). Перед уборкой сахарной свеклы наибольшая масса корнеплодов наблюдалась у гибрида Крокодил и составила на конец августа 515 г., несколько меньший (на 22-23 г) корнеплод был у двух гибридов – Леопард и Шайенн. В среднем по гибридам Sesvanderhave масса корнеплодов составила 493 г.*
Заключение. *Лучшим гибридом при выращивании на Липецких полях по выходу сладкого продукта оказался гибрид Крокодил, который обеспечивал наибольший выход биологического сахара – 11,39 т/га. Гибрид Леопард уступал по этому показателю Крокодилу 1,02 т/га. Гибриды Шайенн и Оригинал показали практически одинаковый выход биологического сахара (10,67-10,65 т/га), что на 0,72-0,74 т/га меньше, чем у лучшего гибрида.*
Ключевые слова: *сахарная свекла, гибриды, сахаристость, урожайность, дигестия, листовой аппарат, корнеплод*
Для цитирования: *Гулидова В.А. Продуктивность гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave в условиях северо-западной части ЦЧР // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т.14, №2. С 34-41 /https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.004*

Original article

PRODUCTIVITY OF SESVANDERHAVE SUGAR BEET HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE CDR

Valentina A. Gulidova
Yelets State University Named after I.A. Bunin, Elets, Russia
Guli49@yandex.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The purpose of this study is to study modern sugar beet hybrids of the Belgian company Sesvanderhave, which in the soil and climatic conditions of the Lipetsk region are able to provide a high sugar yield.*
Methods. *On the leached chernozems of the northwestern part of the Central Chernozem region, which includes the Lipetsk region, in the fields of the company "Dominant" in the farm of LLC "Zarya" during 2018-2019, hybrids of the company Sesvanderhave were studied. The objects of research were four sugar beet hybrids: Leopard, Original, Cheyenne, Crocodile. To monitor the growth and development of sugar beet, trial sites were allocated, where the growth of the root crop, the growth of the leaf apparatus and the digestion in*

© Гулидова В.А., 2022 г.

dynamics were determined every decade.
Results. *The studied hybrids Leopard, Original, Cheyenne, Crocodile in the conditions of the Lipetsk region on leached heavy loamy chernozem showed high yield, good sugar content of root crops and high gross yield of biological sugar. The maximum yield was obtained from the Crocodile hybrid - 64.33 t/ha, which also showed the highest sugar content of root crops (17.70%). Before harvesting sugar beet, the largest mass of root crops was observed in the Crocodile hybrid and amounted to 515 at the end of August, a slightly smaller (by 22-23 g) root crop was in two hybrids - Leopard and Cheyenne. The average weight of root crops for Sesvanderhave hybrids was 493 g.*
Conclusion. *The Crocodile hybrid, which provided the highest yield of biological sugar – 11.39 t/ha, turned out to be the best hybrid when grown in Lipetsk fields for the yield of sweet product. The Leopard hybrid was inferior in this indicator to the Crocodile 1.02 t/ha. The Cheyenne and Original hybrids showed almost the same yield of biological sugar (10.67-10.65 t/ha), which is 0.72-0.74 t/ha less than that of the best hybrid.*

Key words: *sugar beet, hybrids, sugar content, yield, digestion, leaf apparatus, root crop*
For citation: *Gulidova V.A. Productivity of Sesvanderhave sugar beet hybrids in the conditions of the North-Western part of the Central Asian Republic // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022.T 14. No 2 .C 34-41 (in Russ.).https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.004*

Введение

Сахарная свекла – важная техническая культура, из которой вырабатывается сахар в России. В Центральном Черноземье, в том числе и в Липецкой области, это единственная сахароносная культура [1,2]. В зонах умеренного климата сахарная свекла является единственным источником сахарозы для пищевой промышленности и источником для производства биоэнергии. Сахароза известна как основная форма транспортировки и хранения энергии во многих экономически важных видах растений. Корневища сахарной свеклы способны накапливать сахарозу почти до 20 % своего свежего веса в зрелом возрасте и обеспечивают около 25 % всего сахара, производимого во всем мире [3].

В настоящее время все чаще рассматривают сахарную свеклу как источник альтернативных применений продуктов переработки сахарной свеклы, особенно сахарозы. Перепроизводство сахара вызывает сокращение посевных площадей под сахарной свеклой. Именно поэтому ведется поиск новых непищевых технологий эксплуатации сельскохозяйственной продукции. Одним из них может быть использование свеклы для производства жидкого биотоплива [4,5], в качестве химического сырья для производства биоразлагаемых полимеров [6]. Также предпринимаются попытки использовать листья свеклы в производстве метанола [7]. И на это есть все основания. Эта культура в сравнении с другими традиционными культурами умеренного климата (пшеница) при содержании сахара в корнеплодах 16 % дает выход этанола, практически в 2 раза больше [8]. Процесс производства этанола из этих сахаров хорошо налажен, но, к сожалению, он по-прежнему почти в два раза дороже, чем производство бензина из сырой нефти [9]. На производство биоэтанола из сахарной свеклы используются излишки этого продукта. А они, как правило, появляются в том случае, когда товаропроизводители получают высокие урожаи этой культуры. Система производства сахарной свеклы включает в себя все, что имеет значение для получения высокого урожая. Естественно – это почва, климат, уровень развития технологии. И не последнюю роль в этом играет возделывание новых современных гибридов.

В последнее время российскому товаропроизводителю предлагается огромное количество (376 в 2021 году) гибридов сахарной свеклы, которые имеют разные характеристики и разные селекционные направления. Большинство из этого списка – достижения иностранной селекции. Иностранные гибриды имеют большую продуктивность в сравнении с отечественными [10,11,12] и это обуславливает их высокую востребованность у российских товаропроизводителей.

Для эффективного возделывания сахарной свеклы необходимо обладать как можно более полной информацией о предлагаемых гибридах культуры [13]. При этом особое внимание при покупке семян надо обращать на многие показатели: урожайность и сахаристость; тип гибрида и сроки уборки; устойчивость к болезням листьев; засухоустойчивость; устойчивость к корневым гнилям и ризомании; технологические качества корнеплода; требовательность к уровню культуры земледелия.

В настоящее время товаропроизводитель заинтересован в получении не только высокого урожая сладких корнеплодов, но и в том, чтобы выращенный урожай отличался хорошими технологическими качествами. Поэтому цель исследований состояла в определении продуктивности гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave, которые в почвенно-климатических условиях Липецкой области способны обеспечить высокий выход сахара.

Задачи исследования: изучить особенности формирования урожайных качеств гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave на выщелоченных черноземах Липецкой области и дать сравнительную оценку их продуктивности в климатических условиях региона.

Материалы и методы исследования

Опыт «Изучение продуктивности и технологических качеств гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave (СесВандерХаве) на выщелоченных черноземах Липецкой области» проводили на полях компании ООО «Доминант» в хозяйстве ООО «Заря» в течение 2018-2019 гг. Объектами исследований были четыре гибрида сахарной свеклы: Леопард, Оригинал, Шайенн, Крокодил.

Бельгийская компания Sesvanderhave входит в лидирующую тройку компаний, которые в Рос-

сии в больших объемах продают семена сахарной свеклы. По данным ФГБУ «Россельхозцентр», эта компания в 2020 году продала российским свекловодам 628,46 т семян, это второй показатель после германской компании KWS SAAT (946,03 т). Семена компании известны в России с 1993 года, когда впервые гибрид Орикс был включен в Государственный реестр селекционных достижений. В настоящее время компания Sesvanderhave в России зарегистрировала 44 гибрида сахарной свеклы, которые хорошо продаются во всех основных свеклосеющих регионах России. В Липецкой области доля семян сахарной свеклы СесВандерХаве составляет около 20 %.

Полевые опыты заложены и проведены согласно общепринятым методикам [14,15]. Методика исследований была описана в другом исследовании [16]. Для наблюдения за ростом и развитием сахарной свеклы были выделены пробные площадки, на которых каждую декаду определяли прирост корнеплода, нарастание листового аппарата и дигестию в динамике.

Результаты исследований и их обсуждение

Краткая характеристика гибридов Sesvanderhave показана в таблице 1. Представленные на изучение гибриды относятся к одному типу назначения – нормально-сахаристые (N/Z) и все они средне-позднего срока созревания. Гибриды рассчитаны на высокий уровень агротехники. Одним из самых лучших гибридов в линейке Sesvanderhave считается Крокодил, который выращивается на больших площадях по всему миру. Липецким свекловодам этот гибрид также хорошо известен, его любят за неприхотливость к условиям выращивания. Он лучше, чем другие гибриды, переносит стрессы в виде засухи, которые на Липецких полях случаются каждые 3-4 года.

Гибриды Sesvanderhave различаются между собой по лёжкости, но даже среди них лучше других хранятся Крокодил. Для всех гибридов характерна высокая устойчивость к ризомании и низкая склонность к цветушности. В условиях Липецкой области в настоящее время имеет широкое распространение заболевание листового аппарата – церкоспороз. Из представленных гибридов высокую устойчивость к этому патогену имеет гибрид Оригинал, у остальных гибридов – средняя.

Таблица 1 – Характерные особенности гибридов сахарной свеклы компании Sesvanderhave, возделываемых на полях в Липецкой области

№ п/п	Гибрид	Год регистрации, регион допуска	Тип гибрида	Характерные особенности
1	Леопард	2008 5,6,9	N/Z нормально-сахаристый	Высокая устойчивость к ризомании, низкая склонность к цветушности, средняя устойчивость к церкоспорозу и мучнистой росе
2	Оригинал	2008 5,6	N/Z нормально-сахаристый	Высокая устойчивость к ризомании, низкая склонность к цветушности, высокая устойчивость к церкоспорозу и средняя к мучнистой росе
3	Шайенн	2010 5,6	N/Z нормально-сахаристый	Высокая устойчивость к ризомании, низкая склонность к цветушности, средняя устойчивость к церкоспорозу и мучнистой росе
4	Крокодил	2004 5,6,7	N/E нормально-урожайный	Высокая устойчивость к ризомании, низкая склонность к цветушности, средняя устойчивость к церкоспорозу и мучнистой росе

Корнеплод сахарной свеклы перед уборкой имеет веретенообразную, узкоконическую, ширококоническую, цилиндрическо-коническую, овально-коническую, округлую и коническую (конусовидную) форму [17]. Динамика прироста массы корнеплодов у всех гибридов подчиняется общей закономерности, однако темп роста корневища и соответственно ход накопления его массы у разных гибридов был неодинаковым (табл. 2).

Таблица 2 – Интенсивность нарастания корнеплода различными гибридами в динамике

Гибрид	Масса корнеплода (г) на дату:				
	26 июня	8 июля	17 июля	30 июля	28 августа
Леопард	98	200	237	410	493
Оригинал	93	146	237	380	473
Шайенн	80	165	239	332	492
Крокодил	87	180	207	325	515
Среднее по гибридам	89	173	230	362	493
$НСР_{05}$	6,81	6,53	8,66	13,10	18,49
P %	7,60	3,88	3,77	3,62	3,75

Полученные результаты показывают, что нарастание массы корнеплода в течение всего вегета-ционного периода идет непрерывно вплоть до уборки. Заметное утолщение корня начинается с появления 3-4 пары настоящих листьев. На первую дату учета (26 июня), когда растения сахарной свеклы уже вегетировали практически 55 дней, наибольшая масса корнеплода была у гибрида Леопард – 98 г. Несколько меньший корнеплод был у гибрида Оригинал (93 г). Другие гибриды имели корнеплоды массой 80-87 г, уступая вышеназванным.

В течение всего вегетационного периода самые высокие темпы прироста корнеплода были отмечены у средне-позднего гибрида нормально-сахаристого назначения Леопард: на 26 июня 98 г, на 8 июля – 200, на 17 июля – 237, на 30 июля – 410г. Гибрид имел коническую форму корнеплода, который неглубоко погружался в почву, в пределах 80-85 %.

На вторую дату (8 июля) учета прироста корнеплодов отмечаем, что среди них была отчетливая разница по этому показателю. Самый маленький корнеплод был у гибрида Оригинал – 146 г. Это на 54 г меньше, чем у Леопарда, на 19 г меньше, чем у Шайенн и на 34 г меньше, чем у Крокодила.

На третью дату учета (17 июля) у всех гибридов отмечалась значительная прибавка массы корнеплода. В разрезе по гибридам она составила: Леопард – 18,5 %, Оригинал – 62,3 %, Шайенн – 44,8 %, Крокодил – 15 %. Очень интенсивно нарастала масса корнеплода у гибрида Оригинал, погруженность этого органа в почву была средней, это положительно сказалось на его приросте.

На дату учета 30 июля наиболее высокая масса корнеплода наблюдалась у гибрида Леопард и составила 410 г. Самый мелкий корнеплод был у Крокодила – 325 г. К уборке у всех гибридов Sesvanderhave прирост корнеплодов был в интервале от 83 г до 190 г. Более интенсивный прирост корневища был у гибрида Крокодил, и его масса на конец августа составила 515 г., несколько меньше – у гибрида Шайенн. Наиболее мелкие корнеплоды (473 г) были у гибрида Оригинал. К уборке в среднем по гибридам Sesvanderhave масса корнеплодов составила 493 г.

Для сахарной свеклы важнейшим сортовым признаком является интенсивность нарастания листового аппарата. В зеленых листьях происходит один из основных процессов метаболизма – синтез органических веществ, сахаров. Нарастание массы листьев хорошо иллюстрируют данные по наблюдению за этим показателем на пробных площадках (табл.3).

Таблица 3 – Нарастание листового аппарата различными гибридами в динамике

Гибрид	Нарастание листьев (ботвы) на дату, г			
	26 июня	8 июля	17 июля	30 июля
Леопард	166	277	220	235
Оригинал	134	162	242	254
Шайенн	99	135	167	139
Крокодил	129	222	270	215
Среднее по гибридам	132	199	225	211
$НСР_{05}$	4,04	3,42	5,97	4,04
Р %	3,06	2,72	2,66	2,92

Анализ проведенных учетов показывает, что нарастание массы корнеплода в течение всего вегетационного периода идет непрерывно до уборки, а вот листовой аппарат ведет себя несколько иначе.

На 26 июня (первая дата учета) наибольшая масса листьев была у гибрида Леопард (166 г), минимальная – у Шайенн (99 г) или в 1,7 раза меньше. Гибриды Оригинал и Крокодил занимали промежуточное положение между ними. В начале веге¬тации масса листьев значительно превышала массу кор¬неплода, а к концу вегетации было все наоборот. Масса листьев у обычных сортов сахарной свеклы достигает максимума в августе-начале сентября, а у гибридов последнего поколения уже в июле отмечался наибольший прирост листового аппарата, затем происходит уменьшение листьев. Этот процесс связан не только с более медленным нарастанием их в поздний период, но и с усиленным отмиранием листьев в это время, что связано с интенсивным оттоком питательных веществ в корнеплод. Отмирание листьев в разрезе гибридов было неравномерным.

У гибрида Леопард максимальным (277 г) листовой аппарат был 8 июля, затем он начал сокращаться и уже 17 июля уменьшился на 20,6 %, но 30 июля после выпадения осадков оживился и дал прирост 6,8 %. Для этого гибрида характерна полупрямостоячая розетка листьев.

У гибрида Крокодил листовой аппарат нарастал до второй декады июля, затем он начал сокращаться и через две недели уменьшение составило 20,4 %. Аналогично вел себя листвой аппарат и у гибрида Шайенн, который отличался низкой листовой массой во все сроки учета и к уборке она составила всего 139 г, хотя высота растений была средняя и форма розетки листьев промежуточная.

Самый мощный листовой аппарат был у гибрида Оригинал, и его нарастание шло до самой уборки. На последнюю дату учета каждый его корнеплод имел массу листьев 254 г. Это больше на 19 г, чем у Леопарда, на 115 г, чем у Шайенн и на

39 г, чем у Крокодила. Впоследствии это сказалось на сахаристости гибридов – чем больше листовой поверхности приходится на единицу массы корнеплода в конце вегетации, тем выше его конечная сахаристость [18-20].

Параллельно с учетом массы корнеплода и массы листового аппарата определяли дигестию у гибридов. Отмечаем, что на первую дату определения максимальная дигестия была у гибрида Шайенн – 12,31 %, у остальных гибридов этот показатель варьировал в интервале от 11,36 % (Леопард) до 11,58 % (Оригинал). Через 12 дней показатель дигестии у всех гибридов увеличился на 0,98-1,72 %, еще через 9 дней увеличение составило от 1,51 до 0,86 %. К уборке гибриды пришли с дигестией: Леопард 16,82 %, Оригинал- 17,59, Шайенн – 17,50 и Крокодил – 17,70 %. Практически у гибридов нет резких различий по сахаристости в корнеплодах (табл.4).

Таблица 4 – Дигестия различных гибридов в динамике

Гибрид	Дигестия (%) на дату:				
	26 июня	8 июля	17 июля	30 июля	28 августа
Леопард	11,36	12,34	13,85	12,56	16,82
Оригинал	11,58	13,30	14,24	12,82	17,59
Шайенн	12,31	13,76	14,62	14,11	17,50
Крокодил	11,47	12,53	13,59	14,03	17,70
Среднее по гибридам	11,68	12,98	14,01	13,38	17,40

Сахаристость не единственный показатель, который контролируется при выращивании сахарной свеклы, есть еще продуктивность. На продуктивность гибрида оказывают влияние много факторов и в первую очередь наследственные генетические особенности, конкретные почвенно-климатические условия года и места выращивания.

Среди гибридов наибольшая продуктивность была получена при выращивании Крокодила – 64,33 т/га с содержанием сахара в корнеплодах 17,70 % (рис.). Это выше, чем у других интенсивных гибридов. Два гибрида – Оригинал и Шайенн – показали практически одинаковую урожайность (60,54 и 60,96 т/га) и одинаковое содержание сахара в корнеплодах. Многое в их продуктивности зависит от обеспеченности почвы влагой, что, возможно, связано с засушливостью 2-й половины лета. Леопард сформировал урожайность 61,68 т/га, занимая промежуточное положение между другими гибридами, в его корнеплодах содержалось меньше всего сахара – 16,82 %.

По валовому выходу биологического сахара с единицы площади отличались те гибриды, у которых была высокая урожайность. Это касается гибрида Крокодил, который превзошел другие гибриды по этому показателю: Шайенн – на 0,72 т/га, Оригинал – на 0,74 и Леопард – на 1,02 т/га. Самый низкий валовый выход биологического сахара (10,37 т/га) был у гибрида Леопард, что связано с низкой сахаристостью корнеплодов.

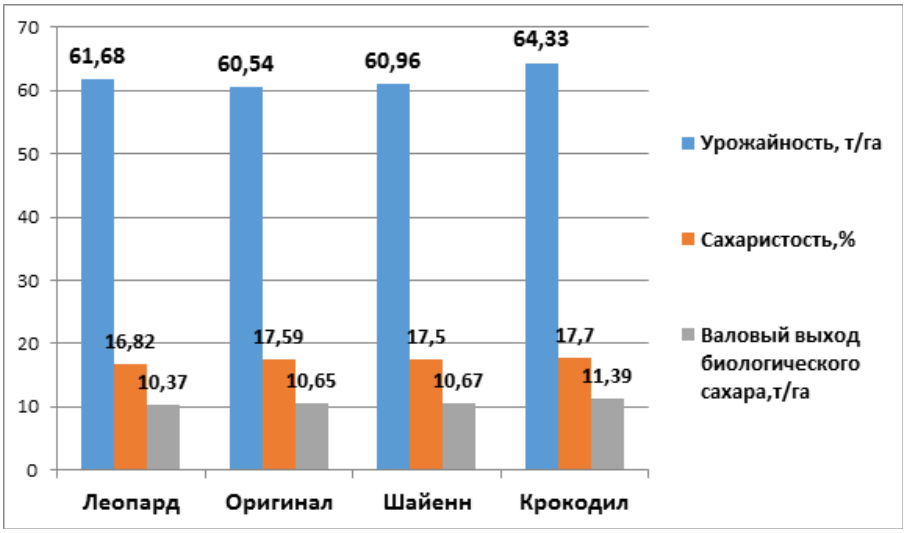


Рис.– Урожайность, сахаристость и выход биологического сахара
(Yield, sugar content and yield of biological sugar)

При поступлении корнеплодов сахарной свеклы на перерабатывающее предприятие «Хмелинецкий» определяли загрязненность корнеплодов согласно ГОСТа 17421-82, которая варьировала от 4,2 % (гибрид Шайенн) до 2,8 % (гибрид Леопард). Сахарная свекла была практически без остатков ботвы и комьев земли. Все гибриды были технологичны в уборке.

Заключение

Гибриды компании Sesvanderhave показали высокую продуктивность и их целесообразно возделывать на полях в Липецкой области. Максимальная урожайность была получена у гибрида Крокодил – 64,33 т/га, который показал и самую высокую сахаристость корнеплодов (17,70 %), все это и обеспечило наибольший выход биологического сахара – 11,39 т/га. Самый низкий (10,37 т/га) сбор этого сахара был у гибрида Леопард.

В среднем по гибридам Sesvanderhave масса корнеплодов к уборке составила 493 г. При этом наиболее крупный корнеплод был у гибрида Крокодил массой 515г. Это больше на 22-42 г, чем у других.

Самый мощный листовой аппарат отмечался у гибрида Оригинал и его нарастание шло вплоть до уборки. На последнюю дату учета каждый его корнеплод имел массу листьев 254 г. Это больше на 19 г, чем у Леопарда, на 115 г, чем у Шайенн и на 39 г, чем у Крокодила.

Список источников

1. Гулидова, В.А. Технологические качества гибридов сахарной свеклы фирмы KWS в условиях северо-запада ЦЧР/В.А. Гулидова//Вестник Мичуринского ГАУ. – 2021. - № 1 (64). – С.15-20.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44848945

2. Гулидова, В.А. Гибриды сахарной свеклы фирмы Florimond Desprez на Липецких полях/ В.А. Гулидова// Вестник Алтайского ГАУ. – 2021. - № 11 (205). – С.5-11. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-5-12 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47242106

3. Fasahat, P. Sucrose accumulation in sugar beet: from fodder beet breeding to genomic selection/ P. Fasahat, M. Agaezade, L. Jabbari [et al.]//Sugar technology, 2018, 20 (6), 635-644.

4. Hinková, A. Sugar beet as a raw material for bioethanol production/A. Hinková, Z. Bubnik //Czech Journal of Food Sciences.2001. N 19(6). 224-234.

5. Oktay, Z. Turkish sugar production potential and use of waste of sugar beet as energy source/ Z.Oktay, H. K. Ozturk// Int. J. of Green Energy, 2004, 1 (3), 381-392. URL: http://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/7601#sthash.wiy0q7iQ.dpbs

6. Narra, M. Cellulase production, simultaneous saccharification and fermentation in a single vessel: A new approach for production of bio-ethanol from mild alkali pre-treated water hyacinth/ M. Narra, J. Divecha, D. Shah [et al.]// J. Environ. Chem. Eng. 2017, 5, 2176 - 2181.

7. Parawira, W. Profile of hydrolases and biogas production during two-stage mesophilic anaerobic digestion of solid potato waste/ W. Parawira, M. Murto, J. S. Read and B. Mattiasson //Process Biochem., 2005, 40, 2945-2952.

8. Bramm, A. Die Zuckerrübe – ein nachwachsender Rohstoff/A. Bramm//Neue Landwirtschaf, Sonderheft, 1993.- S. 96-98

9. Tomaszewska, J. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers/ J. Tomaszewska, D. Bielinski, M. Binczarski, J. Berlowska, P. Dziugan, J. Piotrowski, A. Stanishevskye and I. A. Witonska //RSC.Adv. 2018.8. 3161-3177. DOI: 10.1039/C7RA12782K

10. Беседин, Н. В. Урожайность сахарной свёклы в зависимости от способов основной обработки почвы и гибридов/Н.В. Беседин//Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. - № 9. – С. 55-60. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25765122

11. Жеряков, Е. В. Продуктивность гибридов сахарной свёклы в условиях Пензенской области/ Е.В. Жеряков//Аграрный научный журнал. – 2015. - № 12. – С.15-18. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25115884

12. Заволока, И. П. Продуктивность гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции в условиях северо-восточной части ЦЧЗ/ И.П. Заволока, О.Н. Гостев, Ю.И. Верещагин: сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета. - Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. - Т. 4. - С. 25-29. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29921114

13. Шпаар, Д. Сахарная свёкла (Выращивание, уборка и хранение)/Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко [и др.]/ Под общ. ред. Д. Шпаар. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006. – 315 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19509782

14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б.А. Доспехов. - 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985. - М.: Альянс, 2011. - 351с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484

15. Апасов, И.В. Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свеклы/ И. В. Апасов, И. И. Бартенев, Л. Н. Путилина [и др.]. - Рамонь: РЭА, 2018. - 50 с.

16. Гулидова, В.А. Сравнительное изучение современных гибридов сахарной свеклы в условиях типичной лесостепи Центрального Черноземья/ В.А. Гулидова //Вестник ВоронежГАУ. - Воронеж, 2021. – Т. 14. – Вып. 2 (69). - С.51-56. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_2_51 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46397334

17. Корниенко, А.В. Определение и расчет математической модели формы корнеплодов у различных селекционных номеров/А.В. Корниенко, А.Ф. Никитин, О.И. Стогниенко [и др.]//Сахарная свекла. – 2008. – № 8. – С.26-28. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11646682

18. Hoffman, C.M. Bedeutung der Züchtung für den Ertragsanstieg yon Zuckerrüben/ C.M. Hoffman,

J. Loel //Zuckerindustrie 140. - 2004. - S.48-56

19. Krieger, J. Einfluss von Umwellt, Sorte und N-Düngung auf Ertrag und Qualität verschiedener Zuckerrübensorten auf sandigen Standorten/ J. Krieger, F. Ellmer, M. Baumecker [et al.]//Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften «Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwellt». - Verlag Liddy Halm Göttingen, 2011. - Band 23. - S. 51-53

20. Zheryakov, E.V. Duration of storage and Quality of sugar beet roots/ E.V. Zheryakov, S.A. Semina, I.V. Gavryushina//Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T.9. N 3. Pp. 1096-1100. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=34849799

References

1. Gulidova, V.A. Tekhnologicheskie kachestva gibridov saharnoj svekly firmy KWS v usloviyah severo-zapada CCHR/V.A. Gulidova//Vestnik Michurinskogo GAU. – 2021. - № 1 (64). – S.15-20.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44848945

2. Gulidova, V.A. Gibridy saharnoj svekly firmy Florimond Desprez na Lipeckih polyah/V.A. Gulidova// Vestnik Altajskogo GAU. – 2021. - № 11 (205). – S.5-11. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-5-12

URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47242106

3. Fasahat, P. Sucrose accumulation in sugar beet: from fodder beet breeding to genomic selection/ P. Fasahat, M. Agaezade, L. Jabbari [et al.]//Sugar technology, 2018, 20 (6), 635-644.

4. Hinková, A. Sugar beet as a raw material for bioethanol production/A. Hinková, Z. Bubnik //Czech Journal of Food Sciences.2001. N 19(6). 224-234.

5. Oktay, Z. Turkish sugar production potential and use of waste of sugar beet as energy source/ Z.Oktay, H. K. Ozturk// Int. J. of Green Energy, 2004, 1 (3), 381-392.URL: http://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/7601#sthash.wiy0q7iQ.dpbs

6. Narra, M. Cellulase production, simultaneous saccharification and fermentation in a single vessel: A new approach for production of bio-ethanol from mild alkali pre-treated water hyacinth/ M. Narra, J. Divecha, D. Shah [et al.]// J. Environ. Chem. Eng. 2017, 5, 2176 - 2181.

7. Parawira, W. Profile of hydrolases and biogas production during two-stage mesophilic anaerobic digestion of solid potato waste/ W. Parawira, M. Murto, J. S. Read and B. Mattiasson //Process Biochem., 2005, 40, 2945-2952.

8. Bramm, A. Die Zuckerrübe – ein nachwachsender Rohstoff/A. Bramm//Neue Landwirtschaf, Sonderheft, 1993.- S. 96-98

9. Tomaszewska, J. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers/ J. Tomaszewska, D. Bielinski, M. Binczarski, J. Berlowska, P. Dziugan, J. Piotrowski, A. Stanishevskye and I. A. Witonska //RSC.Adv. 2018.8. 3161-3177. DOI: 10.1039/C7RA12782K

10. Besedin, N. V. Urozhajnost' saharnoj svyokly v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i gibridov/N.V. Besedin//Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2015. - № 9. – S. 55-60.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25765122

11. ZHeryakov, E. V. Produktivnost' gibridov saharnoj svyokly v usloviyah Penzenskoj oblasti/ E.V. ZHeryakov//Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2015. - № 12. – S.15-18. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25115884

12. Zavoloka, I. P. Produktivnost' gibridov saharnoj svyokly otechestvennoj i zarubezhnoj selekcii v usloviyah severo-vostochnoj chasti CCHZ/ I.P. Zavoloka, O.N. Gostev, YU.I. Vereshchagin: sbornik nauchnyh trudov, posvyashchennyj 85-letiyu Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - Michurinsk: Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. - T. 4. - S. 25-29.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29921114

13. SHpaar, D. Saharnaya svyokla (Vyrashchivanie, uborka i hranenie)/D. SHpaar, D. Dreger, A. Zaharenko [i dr.]/ Pod obshch. red. D. SHpaar. – M.: ID OOO «DLV AGRODELO», 2006. – 315 s.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19509782

14. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovaniya): uchebnik dlya studentov vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij po agronomicheskim special'nostyam / B.A. Dospekhov. - 6-e izd., ster., perepech. s 5-go izd. 1985. - M.: Al'yans, 2011. - 351s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484

15. Apasov, I.V. Metodicheskie ukazaniya po organizacii proizvodstvennyh ispytanij gibridov saharnoj svekly/ I. V. Apasov, I. I. Bartenev, L. N. Putilina [i dr.]. - Ramon': REA, 2018. - 50 s.

16. Gulidova, V.A. Sravnitel'noe izuchenie sovremennyh gibridov saharnoj svekly v usloviyah tipichnoj lesostepi Central'nogo CHernozem'ya/ V.A. Gulidova //Vestnik VoronezhGAU. - Voronezh, 2021. – T. 14. – Vyp. 2 (69). - S.51-56. DOI: 10.17238/issn2071-2243_2021_2_51URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46397334

17. Kornienko, A.V. Opredelenie i raschet matematicheskoj modeli formy korneplodov u razlichnyh selekcionnyh nomerov/A.V. Kornienko, A.F. Nikitin, O.I. Stognienko [i dr.]// Caharnaya svekla. – 2008. – № 8. – S.26-28.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11646682

18. Hoffman, C.M. Bedeutung der Züchtung für den Ertragsanstieg yon Zuckerrüben/ C.M. Hoffman, J. Loel //Zuckerindustrie 140. - 2004. - S.48-56

19. Krieger, J. Einfluss von Umwellt, Sorte und N-Düngung auf Ertrag und Qualität verschiedener Zuckerrübensorten auf sandigen Standorten/ J. Krieger, F. Ellmer, M. Baumecker [et al.]//Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften «Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwellt». - Verlag Liddy Halm Göttingen, 2011. - Band 23. - S. 51-53

20. Zheryakov, E.V. Duration of storage and Quality of sugar beet roots/ E.V. Zheryakov, S.A. Semina, I.V. Gavryushina//Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T.9. N 3. Pp. 1096-1100. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=34849799

Информация об авторе

Гулидова Валентина Андреевна, заслуженный работник сельского хозяйства РФ, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Guli49@yandex.ru.

Information about the authors

Gulidova Valentina A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept, head. chair of technology of storage and processing of agricultural products, Yelets state University named I.A. Bunin, Elets, Russian Federation, tel. 8(47467) 6-59-71, Guli49@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 14.03.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 2, с.42-49
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 42-49

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.166.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.005

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА МЕДОВ РАЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Светлана Николаевна Есенкина

Федеральный научный центр пчеловодства, Рязанская обл., г. Рыбное, Россия
esenkinasvetlana@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *В данной работе представлены результаты исследования минерального состава медов разного ботанического происхождения. Вместе с почвенным раствором минеральные вещества попадают в растения, накапливаются в органах растения и вместе с нектаром, пыльцой или падью попадают в мед. Мёд с разных растений отличается характерным содержанием минеральных веществ, что желательно учитывать в медицинской практике. Цель исследований заключалась в изучении минерального состава медов с учетом ботанического происхождения.*
Методология. *Для изучения минерального состава в медах были отобраны образцы меда с каштана, гречихи, фацелии и донника из Краснодарского края, Рязанской и Орловской областей (n=10 каждого вида). Органолептические и физико-химические показатели определяли по ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия. Ботаническую принадлежность мёда подтверждали пыльцевым анализом медов по ГОСТ 31766-2012. Для определения минеральных элементов применяли метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием спектрофотометра SpectrAA 220FS.*
Результаты. *Согласно результатам анализа полученных данных следует отметить следующее: содержание минеральных элементов в медах разного ботанического происхождения неодинаково, самую высокую концентрацию минеральных элементов имеет каштановый мёд (высокое содержание калия, кальция и магния). Суммарное значение микроэлементов в светлых медах (фацелиевом и донниковом) было в 4,5 раза меньше, чем в каштановых медах. Меда гречишные максимально богаты микроэлементами, такими как железо, цинк и медь.*
Заключение. *На содержание минеральных элементов в меде оказывает влияние его ботаническое происхождение. Можно отметить, что темные и янтарные меда содержат большее количество некоторых микроэлементов (K, Ca, Mg) по сравнению с медами светлого цвета. С учетом того, что содержание минеральных элементов в медах достаточно высокое и сопоставимо с другими пищевыми продуктами, мед натуральный можно рассматривать и использовать в качестве источника минеральных компонентов.*

Ключевые слова: *минеральные элементы, мед каштановый, мёд гречишный, мёд фацелиевый, мёд донниковый*

Для цитирования: *Есенкина С.Н. Особенности минерального состава медов разного ботанического происхождения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, № 2. С 42-49 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.005*

FEATURES OF THE MINERAL COMPOSITION OF HONEY OF DIFFERENT BOTANICAL ORIGIN

Svetlana N. Esenkina, researcher
Federal Research Centre of Beekeeping, Ryazan region, Rybnoe, Russia
esenkinasvetlana@mail.ru

Abstract.
The problem and the purpose. *This paper presents the results of a study of the mineral composition of honey of different botanical origin. Together with the soil solution, minerals get into the plants, accumulate in the organs of the plant and together with nectar, pollen or carrion get into honey. Honey from different plants has a characteristic mineral content, which is desirable to take into account in medical practice. The purpose of the research was to study the mineral composition of honey, taking into account the botanical origin.*
Methodology. *To study the mineral composition in honey, honey samples were selected from chestnut,*

© Есенкина С.Н., 2022 г.

buckwheat, phacelia and sweet clover from the Krasnodar Territory, Ryazan and Oryol regions (n=10 of each species). Organoleptic and physico-chemical parameters were determined according to GOST 19792-2017 Natural honey. Technical conditions. The botanical identity of honey was confirmed by pollen analysis of honey according to GOST 31766-2012. The method of atomic absorption spectrophotometry using a SpectrAA 220FS spectrophotometer was used to determine mineral elements.

Results. *The analysis of the obtained data establishes that the content of mineral elements in honey of different botanical origin is not the same, chestnut honey has the highest concentration of mineral elements (high content of potassium, calcium and magnesium). The total value of trace elements in light honey (phacelia and sweet clover) was 4.5 times less than in chestnut honey. Buckwheat honey is maximally rich in trace elements, such as iron, zinc and copper.*

Conclusion. *The botanical origin of honey influences the content of mineral elements in it. It can be noted that dark and amber honey contains a greater amount of some trace elements (K, Ca, Mg) compared to light-colored honey. Taking into account the fact that the content of mineral elements in honey is quite high and comparable with other food products, natural honey can be considered and used as a source of mineral components.*

Key words: *mineral elements, chestnut honey, buckwheat honey, phacelia honey, sweet clover honey*

For citation: *Svetlana N. Esenkina. Features of the mineral composition of honey of different botanical origin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T 14, No 2. .42-49 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.005*

Введение

Мед – это продукт пчелиной семьи, который существует столько же, сколько и само человечество. Свидетельства существования пчелиных ульев и меда были обнаружены в наскальных рисунках в Испании 7000 г. до н.э. и в египетских гробницах 2400 г. до н.э. Помимо использования в качестве пищевого ингредиента и натурального подсластителя, мед также ценился за его целебные свойства. Сегодня мед натуральный является одним из немногих неперерабатываемых человеком натуральных продуктов питания.

Основным компонентом в составе меда являются углеводы, представленные в основном глюкозой и фруктозой. Кроме моносахаров присутствуют сахароза, мальтоза, тураноза, эрлоза и олигосахариды, такие как раффиноза и мелецитоза, но в меньших количествах. Мед содержит аминокислоты, белки и ферменты, такие как диастаза, глюкозооксидаза и инвертаза, органические кислоты и нерастворимые вещества – остатки пчелиных сот и пыльца.

Минеральный состав меда представлен макроэлементами (натрий, калий, кальций, магний и др.) и микроэлементами (медь, марганец, йод, цинк, алюминий, кобальт, никель и др.) [1, 2].

Значение минеральных элементов очень велико – они входят в состав ферментов, витаминов, обеспечивают нормальное течение биохимических и физиологических процессов организма. Однако, увеличение антропогенного прессинга на человека, болезни, физические нагрузки повышают потребность в минеральных компонентах. При этом снижение концентрации макро- и микроэлементов в организме также могут быть причиной развития заболеваний разного рода. Основной источник поступления минеральных веществ в наш организм – продукты питания. Однако в часто употребляемых пищевых продуктах минеральных элементов недостаточно. В качестве накопителя минеральных элементов можно рассматривать растения, которые вместе с почвенным раствором поглощают большое количество минеральных солей, распределяя их по всем органам, в том числе и в цветках [3]. Собирая нектар, пыльцу или падь, пчелы вносят минеральные компоненты в продукты пчелиной семьи. Поэтому наличие этой группы соединений в меде позволяет рассматривать его как потенциальный источник их поступления в организм человека . Немаловажное значение имеет тот факт, что минеральные элементы меда и крови человека близки по составу и соотношению друг с другом [4, 6].

Потребность человека в минеральных веществах велика, причем по отдельным элементам она может сильно варьировать [7].

Одним из важнейших минеральных веществ является кальций (Ca). Его доля составляет около 2 % от массы тела. Основное значение кальция – участие в формировании костей скелета, где он служит главным структурным элементом (содержание кальция в костях достигает 99 % от общего его количества в организме). Ca необходим и для мышечной ткани, он участвует в процессах кроветворения, обмена веществ, способствует уменьшению проницаемости сосудов, препятствуя проникновению микроорганизмов в кровь и повышает устойчивость организма к токсинам и инфекциям. Атеросклероз, диабет, болезни поджелудочной железы, инфаркт и гипертония – все эти патологии развиваются при недостатке Ca в организме. Суточная потребность взрослого человека в Ca составляет 1000 мг [6].

Калий (K) – необходим для нормального функционирования мягких тканей: сосудов, капилляров, мышц (особенно сердечной), клеток мозга, печени, почек, желез внутренней секреции. Без него невозможна работа калий-натриевых каналов в мембранах клеток, поддерживающих клеточный объем. Калий участвует в передаче нервных импульсов, поддерживает работу сердечной мышцы. Дефицит калия негативно отражается на работе почек, желудочно-кишечного тракта, нервной системы [8]. Суточная потребность в K составляет 3,1 г.

Натрий (Na) регулирует водно-солевой обмен: задерживает воду в организме. Повышенное потребление Na вызывает гипертонию, повреждение кровеносных сосудов, нарушение кислотно-ще-

лочного баланса. При дефиците натрия могут возникать мышечные спазмы, головные боли, диарея. Суточная потребность в Na составляет до 2400 мг.

Магний (Mg) – участвует во всех иммунных процессах, участвует в процессе свертывания крови, в создании эстрогенов, а также в работе кишечника, желчного пузыря, простаты; витамин В6 действует только в присутствии магния. Магний поддерживает работу нервной системы, мышц. Дефицит этого макроэлемента приводит к мышечным судорогам, утомляемости, раздражительности, тревожности, депрессии, потливости. Суточная потребность в Mg составляет 500 мг.

К микроэлементам относятся те компоненты, которые для организма требуются в количестве меньше 100 мг/сутки.

Железо (Fe) – играет главную роль в процессе образования гемоглобина, защищает организм от бактерий (обеспечивает нормальную работу иммунной системы), принимает участие в синтезе гормонов щитовидной железы. Присутствие железа в организме является необходимым фактором, обеспечивающим всасывание и активность витаминов группы В. При недостатке железа развивается анемия, неестественная бледность кожи, общее ухудшение самочувствия, ломкость волос и ногтей, частые головные боли, раздражительность, поверхностное и учащенное дыхание, часто наблюдаются желудочно-кишечные заболевания, запоры, трещины в уголках рта. Суточная потребность в Fe составляет 15 мг [9].

Медь (Cu) – один из важнейших микроэлементов. Физиологическая активность меди связана главным образом с включением ее в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Она играет важную роль в поддержании нормального состава крови, необходима для усвоения железа. Медь участвует в создании миелина – оболочки нервных волокон. Недостаток меди отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов, наблюдается нарушение деятельности печени, слабость артерий, развивается вторичная анемия. Суточная потребность в меди от 1 до 3 мг или 40 мкг/кг [10].

Цинк (Zn) – микроэлемент, необходимый для нормального функционирования иммунной системы, для всех процессов регенерации и восстановления. Цинк содержится в инсулине, контролирует мышечные сокращения, участвует в обеспечении баланса pH в организме, в синтезе ДНК, регулирует деятельность ферментов на клеточном уровне, повышает устойчивость к инфекциям и воспалению. При недостатке цинка отмечается замедление роста и полового созревания, возникают дерматологические проблемы с кожей. Цинк оказывает сильное влияние на развитие глаз, особенно в раннем внутриутробном периоде; достоверно установлена незаменимость этого элемента в компонентах глаза, включая сетчатку, сосудистую оболочку, роговицу и хрусталик. Суточная потребность в Zn сильно варьирует в зависимости от возраста, пола, профессии, физиологического состояния (беременность, роды) и составляет от 0,25 до 5,45 мкг [11].

Минеральный состав меда уже давно является объектом исследований многих ученых из разных стран. Было высказано предположение, что по минеральному составу меда возможно определение его географического происхождения, то есть места сбора. Одна из первых работ, посвященных этой теме, была выполнена Морсом и Лиском в 1980 г, они изучали элементный состав медов из разных стран (США, Мексики, Сальвадора и Китая) и обнаружили между ними существенные различия. Минеральный состав использовался и для типизации меда из разных регионов Испании [12]. Было показано, что содержание Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, P, Cl, Si и S в образцах меда из Галисии в целом было более высокое по сравнению с другими регионами Испании. Безусловно, на содержание минеральных элементов в растениях, а, следовательно, и в медах, оказывает влияние минеральный состав почвообразующих пород места произрастания растений. Однако здесь важно проведение более глубоких исследований, при которых необходимо анализировать содержание элементов в разных видах монофлорного меда. Это позволит оценить роль видовых особенностей растения в процессе накопления минеральных элементов.

Поэтому особый интерес представляют работы, в которых минералы рассматривались как элементы, позволяющие проводить идентификацию меда по ботаническому происхождению. Так, Nozal-Nalda при классификации медов обыкновенной липы, вереска, розмарина, тимьяна, лаванды, дуба и падевого меда путем применения дискриминантного анализа по данным о содержании металлов (15 минералов) и другим общим физико-химическим параметрам добился успеха, близкого к 90 %. Сообщалось, что концентрация Zn, Mn, Mg и Na сильно зависела от ботанического происхождения в меде из эвкалипта, вереска, цветов апельсина и розмарина из Испании [12].

Основываясь на профиле микроэлементов, падевый, гречишный и рапсовый меда из Польши были правильно классифицированы как образцы пади или нектара [13].

Двенадцать минеральных элементов были определены с помощью ICP-MS в 163 образцах китайского меда с различных растительных источников (липа, рапс и акация), что позволило классифицировать их в соответствии с ботаническим происхождением.

Другие исследователи не смогли обнаружить статистически значимых различий между образцами меда разного ботанического происхождения (туаланг, акациевый и лесной мед), хотя минеральный состав варьировал в зависимости от ботанического происхождения мёда [14,15,16].

Исследователи также отмечают, что содержание минералов часто коррелирует с цветом меда. Темный и янтарный мед содержит большее количество минеральных элементов по сравнению с медами светлого цвета [17,18].

С учетом роли минеральных элементов в течении физиологических и биохимических процессов в организме человека, задачей исследования ста-

ло расширение знаний по минеральному составу медов различного ботанического происхождения с целью дальнейшего их использования в качестве источника макро- и микроэлементов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся мёд натуральный разного ботанического происхождения, а именно: с каштана, гречихи, фацелии и донника.

Для выполнения работы и достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1) отобрать образцы мёда разного ботанического происхождения;

2) исследовать заготовленные образцы мёда на соответствие требованиям ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия и ГОСТ 31766-2012;

3) проанализировать монофлорные меда на содержание макро-, микро- и токсичных элементов;

4) оценить особенности содержания макро-, микро- и токсичных элементов в медах с каштана, гречихи, фацелии и донника.

Для исследования были заготовлены образцы меда разного ботанического происхождения из Краснодарского края, Орловской и Рязанской областей (каштановый, гречишный, фацелиевый и донниковый).

Органолептические и физико-химические показатели определяли по ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия.

Ботаническую принадлежность мёда подтверждали методом пыльцевого анализа меда по ГОСТ 31766-2012

Минеральный состав и токсичные элементы определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием спектрофотометра SpectrAA 220FS.

Результаты исследования и их обсуждение

Все экспериментальные образцы меда по органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия.

Меда имели приятный сладкий вкус. Вкусовые оттенки варьировали в зависимости от происхождения меда: мед с фацелии и донника сладкий или умеренно сладкий; гречишный мёд имеет приятный, но специфический резкий вкус, от которого першит в горле; каштановый мёд приятный, но с горчинкой.

Пыльцевой анализ мёда подтвердил ботаническое происхождение исследуемых видов. В медах с фацелии и донника помимо пыльцы основного медоноса (фацелия и донник), присутствовала пыльца других растений, гречишный мед содержал от 30 до 40 % пыльцевых зерен гречихи, в каштановом мёде – почти 100 % пыльцы каштана.

Результаты исследования на содержание минеральных и токсичных элементов в медах различного ботанического происхождения представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Содержание макро-, микро- и токсичных элементов в каштановом и гречишном меде (темные меда), M±m

Наименование образца	Элементный состав медов, мг/кг								
	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd
Каштановый	2082,1 ±18,5	231,7 ±78,6	61,19 ±13,47	98,17 ±38,3	1,75 ±0,34	0,150 ±0,05	1,12 ±0,12	0,00 ±0,0	0,00 ±0,0
Гречишный	709,4 ±312,4	240,1 ±52,5	82,2 ±17,7	89,9 ±37,9	2,88 ±1,43	0,183 ±0,04	1,54 ±0,62	0,00 ±0,0	0,00 ±0,0

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что каштановые и гречишные меда отличаются высоким содержанием калия и кальция. При этом каштановые меда содержали в 3 раза больше калия, чем меда гречишные. Содержание кальция было примерно на одном уровне. Гречишные меда превосходили мед с каштана по содержанию натрия (в 1,3 раза), железа (в 1,6 раз), цинка (в 1,4 раза) и меди (в 1,2 раза). Токсичные элементы (свинец и кадмий) обнаружены не были.

Таблица 2 – Содержание макро-, микро- и токсичных элементов в фацелиевом и донниковом меде (светлые меда), M±m

Наименование образца	Элементный состав медов, мг/кг								
	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd
Фацелиевый	338,6 ±131,9	118,7 ±21,9	64,87 ±22,4	35,28 ±13,3	1,88 ±0,42	0,06 7±0,04	0,79 ±0,57	0,00 ±0,0	0,00 ±0,0
Донниковый	285,3 ±60,74	135,6 ±16,27	58,01 ±12,09	37,73 ±4,02	2,76 ±0,65	0,140 ±0,02	0,94 ±0,38	0,00 ±0,0	0,00 ±0,0

По данным, представленным в таблице 2, следует отметить, что фацелиевый мед отличается от донникового по содержанию калия и натрия. Мед с фацелии имеет более высокую концентрацию этих элементов, а именно в 1,2 раза выше калия и 1,1 раза выше натрия. По содержанию кальция, магния, железа, цинка и меди донниковый мед превосходит мед фацелиевый. Токсичных элементов не обнаружено.

Таблица 3 – Содержание макро-, микро- и токсичных элементов в медах различного ботанического происхождения, M±m

Наименование образца, n=10	Элементный состав медов, мг/кг						
	макроэлементы				микроэлементы		
	K	Ca	Na	Mg	Fe	Cu	Zn
Каштановый	2082,1 ±18,5	231,7 ±78,6	61,19 ±13,47	98,17 ±38,3	1,75 ±0,34	0,150 ±0,05	1,12 ±0,12
Гречишный	709,4 ±312,4	240,1 ±52,5	82,2 ±17,7	89,9 ±37,9	2,88 ±1,43	0,183 ±0,04	1,54 ±0,62
Фацелиевый	338,6 ±131,9	118,7 ±21,9	64,87 ±22,4	35,28 ±13,3	1,88 ±0,42	0,067 ±0,04	0,79 ±0,57
Донниковый	285,3 ±60,74	135,6 ±16,27	58,01 ±12,09	37,73 ±4,02	2,76 ±0,65	0,140 ±0,02	0,94 ±0,38

Из таблицы 3 видно, что мед, собранный с разных растений имеет существенные различия по минеральному составу. При этом темные меда (каштан и гречиха) содержат достоверно более высокие концентрации K, Ca и Mg (рис. 1, 2, 3).

Рис. 1 – Содержание калия в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Potassium content in honey of different botanical origin, mg/kg)

Данные диаграммы на рисунке 1 свидетельствуют о том, что мед с каштана существенно превосходит остальные виды исследуемых медов по содержанию K. Наименьшее содержание этого элемента определено в донниковом меде.

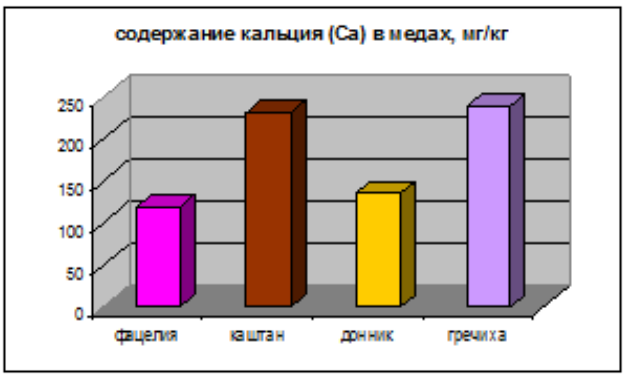


Рис. 2 – Содержание кальция в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Calcium content in honey of different botanical origin, mg/kg)

Темные меда (каштан, гречиха) отличаются более высоким содержанием кальция по сравнению со светлыми медами (фацелия, донник). Так, в гречишных и каштановых медах значение кальция было в 1,8 раза выше по сравнению с фацелиевым и донниковым медами. Аналогичная картина наблюдается и в отношении содержания Mg (рис. 3).

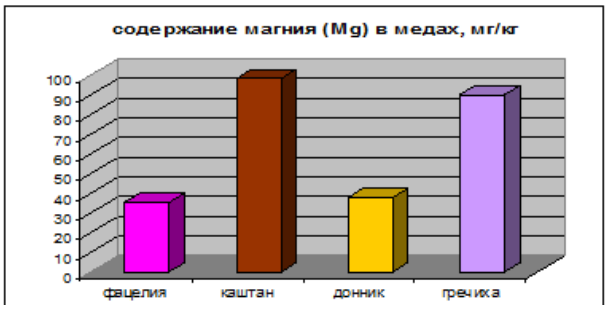


Рис. 3 – Содержание магния в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Magnesium content in honey of different botanical origin, mg/kg)

По содержанию Na все меда имеют очень близкие значения с небольшим превосходством меда с гречихи (рис. 4).

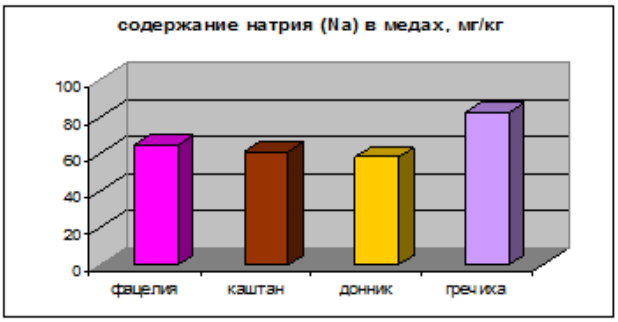


Рис. 4 – Содержание натрия в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Sodium content in honey of different botanical origin, mg/kg)

Есть отличия и в содержании Zn между медами темного и более светлого цвета (рис. 5).

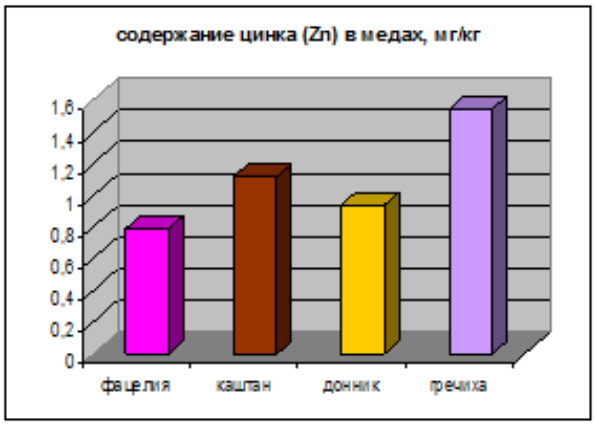


Рис. 5. Содержание цинка в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Zinc content in honey of different botanical origin, mg/kg)

По Fe и Cu мы не можем сказать, что цвет меда существенно влияет на содержание этих элементов, так как и среди темных и среди светлых медов отмечены и высокие и низкие уровни содержания этих элементов (рис. 6, 7)

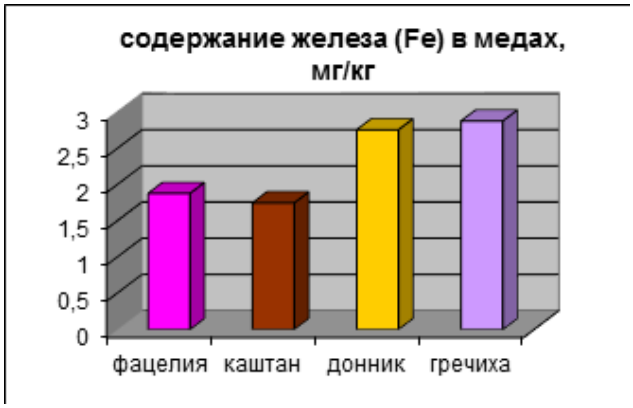


Рис. 6 – Содержание железа в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Iron content in honey of different botanical origin, mg/kg)

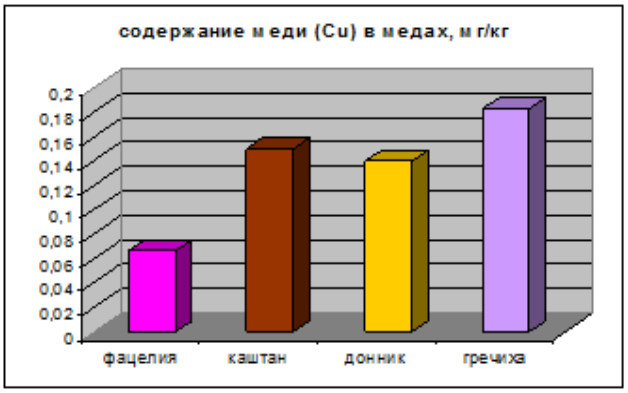


Рис. 7 – Содержание меди в медах разного ботанического происхождения, мг/кг
(Copper content in honey of different botanical origin, mg/kg)

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что видовое происхождение меда можно считать основополагающим фактором, влияющим на его органолептические и физико-химические характеристики, в том числе и на минеральный состав.

Высокую концентрацию минеральных веществ имеет каштановый мёд. Суммарное значение составило 2475,0±21,31 мг/кг. Все пробы каштанового меда отличались высоким содержанием калия, кальция и магния.

В медах с фацелии и донника суммарное значение минеральных элементов было достоверно ниже – 557,1 мг/кг и 518,3 мг/кг соответственно.

Меда с гречихи имели промежуточное значение суммы всех минеральных элементов, которое составило 1124,6 мг/кг. Эти меда отличались высоким содержание макроэлемента натрия и микроэлементов железа, цинка и меди.

Токсичные элементы (свинец и кадмий) во всех исследованных медах не обнаружены.

Таким образом, можно с уверенностью говорить о том, что мед натуральный можно рассматривать и использовать как натуральный источник минеральных компонентов, однако для достижения максимального эффекта желательно учитывать его видовое происхождение.

Список источников

1. Kek S.P. Classification of Honey from Its Bee Origin via Chemical Profiles and Mineral Content / S.P Kek., N.L Chin., Tan // Food Anal. Methods. -– 2017. – P. 19-30. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-016-0544-0

2. Catherine M.B. Honey as Functional Food and Prospects in Natural Honey Production / M.B Catherine., L.B. Otero // Honey as Functional Food and Prospects in Natural Honey Production. – 2020. – P. 197-210. -– DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_11

3. Celestino S.P. Chemical Composition of Honey / S.P Celestino., P González., C Santos-Buelga., A.M González-Paramás // Bee Products - Chemical and Biological Properties: «Springer», 2017. – P. 43–82. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_3

4. Акимова, С.Н. Минеральный состав меда разного ботанического происхождения / С.Н.Акимова, Е.П. Лапынина // Пчеловодство. – 2014. - № 4. – С.56-58. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21845903

5. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – P.1-20. – DOI:: https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

6. Конышев, В.А. Все о правильном питании / В.А. Конышев. – Москва: Олма-пресс, 2015. – С. 303. ISBN 5-224-01379-8

7. Функциональные продукты питания: от теории к практике: монография / Н.П Шевченко, М.В. Каледина, А.В Волощенко и [др.]. – Белгородский ГАУ, - 2020. – С. 288. URL: https://elibrary.ru/item.

asp?id=44412301

8. Дои, Ю. Изменения общего содержания калия в организме при длительном лечении тиазидами: влияние добавок калия на общее содержание калия в организме и содержание калия в сыворотке у пациентов с артериальной гипертензией, получающих лечение тиазидами / Ю.Дои, В Аой, С. Судзуки // Международный журнал ангиологии. – 1994. – № 3. – P. 142–147. – DOI:: https://doi.org/10.1007/BF02014933

9. Evert K.J., Ballard E.B., Elsworth D.J., Oquiñena I., Schmerber JM. Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning mineral elements. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-76435-9_8088

10. Maria M. O A Delicate Balance: Homeostatic Control of Copper Uptake and Distribution / M.O Maria, Jaekwon Lee, Dennis J. Thiele // The Journal of Nutrition. – 1999 г. – T. 129, Issue 7. – P. 1251-1260. – DOI: https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1251

11. Zeynel A. Survey of Ophthalmology. Zinc in the eye / A. Zeynel, M.D. Karcioglu // Survey of Ophthalmology. – 2021. – P. 114-122. – DOI: https://doi.org/10.1016/0039-6257(82)90195-3

12. RutFernández-TorresJuan. Mineral content and botanical origin of Spanish honeys / Juan. LuisPérez-BernalMiguel., ÁngelBello-LópezManuelCallejón-MochónJuan., CarlosJiménez-SánchezA.Guiraúm-Pérez // Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. – 2005. – v.65 (3). – P. 686-691. – DOI:: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2004.07.030

13. Grembecka M. Evaluation of honeys and bee products quality based on their mineral composition using multivariate techniques / M. Grembecka., P. Szefer. // Environ Monit Assess. – 2013. – P. 4033-4047. – DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-012-2847-y

14. Evert K.J., Ballard E.B., Elsworth D.J., Oquiñena I., Schmerber JM. Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning mineral elements. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-76435-9_8088

15. Bogdanov S. Honey for nutricition and health: a review. Journal of the Amarican College of Nutrition, 27 (6), P.677-689. – DOI: https://doi.org / 10.1080107315724.2008.10719745

16. Da Silva P.M. Honey: Chemical composition, stability and authenticity / C. Gauche, L.V. Gonzaga, A.C Costa. // Food chemistry. – 2016. – v.16. – P. 465-469. – DOI: 10.1016/J.foodchem. 2015.09.051

17. Smetanska I. Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin / I Smetanska, S. Salman // Journal of King Saud University - Science. – 2021. – V. 33, I. 5. – P. 61-75. – https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101447

18. Сокурова А. И. Минеральные вещества и их функции в организме // Научные труды студентов горского государственного аграрного университета. – 2021. – Том 1. Выпуск 58, Ч.1. – С. 307-309. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46114657&pff=1

References

1. Kek S.P. Classification of Honey from Its Bee Origin via Chemical Profiles and Mineral Content / S.P Kek., N.L Chin., Tan // Food Anal. Methods. — 2017. – P. 19-30. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-016-0544-0

2. Catherine M.B. Honey as Functional Food and Prospects in Natural Honey Production / M.B Catherine., L.B. Otero // Honey as Functional Food and Prospects in Natural Honey Production. – 2020. – P. 197-210. — DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_11

3. Celestino S.P. Chemical Composition of Honey / S.P Celestino., P González., C Santos-Buelga., A.M González-Paramás // Bee Products - Chemical and Biological Properties: «Springer», 2017. – P. 43–82. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_3

4. Akimova, S.N. Mineral'nyi sostav meda raznogo botanicheskogo proiskhozhdeniya / S.N.Akimova, E.P. Lapynina // Pchelovodstvo. – 2014. - № 4. – S.56-58. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21845903

5. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – R.1-20. – DOI:: https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

6. Konyshev, V.A. Vse o pravil'nom pitanii / V.A. Konyshev. – Moskva: Olma-press, 2015. – S. 303. ISBN 5-224-01379-8

7. Funktsional'nye produkty pitaniya: ot teorii k praktike: monografiya / N.P Shevchenko, M.V. Kaledina, A.V Voloshchenko i [dr.]. – Belgorodskii GAU, - 2020. – S. 288. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44412301

8. Doi, Yu. Izmeneniya obshchego soderzhaniya kaliya v organizme pri dlitel'nom lechenii tiazidami: vliyanie dobavok kaliya na obshchee soderzhanie kaliya v organizme i soderzhanie kaliya v syvorotke u patsientov s arterial'noi gipertenziei, poluchayushchikh lechenie tiazidami / Yu.Doi, V Aoi, S. Sudzuki // Mezhdunarodnyi zhurnal angiologii. – 1994. – № 3. – R. 142–147. – DOI:: https://doi.org/10.1007/BF02014933

9. Evert K.J., Ballard E.B., Elsworth D.J., Oquiñena I., Schmerber JM. Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning mineral elements. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-76435-9_8088

10. Maria M. O A Delicate Balance: Homeostatic Control of Copper Uptake and Distribution / M.O Maria, Jaekwon Lee, Dennis J. Thiele // The Journal of Nutrition. – 1999 g. – T. 129, Issue 7. – P. 1251-1260. – DOI:

https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1251
11. Zeynel A. Survey of Ophthalmology. Zinc in the eye / A. Zeynel, M.D. Karcioglu // Survey of Ophthalmology. – 2021. – P. 114-122. – DOI: https://doi.org/10.1016/0039-6257(82)90195-3
12. RutFernández-TorresJuan. Mineral content and botanical origin of Spanish honeys / Juan. LuisPérez-BernalMiguel., ÁngelBello-LópezManuelCallejón-MochónJuan., CarlosJiménez-SánchezA.Guiraúm-Pérez // Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. – 2005. – v.65 (3). – P. 686-691. – DOI:: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2004.07.030
13. Grembecka M. Evaluation of honeys and bee products quality based on their mineral composition using multivariate techniques / M. Grembecka., P. Szefer. // Environ Monit Assess. – 2013. – P. 4033-4047. – DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-012-2847-y
14. Evert K.J., Ballard E.B., Elsworth D.J., Oquiñena I., Schmerber JM. Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning mineral elements. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-76435-9_8088
15. Bogdanov S. Honey for nutricition and health: a review. Journal of the Amarican College of Nutrition, 27 (6), P.677-689. – DOI: https://doi.org / 10.1080107315724.2008.10719745
16. Da Silva P.M. Honey: Chemical composition, stability and authenticity / C. Gauche, L.V. Gonzaga, A.C Costa. // Food chemistry. – 2016. – v.16. – P. 465-469. – DOI: 10.1016/J.foodchem. 2015.09.051
17. Smetanska I. Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin / I Smetanska, S. Salman // Journal of King Saud University - Science. – 2021. – V. 33, I. 5. – P. 61-75. – https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101447
18. Sokurova A. I. Mineral'nye veshchestva i ikh funktsii v organizme // Nauchnye trudy studentov gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – Tom 1. Vypusk 58, ch.1. – S. 307-309. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46114657&pff=1

Информация об авторе

Есенкина Светлана Николаевна, научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства»
EsenkinaSvetlana@mail.ru, 8-906-646-65-75

Information about the author

Esenkina Svetlana N., researcher
Federal Research Centre of Beekeeping, Ryazan region, Rybnoe, Russia

Статья поступила в редакцию 28.04.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022
The article was submitted 28.04.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 50-56
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 50-56

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.4:612.8
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.006

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СТРЕСС У КОРОВ ПРИ РОДИЛЬНОМ ПАРЕЗЕ

Ленкова Наталья Владимировна
ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Россия
nata.lenkova.80@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Провести оценку антиоксидантной системы и перекисного окисления липидов при послеродовом парезе у коров.*
Методология. *Объектом исследования были коровы, возрастом от 4 до 8 лет, средней живой массой 490 кг. Для оценки свободнорадикального окисления определяли уровень малонового диальдегида, ферментативного звена антиоксидантной защиты – активность супероксиддисмутазы, активность церулоплазмина, неферментативного звена антиоксидантной защиты – α-токоферола. Определяли общую окислительную активность и антиокислительную активность.*
Результаты*. Субклиническая форма родильного пареза характеризовалась сравнительно невысокой активностью окисления липидов на фоне снижения активности ферментативного звена антиоксидантной защиты (супероксиддисмутазы на 16,86 %, церулоплазмина в 2,03 раза) и неферментативного (витамин Е в 1,32 раза) в сравнении с контролем. При клиническом родильном парезе наблюдали значительное повышение уровня малонового диальдегида на 31,98 % и снижение активности супероксиддисмутазы на 31,98 %, церулоплазмина в 2,59 раза и витамина Е в 1,54 раза по сравнению со здоровыми коровами. Общая антиокислительная активность в опытных группах была ниже на 6,55-18,94 %, а общая окислительная активность выше на 4,43-9,99 % при сопоставлении с контролем.*
Заключение. *Устойчивость к стрессовым воздействиям, проявление незаразных патологий может зависеть от способности организма контролировать интенсивность свободнорадикальных реакций и процессов перекисного окисления липидов. Отбор для дальнейшего разведения особей с высокими адаптивными показателями позволит снизить риск проявления заболеваний, в частности, родильного пареза у коров.*

Ключевые слова: *родильный парез, коровы, малоновый диальдегид, супероксиддисмутаза, церулоплазмин, токоферол.*

Для цитирования: *Ленкова Н.В. Метаболический стресс у коров при родильном парезе // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С 50 -56 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.006*

Original article

METABOLIC STRESS IN COWS WITH PUERPERAL PARESIS

Lenkova Natalia V.
Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia
nata.lenkova.80@mail.ru

Abstract.
Problem and purpose. *To evaluate the antioxidant system and lipid peroxidation in postpartum paresis in cows.*
Methods. *The object of the study was cows, aged from 4 to 8 years, with an average live weight of 490 kg. To assess free radical oxidation, the level of malondialdehyde, the enzymatic link of antioxidant protection – the activity of superoxide dismutase, the activity of ceruloplasmin, and the non–enzymatic link of antioxidant protection - alpha-tocopherol were determined. The total oxidative activity and antioxidant activity were determined.*
Results. *The subclinical form of puerperal paresis was characterized by a relatively low activity of lipid oxidation against the background of a decrease in the activity of the enzymatic link of antioxidant protection (superoxide dismutase by 16.86%, ceruloplasmin by 2.03 times) and non-enzymatic (vitamin E by 1.32 times) in comparison with the control. In clinical puerperal paresis, there was a significant increase in the level of malondialdehyde by 31.98% and a decrease in the activity of superoxide dismutase by 31.98%, ceruloplasmin*

© Ленкова Н.В., 2022 г.

by 2.59 times and vitamin E by 1.54 times compared with healthy cows. The total antioxidant activity in the experimental groups was lower by 6.55-18.94%, and the total oxidative activity was higher by 4.43-9.99% when compared with the control.

Conclusion. *Resistance to stress, the manifestation of non-infectious pathologies may depend on the ability of the body to control the intensity of free radical reactions and lipid peroxidation processes. Selection for further breeding of individuals with high adaptive indicators will reduce the risk of diseases, in particular maternity paresis in cows.*

Key words: *maternity paresis, cows, malondialdehyde, superoxide dismutase, ceruloplasmin, tocopherol*

For citation: *Lenkova N.V. Metabolic stress in cows with puerperal paresis. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(2). C 50-56(in Russ.) https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.006*

Введение

В силу сложившихся санкционных условий в Российской Федерации проблема развития сельского хозяйства, в том числе и животноводческой отрасли, становится во главе угла. Молочное животноводство в мире характеризуется увеличением продуктивности скота и снижением затрат кормов на производство единицы продукции. Селекция в этом направлении привела к тому, что потребности организма высокопродуктивных коров не покрываются полностью в условиях современного животноводства, что приводит к развитию разнообразных патологий, в том числе послеродового периода, таким, как родильный парез. [1, 2, 3]

Распространенность послеродового пареза среди молочных коров в Соединенных Штатах Америки около 6 %, Англии – от 4 до 8 %, Швеции – более 5 %. В Дании у 23-39 % коров встречается субклиническая гипокальциемия, послеродовой парез – у 15-17 %. В 22-30 % случаев у коров с продуктивностью свыше 6500 кг молока, в частности, у голштино-фризской породы, наблюдается послеродовая гипокальциемия в стойловый период, и вероятность развития болезни увеличивается с каждой лактацией. По статистическим данным до 66 % высокоудойных коров переболевают субклинической формой пареза, что приводит к экономическим потерям на комплексах [4]. Экономический ущерб складывается за счет выбраковки продуктивных животных, и, как следствие, снижения производства продукции.

Индивидуальность обменных процессов может быть связана с генетическими особенностями организма, в результате в условиях одного хозяйства одни особи болеют многократно, у других данная патология не наблюдается [5, 6].

При развитии родильного пареза ключевыми моментами в цепи патогенеза являются гипокальциемия, снижение синтеза паратгормона, активных форм витамина D, что способствует нарушению сократительной способности мышц и развитию основных симптомов, таких как паралич глотки, языка, кишечника, судорог, коматозного состояния [7].

Имеются данные о том, что в плазме крови коров с клиническими признаками послеродовой гипокальциемии увеличивается процент насыщенных жирных кислот (миристиновой, маргариновой) и уменьшается – ненасыщенных жирных кислот (олеиновой, нервоновой, линолевой, арахидоновой), повышается индекс насыщенности липидов [8].

Последнее, возможно, связано с активацией окисления липидов и развитием «свободнорадикальной патологии» или «оксидативного стресса». Метаболизм в клетках происходит под воздействием процессов переокисления, инициируемых, в частности, активными формами кислорода, что способствует окислению ненасыщенных крупномолекулярных веществ, например, липидов, липопротеидов [9]. Стресс способствует интенсивному использованию ненасыщенных жирных кислот, происходит их нейтрализация, что способствует нарушению функции мембран клеток [10, 11].

Развитие окислительного стресса в период лактации, глубокой стельности и после отела, описано в ряде работ. Наблюдали повышение активности процессов перекисного окисления липидов (диеновые конъюгаты (ДК), кетодиены и триенкетоны (КД+ТК), основания Шиффа (ОШ), малоновый диальдегид (МДА) и др.), снижение потенциала антиоксидантной системы (активность каталазы (КТ), супероксиддисмутазы (СОД), церулоплазмина (ЦП), аскорбиновой кислоты (АК), токоферола (ТФ) и др.).[12, 13, 14]

Как известно, следствием свободно-радикальной патологии является изменение структуры мембраны клеток, что нарушает ее проницаемость и усугубляет транспортирование кальция, проведение нервных импульсов [15].

Формирование метаболического стресса может быть связано как с генетическими особенностями организма (недостаточность ферментативной системы антиоксидантной защиты), так и с нарушением неферментативного звена, то есть низким поступлением в организм токоферола, ретинола, аскорбиновой кислоты, селена и др [10,16].

В этой связи актуальным является изучение ферментативного и неферментативного звена системы антиоксидантной защиты, активности перекисного окисления липидов при развитии различных форм родильного пареза.

Цель работы – провести оценку антиоксидантной системы и перекисного окисления липидов при послеродовом парезе у коров.

Материалы и методы исследования

Исследовательская работа была выполнена в ООО "Агрокомплекс Павловский" АО фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева Краснодарского края и на кафедре терапии и пропедевтики ФГБОУ ВО Донского Государственного Аграрного университета в течение 2020-2021 гг.

Объектом исследования были коровы, возрастом от 4 до 8 лет, средней живой массой 490 кг в количестве 30 гол. В период проведения исследо-

ваний у коров брали пробы крови утром до кормления животных из хвостовой вены.

Лабораторно оценивали гематологические (уровень гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов) и биохимические (кальций, фосфор, магний, глюкоза, щелочной резерв, креатинкиназа, аспартатамитрансферраза) показатели крови. Для оценки свободнорадикального окисления определяли уровень малонового диальдегида (МДА) по И.Д. Стальной; ферментативного звена антиоксидантной защиты – активность супероксиддисмутазы (СОД) – по H.P. Misra, I. Fridovich; активность церулоплазмина (ЦП) – по реакции окисления парафенилендиамина; неферментативного звена антиоксидантной защиты – α-токоферол – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В крови определяли общую антиокислительную активность (ОАА, %) по А.В. Арутюняну, Е.Е. Дубинину, И.Н. Зыбину, общую окислительную активность (ООА, %) – по Л.П. Галактионовой, А.В. Молчановой.

Диагноз родильный парез ставили по результатам лабораторных исследований и клинического обследования (при клинической форме – через 1-2 часа после отела животные ложатся, укладывают голову на грудь, перестают двигаться, шея изогнута S-образно, температура тела снижается, наблюдается тремор конечностей; при субклинической форме – слабость мышечного тонуса, недержание молока, задержка последа, гипокальциемия) [7].

На основании полученных данных были сформированы три опытных группы: I группа (контроль) – клинически здоровые (n=10), II группа – субклиническая форма родильного пареза (n=10), III группа – острая форма родильного пареза (n=10).

Полученный цифровой материал обработали статистически с использованием персонального компьютера и пакета статистического анализа для «MSExcel».

Результаты исследования

Селекция на повышение надоя у коров привела к повышению активности метаболических процессов в организме. В связи с этим при воздействии стрессовых факторов, к которым, относится, в том числе и стельность, организм не успевает адаптироваться, особенно при неадекватном поступлении питательных веществ, макро-, микроэлементов, и это способствует нарушению обменных процессов.

Значительные изменения наблюдаются в содержании макроэлементов крови, так, концентрация кальция при субклинической форме родильного пареза во II группе на 22,22 % ниже чем в I группе и составила 2,2±0,1 ммоль/л (P<0,05), а в III, при клинической форме, – ниже на 51,85 % и составила 1,2±0,2 ммоль/л (P<0,001); количество фосфора во II и III группах ниже на 38,09 и 47,62 % чем в контроле и соответственно составили 1,3±0,1 ммоль/л (P<0,05) и 1,2±0,1 ммоль/л (P<0,001). Уровень щелочного резерва во II опытной группе 45,7±1,2 об%CO_2 (P<0,05), а в III – 41,8±1,5 об%CO_2 (P<0,001), что ниже, чем в контроле на 18,10 и 25,08 % (рис. 2).

При развитии родильного пареза основным из лабораторных показателей является снижение уровня кальция в крови, что мы наблюдаем в опытных группах исследуемых коров. Способствует этому изменение кислотно-щелочного равновесия в организме в кислую сторону, что подтверждается снижением щелочного резерва крови [7, 18].

Количество магния у больных коров несколько повышается, во II и III группах соответственно на 12,12 и 22,73 % (P<0,05) в сравнении с контролем. В результате снижения концентрации ионов кальция и фосфора на фоне повышения ионов магния развивается угнетение центральной нервной системы с последующим парезом мышечной ткани, что особенно выражено при клинической форме родильного пареза

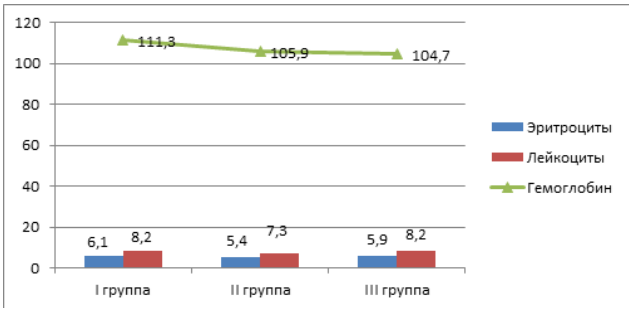


Рис. 1 – Гематологические исследования коров разных опытных групп при родильном парезе (эритроциты – х10^{12}/л; лейкоциты – х10^{9}/л; гемоглобин – г/л)
(Hematological studies of cows of different experimental groups with puerperal paresis)

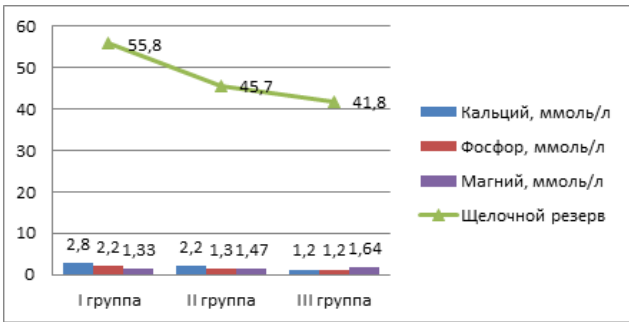


Рис. 2 – Содержание макроэлементов и резервной щелочности в крови исследуемых коров при родильном парезе (щелочной резерв – об%CO_2)
(The content of macronutrients and reserve alkalinity in the blood of the studied cows during childbirth paresis)

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований крови коров опытных групп

Показатель, ед. изм.	I группа (контроль)	II группа	III группа	Референсные значения
Глюкоза, ммоль/л	3,1±0,2	2,2±0,3	1,8±0,1*	2,1-3,9
АсАТ, Ед/л	57,6±2,7	112,2±2,4***	139,2±3,2***	48-110
Креатинкиназа, Ед/л	87,9±19,9	264,6±12,6***	432,6±13,7***	44-228

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001 в сравнении с I опытной группой (клинически здоровые)

Биохимический лабораторный анализ крови коров (табл. 1) показал низкий уровень глюкозы до 2,2±0,3 ммоль/л во II группе и в III 1,8±0,1 ммоль/л (P<0,05), в сравнении с контрольной – 3,1±0,2 ммоль/л. Активность аспартатаминотрансферазы (АсАТ) составила во II опытной группе 112,2±2,4 Ед/л (P<0,001), а в III – 139,2±3,2 Ед/л (P<0,001), что в 1,9 и 2,4 раза превышает показатель контрольной группы; активность креатинкиназы выше во II опытной группе в 3,01 раза и составляет 264,6±12,6 Ед/л (P<0,001), а в III в 4,9 раза – 432,6±13,7 Ед/л (P<0,001) от аналогичного показателя в контрольной группе.

Повышенная активность АСТ указывает на напряженность обменных процессов после отела [4]. Кроме того, аспартатаминотрансфераза и креатинкиназа являются ферментами, характеризующими повреждение мышечной ткани. Значительное повышение их активности у коров опытной группы говорит о ее повреждении.

В период стельности у коров активируются обменные процессы, что приводит к повышенной чувствительности к воздействию стресс-факторов и неспособности организма адекватно на него отвечать. Индивидуальные особенности генотипа животного приводят к различию в быстроте адаптации биохимических процессов, в частности, системы антиоксидантной защиты и, как следствие, у некоторых особей наблюдается нарушение в прооксидантно-антиоксидантном соотношении. Следствием преобладания процессов перекисного окисления липидов над антиокислительными является нарушение строения и функции мембран клеток [10].

При изучении процессов окисления липидов и антиоксидантной защиты у коров с разной формой родильного пареза отметили характерные закономерности (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты исследований активности свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты организма коров опытных групп

Показатель, ед. изм.	I группа	II группа	III группа
МДА, мкмоль/л	1,13±0,15	1,37±0,09	1,53±0,11*
СОД, усл.ед.	1,72 ±0,17	1,43 ±0,16	1,17 ±0,18*
ЦП, мкмоль/л·мин.	254,12±6,24	127,11±7,21***	98,19±6,32***
Витамин Е, ммоль/л	11,1±0,32	8,4±0,37***	7,2±0,31***
ОАА, %	60,15±0,64	56,21±0,86*	48,76±1,12**
ООА, %	44,16±0,21	46,12±0,36**	48,57±0,62***

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001

Уровень малонового диальдегида в зависимости от клинического состояния коров имел тенденцию к повышению. Во II опытной группе МДА составил 1,37±0,09 мкмоль/л, в III группе 1,53±0,11 мкмоль/л (P<0,05), что на 21,23 и 35,39 % превышает значение данного показателя у здоровых коров I опытной группы. Активность супероксиддисмутазы снизилась до 1,43 ±0,16 усл.ед. во второй группе и до 1,17 ±0,18 усл.ед. (P<0,05) в третьей группе, что на 16,86 и 31,98 % ниже, чем в контроле.

Белок церулоплазмин является антиоксидантом, циркулирующим в крови, способным нейтрализовать радикалы O^{2-} , обладает ферроксидазным и купроксидазным свойством. Значение церулоплазмина составило 127,11±7,21 и 98,19±6,32 мкмоль/л·мин (P<0,001) соответственно во II и III группах, что ниже в 2,03 и 2,59 раза в сравнении с контролем.

Уровень витамина Е был ниже во второй группе в 1,32 раза в сравнении с контролем и составил 8,4±0,37 ммоль/л (P<0,001), в третьей группе в 1,54 раза и составил 7,2±0,31 ммоль/л (P<0,001) (рис. 3).

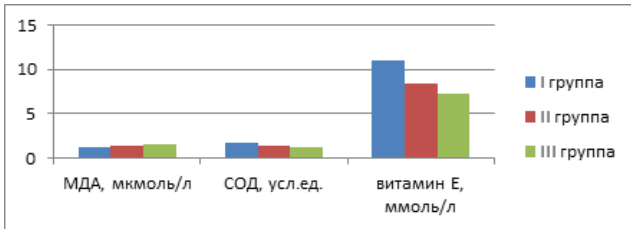


Рис. 3 – Активность перекисного окисления липидов и системы антиоксидантной защиты в зависимости от клинического проявления родильного пареза у коров
(Activity of lipid peroxidation and antioxidant protection system depending on the clinical manifestation of maternity paresis in cows)

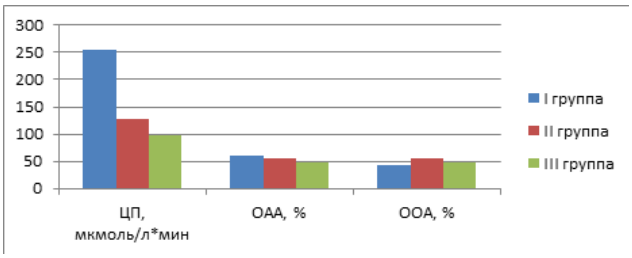


Рис. 4 – Показатели антиоксидантного статуса при разных формах родильного пареза у коров (Indicators of antioxidant status in different forms of maternity paresis in cows)

Общая антиокислительная активность в контрольной группе составила 60,15±0,64 %, во II опытной – 56,21±0,86 % (P<0,05), в III – 48,76±1,12 % (P<0,01). Общая окислительная активность в контроле – 44,16±0,21%, во II группе – 46,12±0,36 % (P<0,01), в III – 48,57±0,62 % (P<0,001) (рис. 4).

Заключение

У коров при родильном парезе наблюдали изменения в интенсивности ПОЛ и антиоксидантной защиты, различающиеся в зависимости от формы течения заболевания. Субклиническая форма родильного пареза характеризовалась сравнительно невысокой активностью окисления липидов (уровень МДА повысился до 1,37±0,09 мкмоль/л или на 21,23 %) на фоне снижения активности ферментативного звена антиоксидантной защиты (СОД до 1,43 ±0,16 усл.ед. или на 16,86 %, ЦП до 127,11±7,21 мкмоль/л·мин. или в 2,03 раза) и неферментативного (витамин Е до 8,4±0,37 ммоль/л или в 1,32 раза) в сравнении с контролем. При клиническом родильном парезе наблюдали значительное повышение уровня МДА до 1,53±0,11 мкмоль/л или на 31,98 % и снижение активности СОД до 1,17 ±0,18 усл.ед. или на 31,98 %, ЦП до 98,19±6,32 мкмоль/л·мин. или в 2,59 раза и витамина Е до 7,2±0,31 ммоль/л или в 1,54 раза по сравнению со здоровыми коровами. Общая антиокислительная активность в опытных группах была ниже на 6,55-18,94 %, а общая окислительная активность выше на 4,43-9,99 % при сопоставлении с контролем.

Таким образом, устойчивость к стрессовым воздействиям, проявление незаразных патологий могут зависеть от способности организма контролировать интенсивность свободнорадикальных реакций и процессов перекисного окисления липидов. Отбор для дальнейшего разведения особей с высокими адаптивными показателями позволит снизить риск проявления заболеваний, в частности, родильного пареза у коров.

Список источников

1. Юськив, Л. Л. Жирнокислотный состав общих липидов плазмы крови коров при послеродовой гипокальциемии / Л. Л. Юськив // Біологія тварин. – 2015. – Т. 17. – № 4. – С. 151-157. – EDN VEBZET. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=25137140

2. Ivanova, I. Automation of Processes in Dairy Cattle Production / I. Ivanova, I. Trotsenko, V. Trotsenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : X International Scientific and Practical Conference - Innovative Technologies in Engineering, Yurga, 23–25 мая 2019 года. – Yurga: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012035. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43213102.

3. Lamp O., Derno M., Otten W., Mielenz M., Nürnberg G., Kuhla B. Metabolic heat stress adaption in transition cows: Differences in macronutrient oxidation between late-gestating and early-lactating German Holstein dairy cows. PloS one. 2015 May 4. DOI: 10(5):e0125264.

4. Омурзакова Нуржамал Тайчиевна, Курманбекова Гульбубу Токтосуновна, Бейшеналиева Салкын Турсуналиевна, Табылдиева Эльмира Кушбосуновна, Кыдыралиева Бермет Улановна Активность тканевых ферментов у коров (Bos taurus) и яков (Bos grunniens), содержащихся в разных экологических условиях // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2018. №42. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktivnost-tkanevyh-fermentov-u-korov-bos-taurus-i-yakov-bos-grunniens-soderzhaschihsya-v-raznyh-ekologicheskih-usloviyah.

5. Oetzel, G.R. Effect of oral calcium bolus supplementation on early lactation health and milk yield in commercial dairy herds/ G.R. Oetzel, B.E. Miller. // J. DairySci, 2012. - Vol. 95 (12). - pp. 7051-7065. URL:https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-oral-calcium-bolus-supplementation-on-and-Oetzel-Miller/971599f593f84a42796d75d2cfc0fa407912cc03

6. Ярован, Н. И. Влияние фитобиотиков на стресс-индуцированные свободно-радикальные процессы и молочную продуктивность коров в условиях промышленного комплекса / Н. И. Ярован, Н. Л. Грибанова, П. С. Болкунов // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 2(83). – С. 77-83. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.2.77. – EDN DOZANM. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42808961

7. Латышева, О. В. Родильный парез: причины, патогенез, профилактика / О. В. Латышева // Эффективное животноводство. – 2021. – № 7(173). – С. 24-25. – EDN ZIPYZG.

8. Braun, U. Treatment of cows with parturient paresis using intravenous calcium and oral sodium phosphate/ U. Braun, D. Grob, M.Hassig // Schweizer archiv fur tierheilkunde, 2016. - № 9. - pp. 615-622. URL:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27655160/

9. Pascottini B., Osvaldo & Leroy, Jo & Opsomer, Geert. (2020). Metabolic Stress in the Transition Period of Dairy Cows: Focusing on the Prepartum Period // Animals. - 10. – P. 1419. DOI:10.3390/ani10081419

10. Максимов, Г. В. Антиоксиданты в животноводстве / Г. В. Максимов, Н. В. Ленкова, А. Г. Максимов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2015. – 135 с. – ISBN 978-3-659-67137-1. – EDN UBCNBR.

11. Соколова, М. И. Перекисное окисление липидов в крови коров в зависимости от возраста в условиях зимнего содержания / М. И. Соколова, С. С. Кузьмина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8-2(98). – С. 53-56. – DOI 10.23670/IRJ.2020.98.8.042. EDN EZKDLC.

12. Метаболический стресс у нетелей при развитии субклинической эклампсии / В. Д. Кочарян,

В. С. Авдеенко, К. А. Баканова, О. К. Кочарян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1(61). – С. 251-260. – DOI 10.32786/2071-9485-2021-01-25. – EDN KVBWCA.

13. Позывайло, О. П. Особенности перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в различные периоды лактации / О. П. Позывайло, И. В. Котович, В. П. Баран // Материалы международного научного форума "Образование. Наука. Культура" : Материалы международного научного форума «Образование. Наука. Культура». В 5 ч., Гжель, 20 ноября 2019 года. – Гжель: Гжельский государственный университет, 2020. – С. 350-353. – EDN YRHIZI.

14. Показатели липидного обмена, пероксидного окисления липидов и антиоксидантной системы крови коров-первотелок на начальном этапе лактации / И. В. Котович, О. П. Позывайло, В. П. Баран, Т. М. Ярошевич // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. – 2018. – № 2(52). – С. 33-39. – EDN XUXMLT.

15. Ермакова, Н. В. Стресс и лейкоцитарная картина крови коров / Н. В. Ермакова // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1. – № 6. – С. 131-134. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29820934.

16. Лупова, Е. И. Влияние янтарной кислоты на продуктивность коров-первотёлок на фоне острого стресса / Е. И. Лупова, И. С. Питюрина // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2019. – № 2(28). – С. 73-77. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41335914.

17. Способ коррекции процессов адаптации у коров при технологическом стрессе / Ф. Г. Гизатуллина, А. И. Кузнецов, Т. С. Самсонова, А. В. Бучель // АПК России. – 2019. – Т. 26. – № 4. – С. 630-636. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41345479.

18. Ашенбреннер, А. И. Биохимические показатели крови высокопродуктивных коров при совместном течении гипокальцемии и гипофосфатемии / А. И. Ашенбреннер, Ю. А. Хаперский // Аграрная наука - сельскому хозяйству : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции в 2 кн., Барнаул, 12–13 марта 2020 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2020. – С. 280-282. – EDN TLFOBG. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=43894066.

References

1. YUs'kiv, L. L. ZHirnokislotnyj sostav obshchih lipidov plazmy krovi korov pri poslerodovoj gipokal'ciemii / L. L. YUs'kiv // Biologiya tvarin. – 2015. – T. 17. – № 4. – S. 151-157. – EDN VEBZET. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=25137140

2. Ivanova, I. Automation of Processes in Dairy Cattle Production / I. Ivanova, I. Trotsenko, V. Trotsenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : X International Scientific and Practical Conference - Innovative Technologies in Engineering, Yurga, 23–25 maya 2019 goda. – Yurga: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012035. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43213102.

3. Lamp O., Derno M., Otten W., Mielenz M., Nürnberg G., Kuhla B. Metabolic heat stress adaption in transition cows: Differences in macronutrient oxidation between late-gestating and early-lactating German Holstein dairy cows. PloS one. 2015 May 4. DOI: 10(5):e0125264.

4. Omurzakova Nurzhamal Tajchievna, Kurmanbekova Gul'bubu Toktosunovna, Bejshenalieva Salkyn Tursunalievna, Tabyldieva El'mira Kushbosunovna, Kydyralieva Bermet Ulanovna Aktivnost' tkanevyh fermentov u korov (Bos taurus) i yakov (Bos grunniens), soderzhashchihsya v raznyh ekologicheskih usloviyah // Vestn. Tom. gos. un-ta. Biologiya. 2018. №42. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktivnost-tkanevyh-fermentov-u-korov-bos-taurus-i-yakov-bos-grunniens-soderzhaschihsya-v-raznyh-ekologicheskih-usloviyah.

5. Oetzel, G.R. Effect of oral calcium bolus supplementation on early lactation health and milk yield in commercial dairy herds/ G.R. Oetzel, B.E. Miller. // J. DairySci, 2012. - Vol. 95 (12). - pp. 7051-7065. URL:https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-oral-calcium-bolus-supplementation-on-and-Oetzel-Miller/971599f593f84a42796d75d2cfc0fa407912cc03

6. YArovan, N. I. Vliyanie fitobiotikov na stress-inducirovannye svobodno-radikal'nye processy i molochnuyu produktivnost' korov v usloviyah promyshlennogo kompleksa / N. I. YArovan, N. L. Gribanova, P. S. Bolkunov // Vestnik agrarnoj nauki. – 2020. – № 2(83). – S. 77-83. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.2.77. – EDN DOZANM. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42808961

7. Latysheva, O. V. Rodil'nyj parez: prichiny, patogenez, profilaktika / O. V. Latysheva // Effektivnoe zhivotnovodstvo. – 2021. – № 7(173). – S. 24-25. – EDN ZIPYZG.

8. Braun, U. Treatment of cows with parturient paresis using intravenous calcium and oral sodium phosphate/ U. Braun, D. Grob, M.Hassig // Schweizer archiv fur tierheilkunde, 2016. - № 9. - pp. 615-622. URL:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27655160/

9. Pascottini B., Osvaldo & Leroy, Jo & Opsomer, Geert. (2020). Metabolic Stress in the Transition Period of Dairy Cows: Focusing on the Prepartum Period // Animals. - 10. – P. 1419. DOI:10.3390/ani10081419

10. Maksimov, G. V. Antioksidanty v zhivotnovodstve / G. V. Maksimov, N. V. Lenkova, A. G. Maksimov. – Saarbrücken : LAP LAMBERT, 2015. – 135 s. – ISBN 978-3-659-67137-1. – EDN UBCNBR.

11. Sokolova, M. I. Perekisnoe okislenie lipidov v krovi korov v zavisimosti ot vozrasta v usloviyah zimnego soderzhaniya / M. I. Sokolova, S. S. Kuz'mina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2020. – № 8-2(98). – S. 53-56. – DOI 10.23670/IRJ.2020.98.8.042. EDN EZKDLC.

12. Metabolicheskij stress u netelej pri razvitii subklinicheskoj eklampsii / V. D. Kocharyan, V. S. Avdeenko,

K. A. Bakanova, O. K. Kocharyan // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2021. – № 1(61). – S. 251-260. – DOI 10.32786/2071-9485-2021-01-25. – EDN KVBWCA.

13. Pozyvajlo, O. P. Osobennosti perekisnogo okisleniya lipidov i antioksidantnoj sistemy u krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti v razlichnye periody laktacii / O. P. Pozyvajlo, I. V. Kotovich, V. P. Baran // Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo foruma "Obrazovanie. Nauka. Kul'tura" : Materialy mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Obrazovanie. Nauka. Kul'tura». V 5 ch., Gzhel', 20 noyabrya 2019 goda. – Gzhel': Gzhel'skij gosudarstvennyj universitet, 2020. – S. 350-353. – EDN YRHIZI.

14. Pokazateli lipidnogo obmena, peroksidnogo okisleniya lipidov i antioksidantnoj sistemy krovi korov-pervotelok na nachal'nom etape laktacii / I. V. Kotovich, O. P. Pozyvajlo, V. P. Baran, T. M. YAroshevich // Vestnik Mozyrskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I.P. SHamyakina. – 2018. – № 2(52). – S. 33-39. – EDN XUXMLT.

15. Ermakova, N. V. Stress i lejkocitarnaya kartina krovi korov / N. V. Ermakova // Uspekhi sovremennoj nauki. – 2017. – T. 1. – № 6. – S. 131-134. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=29820934.

16. Lupova, E. I. Vliyanie yantarnoj kisloty na produktivnost' korov-pervotyolok na fone ostrogo stressa / E. I. Lupova, I. S. Pityurina // Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. – 2019. – № 2(28). – S. 73-77. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41335914.

17. Sposob korrekcii processov adaptacii u korov pri tekhnologicheskom stresse / F. G. Gizatullina, A. I. Kuznecov, T. S. Samsonova, A. V. Buchel' // APK Rossii. – 2019. – T. 26. – № 4. – S. 630-636. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41345479.

18. Ashenbrenner, A. I. Biohimicheskie pokazateli krovi vysokoproduktivnyh korov pri sovmestnom techenii gipokal'cemii i gipofosfatemii / A. I. Ashenbrenner, YU. A. Haperskij // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu : Sbornik materialov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v 2 kn., Barnaul, 12–13 marta 2020 goda. – Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. – S. 280-282. – EDN TLFOBG. URL:https://elibrary.ru/item.asp?id=43894066.

Информация об авторе

***Ленкова Наталья Владимировна,** канд. с.-х. наук, доцент кафедры терапии и пропедевтики животных, ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, nata.lenkova.80@mail.ru*

Information about the author

***Lenkova Natalia V., c**andidate of Agricultural Sciences ce, Associate Professor of the therapies and propaedeutics, Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia, nata.lenkova.80@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 01.05.2022.; одобрена после рецензирования 01.06.2022 принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 01.05.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с.57-64
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 57-64

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

Научная статья
УДК 632.9:633.1
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.007

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЛИСТОСТЕБЛЬНЫМИ БОЛЕЗНЯМИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Ольга Викторовна Лукьянова[1] ✉, Александр Сергеевич Ступин[2], Ольга Алексеевна Антошина[3], Вера Сергеевна Конкина[4], Наталья Владимировна Вавилова[5]

[1,2,3,4,5] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
[1]ovluk74@mail.ru
[2]stupin32@yandex.ru
[3]olgaantoshina@bk.ru
[4]konkina_v@mail.ru
[5]nvavilova23@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью исследований было изучение эффективности нового биологического средства защиты растений Плантарел, ВР при возделывании яровой пшеницы*
Методология. *Объекты исследования – стимулятор роста на основе серебра с фунгицидными свойствами Плантарел, ВР и яровая пшеница. Схема опыта в производственных условиях включала 2 варианта – контроль и опыт, заложенных методом рандомизированных повторений в 4-кратной повторности. За контроль принимали систему защиты растений на основе химических средств, использующую в качестве фунгицида препарат Зимошанс, КС, а в системе защиты на опытном варианте фунгицид Зимошанс, КС заменили биологическим препаратом Плантарел, ВР. Площадь опытных делянок в опыте составляла 2 га, площадь учетных делянок – 2240 м². Полевые и лабораторные исследования с использованием стандартных методик проводили в ФГБОУ ВО РГАТУ и ФГБУ «САС «Рязанская».*
Результаты. *Биологический препарат Плантрел, ВР по сравнению с контролем показал достаточно высокую эффективность в подавлении листостебельных заболеваний зерновых культур. В варианте с применением данного препарата распространенность бурой ржавчины составляла 8,3-12,2 %, при интенсивности развития 3,4-5,8 %; распространенность септориоза 6,9-12,0 %, интенсивность развития – 4,1-5,3 %. На опытном варианте получено достоверное превышение урожайности над контролем на 3,7 ц/га (НСР05 = 3,14 ц/га). Экономия от замены фунгицида Зимошанс, КС на биопрепарат Плантарел, ВР составила 225 руб. в расчете на 1 га. С учетом прибавки урожайности и данной экономии удельный условно чистый доход на опытном варианте по сравнению с контролем вырос на 5775 руб.*
Заключение. *Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования стимулятор роста с фунгицидными свойствам Плантарел, ВР в хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий. Применение данного препарата при возделывании яровой пшеницы в условиях Рязанской области обеспечило высокую эффективность в подавлении листостебельных болезней зерновых культур, в частности бурой ржавчины и септориоза, способствовало увеличению продуктивности культуры и обеспечило рост экономических показателей.*

Ключевые слова: *яровая пшеница, бурая ржавчина, септориоз, регулятор роста растений Плантарел, урожайность, качество зерна, экономическая эффективность.*

Для цитирования: *Лукьянова О.В., Ступин А.С., Антошина О.А., Конкина В. С, Вавилова Н.В. Эффективность использования биопрепарата для борьбы с листостебельными болезнями зерновых культур // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С 57-64 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.007*

© Лукьянова О.В., Ступин А.С., Антошина О.А., Конкина В. С., Вавилова Н.В., 2022 г.

Scientific article

THE EFFICIENCY OF USING A BIOLOGICAL PRODUCT TO COMBAT LEAF-STEM DISEASES OF CEREAL CROPS

Olga V. Lukyanova[1]✉, Alexander S. Stupin[2], Olga A. Antoshina[3], Vera S. Konkina[4], Natalya V. Vavilova[5]

[1,2,3,4,5] Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
[1]ovluk74@mail.ru
[2]stupin32@yandex.ru
[3]olgaantoshina@bk.ru
[4]konkina_v@mail.ru
[5]nvavilova23@mail.ru

Abstract

Problem and purpose. *The purpose of the research was to study the efficiency of a new biological plant protection agent Plantarel, VR when growing spring wheat.*

Methodology. *The objects of the research included growth stimulator based on silver with fungicidal properties Plantarel, VR and spring wheat. The scheme of the experiment in production conditions included 2 variants - control and experiment, based on the method of randomized repetitions in 4-fold replication. The plant protection system based on chemical agents was taken as a control, using Zymoshans, KS preparation as a fungicide, and in the protection system on the experimental variant, fungicide Zymoshans, KS was replaced with biological preparation Plantarel, VR. The area of experimental plots was 2 ha, the area of accounting plots was 2 240 m^2. Field and laboratory studies using standard methods were carried out by Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan State Agrotechnological University and Federal State Budgetary Institution "Agrochemical service station Ryazanskaya".*

Results. *Biological preparation Plantrel, VR compared with the control showed a fairly high efficiency in suppression of leaf-stem diseases of grain crops. The variant with the preparation had prevalence of leaf rust equal to 8.3-12.2%, development intensity of 3.4-5.8%; prevalence of zeptoria of 6.9-12.0% and intensity of development of 4.1-5.3%. The experimental variant had a significant excess of yield over the control by 3.7 dt/ha (LDS05 = 3.14 dt/ha). Savings from replacing fungicide Zymoshans, KS with biological preparation Plantarel, VR amounted to 225 rubles per 1 ha. Taking into account the increase in yield and this saving, the specific conditionally net income in the experimental variant increased by 5 775 rubles compared to the control.*

Conclusion: *The conducted studies confirmed the expediency of using growth stimulator with fungicidal properties Plantarel, VR in the economic activity of agricultural enterprises. The use of this preparation when growing spring wheat in conditions of Ryazan region ensured high efficiency in suppression of leafy diseases of cereal crops, in particular brown rust and septoria, contributed to an increase in crop yield and ensured the growth of economic indicators.*

Key words: *spring wheat, leaf rust, septoria, plant growth regulator with fungicidal properties based on silver Plantarel, yield, grain quality, economic efficiency.*

For citation: *Lukyanova O.V., Stupin A.S., Antoshina O.A., Konkina B.C., Vavilova N.V. The efficiency of using a biological product to combat leaf-stem diseases of cereal crops // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.2. P.57-64 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.007*

Введение

Система защиты растений остаётся определяющим фактором, сдерживающим развитие и распространение болезней при возделывании сельскохозяйственных культур по современным технологиям. Интенсификация производства продукции растениеводства, повышение продуктивности культур предусматривает применение значительного количества химических средств, что ведёт к загрязнению окружающей среды, а также увеличению затрат энергии на единицу продукции. Современная система защиты растений должна обеспечивать не только рост урожайности сельскохозяйственных культур, но и минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду за счет максимального использования биологических факторов, сортового потенциала культур и повышения эффективности средств химизации в системе адаптивно-ландшафтного земледелия [1, 2, 3].

Наибольший урон урожаю зерновых культур причиняют листостебельные инфекции, которые поражают ассимиляционные и репродуктивные органы растений. К ним относятся, в первую очередь, ржавчина (бурая, желтая, стеблевая), септориоз листьев, мучнистая роса. За 20 лет в различных регионах России было отмечено 11 эпифитотий септориоза и 10 эпифитотий бурой ржавчины [4, 5, 6]. При эпифитотийном развитии листостебельных инфекций потери урожая могут достигать 25-40 % (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Шкала потерь урожая пшеницы от бурой ржавчины, %

Интенсивность развития болезни, %	Время появления первых симптомов	
	фаза выхода в трубку	фаза колошение - цветение
10	2	0,1
20	5	1
40	10	5
60	15	10
80	20	15
100	25	20

Таблица 2 – Шкала потерь урожая пшеницы от септориоза, %

Интенсивность развития болезни в фазу молочно-восковой спелости, %	Поражаемые органы	
	листья	колос
10	4	7
20	9	12
40	15	18
50	19	25
80	23	30
100	28	40

Химический метод остается приоритетным в защите посевов зерновых культур в периоды интенсивного развития болезней в агроценозах, когда количество вредных организмов значительно превышает экономический порог вредоносности (ЭПВ). В то же время, загрязнение окружающей среды и неблагоприятная экологическая обстановка в целом требуют снижения применения химических средств защиты растений при производстве растениеводческой продукции и поиск безопасных методов защиты сельскохозяйственных культур. Альтернативой химическим препаратам могли бы стать биологические средства защиты растений, созданные на основе живых клеток и спор микроорганизмов, продуктов их жизнедеятельности, а также высокоактивных соединений [7, 8, 9]. Однако биопрепараты на основе микроорганизмов имеют большой недостаток – нестабильность, так как большое количество внешних факторов оказывает влияние на эффективность их воздействия.

Препарат Плантарел, ВР – это стимулятор роста с фунгицидными свойствам с действующим веществом, состоящим из коллоидного серебра (0,5 г/л) и полигексаметиленбигуанид гидрохлорида (0,5 л/га). Действие препарата направлено на активацию фитоиммунитета, что способствует подавлению болезнетворной микрофлоры и повышению устойчивости к негативным факторам среды, а также провоцирует растение к усиленному развитию и накоплению биомассы, обеспечивая тем самым рост урожайности и улучшение качества продукции растениеводства [10].

По данным Юрия Крутякова, заведующего лабораторией функциональных материалов для агропромышленного комплекса химфака МГУ, исследования показали, что препарат обладает достоинствами как химических, так и биологических средств защиты растений. Регулятор роста Плантарел, ВР стабилен в своем действии и безопасен в применении. Нормы его внесения 0,1-0,2 мл/га, при содержании серебра в препарате 0,5 г/л. Количество серебра, попадающего в почву, в сотни раз меньше его естественного содержания. К тому же частицы серебра адсорбируются глинистыми и гуминовыми компонентами почвы, становятся неактивными [11].

Материалы и методы исследования

Научные исследования на базе опытной агротехнологической станции УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ в 2021 году были направлены на изучение эффективности нового биологического средства защиты растений Плантарел, ВР при возделывании яровой пшеницы сорта Тризо на серой лесной тяжелосуглинистой почве в условиях Рязанской области.

По данным агрохимического обследования ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская» почва опытного участка характеризуется слабокислой реакцией почвенного раствора (pH = 5,0±0,1), содержанием органического вещества – 2,82±0,56 %, высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия – 165±33 мг/кг и 182±27 мг/кг соответственно, повышенным содержанием обменного кальция и магния и низким содержанием серы.

Метеорологические условия 2021 года в первой половине вегетационного периода (май, июнь) отличались колебанием температуры и высокой влагообеспеченностью культур (147,9 % и 136,6 % от нормы), во второй половине (июль, август) – засухой и, как следствие, недостаточностью почвенной влаги и низкой влажностью воздуха, что отри-

цательно сказалось на росте и развитии культуры.

Схема опыта в производственных условиях включала 2 варианта:

1) контрольный вариант (система защиты растений на основе химических средств с использованием в качестве фунгицида препарата Зимошанс, КС);

2) опытный вариант (в системе защиты растений, принятой за контроль, фунгицид Зимошанс, КС заменили стимулятором роста с фунгицидными свойствам Плантарел, ВР).

Опыт заложен методом рандомезированных повторений в 4-кратной повторности. Фунгицид Зимошанс, КС с нормой расхода 0,5 л/га и препарат Плантарел, ВР с нормой расхода 0,2 л/га применяли в системе защиты яровой пшеницы в фазу кущения с расходом рабочего раствора 300 л/га. Площадь опытного участка составляла 2 га, площадь опытных делянок – 2240 м². Предшественник яровой пшеницы в опыте – яровой рапс.

Программа наблюдений и учетов в опыте: учет пораженности растений яровой пшеницы болезнями - в течение всей вегетации (Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений, 1984); оценка урожайности культуры – сплошным методом; определение клейковины в зерне пшеницы – ГОСТ Р 54478-2011 – Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице; экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы – по общепринятой методике норм выработки, тарифных ставок и рыночных цен на зерно; количественная оценка экспериментальных данных – статистическими методами.

Результаты исследований и их обсуждение

Зерновые колосовые поражаются многими листостебельными болезнями. Среди листовых ржавчин зерновых культур в Рязанской области наиболее распространена бурая ржавчина пшеницы (Puccinia recondite f. tritici). В последнее время септориозы достигают эпифитотийного развития практически ежегодно. Листья поражает преимущественно гриб Septoria tritici, а колос – Stagonospora nodorum. Развиваясь на листьях, вышеперечисленные болезни уменьшают их ассимиляционную поверхность, разрушают хлорофилл, что приводит к снижению продуктивности фотосинтеза, преждевременному старению и отмиранию листьев. При поражении стеблей нарушается процесс поставки углеводов, необходимых для формирования полноценного зерна [12, 13, 14].

В 2021 году на опытной агротехнологической станции УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ фитосанитарный мониторинг выявил на посевах яровой пшеницы бурую ржавчину (Puccinia recondite f. tritici) и септориоз листьев (Septoria tritici) (табл. 3).

Таблица 3 – Пораженность яровой пшеницы аэрогенной инфекцией, %

Вариант	Фаза развития растений							
	фаза флаговый лист – колошение				фаза молочной спелости			
	бурая ржавчина		септориоз		бурая ржавчина		септориоз	
	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %
1. Контроль	7,5±1,7	2,8±1,2	5,8±2,0	3,7±1,3	11,1±1,8	5,1±1,7	10,4±2,1	4,8±1,7
2. Опыт	8,3±1,8	3,4±1,3	6,9±2,3	4,1±1,5	12.2±2,1	5,8±2,0	12,0±2,8	5,3±1,9

Как показали исследования, обработки посевов яровой пшеницы препаратами Зимошанс, КС и Плантарел, ВР подавляли в основном распространенность и интенсивность развития бурой ржавчины и септориоза. Стимулятор роста Плантрел, ВР по сравнению с контролем показал достаточно высокую эффективность в подавлении этих болезней. В опытном варианте распространенность бурой ржавчины составляла 8,3-12,2 %, при интенсивности развития 3,4-5,8 %; распространенность септориоза 6,9-12,0 %, интенсивность развития – 4,1-5,3 %.

Следует отметить, что формирование элементов структуры урожая и их величины во многом зависит не только от сортовой специфичности, но и от влияния абиотических и биотических факторов.

Сорт яровой мягкой пшеницы Тризо характеризуется интенсивным кущением, устойчивостью к полеганию и высокими адаптивными свойствами. Засушливые условия во время вегетации яровой пшеницы негативно отразились на высоте растений и длине колоса как у растений контрольного варианта, так и у растений опытного варианта (табл. 4, рисунок).

Таблица 4 – Структура урожая яровой пшеницы

Вариант	Кустистость общая	Кустистость продуктивная	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен,г
1. Контроль	1,44	1,20	51,8	5,7	8,0	19,84	0,75	37,73
2. Опыт	1,58	1,34	55,9	6,0	8,8	20,85	0,83	39,76

Рис. – Растения яровой пшеницы в фазу полной спелости
(Plants of spring wheat in the phase of full ripeness)

При среднем значении высоты растений у сорта Тризо – 88 см, в условиях вегетации 2021 года этот показатель варьировал от 51,8 см (контроль) до 55,9 см (опыт). Длина колоса уменьшилась практически в 2 раза по сравнению с данным показателем при благоприятных условиях произрастания.

Несмотря на достаточное количество влаги и оптимальные температурные значения в начале вегетации общая кустистость была низкой. При этом на опытном варианте общая кустистость составила 1,58, превысив контрольный показатель на 9,7 %. Максимальное количество продуктивных стеблей сформировалось на опытном варианте. В целом, продуктивная кустистость на варианте с применением препарата Плантарел, ВР была больше показателя на контроле на 11,7 %.

Число колосков в колосе по вариантам варьировало незначительно от 8,0 до 8,8. Число зерен в колосе на опытном варианте было больше, чем на контроле на 5,1 %.

Максимальная масса зерна с одного колоса – 0,83 грамма – отмечена на варианте использованием стимулятора роста и превысила показатель в контроле на 10,7 %.

Несмотря на засуху в период налива, зерно сформировалось выполненным, а масса 1000 зерен на опытном варианте составила 39,76 грамма, что на 5,4 % выше, чем на контроле.

В целом отмечается тенденция к увеличению значений элементов структуры урожая по опытному варианту в сравнении с контролем, что, в свою очередь, повлияло на урожайность яровой пшеницы. Анализ данных таблицы 5 подтверждает достоверное превышение урожайности культуры на варианте с применением препарата Плантарел, ВР над контролем на 3,7 ц/га ($НСР_{05}$ = 3,14 ц/га).

Таблица 5 – Урожайность и показатели качества зерна яровой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Белок, %	Клейковина		Натура зерна, г/л	Стекловидность, %
			массовая доля, %	качество, ед. ИДК		
1. Контроль	24,5	12,8	24,8	80	717	52
2. Опыт	28,2	11,9	21,3	82	731	50
$НСР_{05}$	3,14					

К наиболее важным биохимическим показателям, которые характеризуют качество зерна, относят содержание белка и клейковины. По результатам исследований установлено, что содержание белка и клейковины на контроле выше данных показателей на опытном варианте на 0,9 % и на 3,5% соответственно. Данное явление можно объяснить отрицательной корреляцией урожайности и качественных показателей зерна. Невысокие показатели содержания белка и клейковины по всем вариантам также связаны с негативным влиянием засухи в июле-августе. В таких условиях в тканях растений пшеницы отмечается усиление гидролитических процессов, приводящих к увеличению содержания водорастворимых азотистых веществ.

Качество клейковины по вариантам опыта соответствовало II группе (удовлетворительная слабая) и варьировало в пределах 80-82 ед. показаний прибора ИДК.

Наибольшее значение натуры зерна отмечено на опытном варианте, составив 731 г/л, что на 14 г/л больше, чем на контроле. Показатель стекловидности зерна в опыте варьирует от 50 до 52 %.

Повышение урожайности и качества зерна отражается на экономических показателях [15, 16]. Использование стимулятора роста Плантарел, ВР способствовало росту продуктивности яровой пшеницы, что позволило увеличить выручку от реализации (табл. 6).

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства яровой пшеницы с использованием препаратов Зимошанс, КС и Плантарел, ВР

Показатели	Наименование опыта	
	Плантарел, ВР	Зимошанс, КС
Урожайность, ц/га	28,2	24,5
Норма применения, л/га	0,2	0,5
Цена за л/кг в руб.	1 500	1 050
Цена применяемого объема в руб. на 1 га	300	525
Выручка от реализации, руб. на 1 га	42300	36750
Прибыль, руб. на 1 га	42000	36225

При рыночной стоимости зерна пшеницы 15 руб./кг рост удельного дохода на опытном варианте по сравнению с контролем составил 5550 руб. Вместе с тем, препарат Плантарел, ВР дешевле фунгицида Зимошанс, КС, поэтому экономия от замены препаратов составила 225 руб. в расчете на 1 га, позволив увеличить удельный условно чистый доход на 5775 руб.

Заключение

Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования стимулятора роста с фунгицидными свойствам Плантарел, ВР в хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий. Применение данного препарата в системе защиты яровой пшеницы в условиях Рязанской области обеспечило высокую эффективность в подавлении листостебельных болезней зерновых культур, в частности бурой ржавчины и септориоза, и способствовало увеличению продуктивности растений. Использование препарата Плантарел, ВР благоприятно повлияло на продуктивную кустистость яровой пшеницы, число зерен в колосе, массу зерна с 1 колоса, натуру зерна, что в целом отразилось на урожайности культуры и, как следствие, обеспечило рост экономических показателей.

Список источников

1. Крючков, М. М. Инновационные элементы современных систем земледелия в АПК Рязанской области / М. М. Крючков, В. И. Левин, Я. В. Костин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2010. – № 3(7). – С. 8-11. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23323879

2. Кузьмин, Н.А. Энергосберегающие, адаптивные приемы и технологии выращивания полевых культур в Рязанской области Н. А. Кузьмин, И. А. Кузьмина ; Российская Федерация. Министерство сельского хозяйства, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева. - Рязань: РГАТУ им. П. А. Костычева, 2016. - 222 с. URL: http://www.cnshb.ru/cnshb/newpost/arttrn.asp?val=RUM0140039.

3. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones / V. I. Levin, L. A. Antipkina, A. S. Stupin, N. Dudin // IOP conference series: earth and environmental science : International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials , Ekaterinburg, 15–16 октября 2020 года. – Ekaterinburg: IOP Publishing, 2021. – P. 012015. – DOI 10.1088/1755-1315/699/1/012015.

4. Приёмы сохранения качества зерна пшеницы в годы массового развития листостеблевых инфекций / А.Ю. Кекало, Н.Ю. Заргарян, В.В. Немченко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - №2(46). - С. 97-101. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39130382.

5. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур. (Болезни растений) : [Рекомендации] / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации; [Подгот.: С.С. Санин и др.]. - М. : Росинформагротех, 2002. – 138 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000967248.

6. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И. Я. Поляков, М. М. Левитин, В. И. Танский; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т защиты растений. - Москва : Колос, 1995. – 207 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01001724869.

7. Development of microbiological phosphate fertilizer with fungicidal activity / S. K. Zhigletsova, I. A. Dunaitsev, L. V. Kolombet [et al.] // Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety. – 2012. – Vol. 6. – No 2. – P. 100-108. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23723287.

8. Коломбет, Л. В. Комбинация свойств микроорганизмов - новый подход к созданию биопрепаратов для растениеводства / Л. В. Коломбет, И. А. Дунайцев, С. К. Жиглецова // Бактериология. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 54-61. – DOI 10.20953/2500-1027-2016-1-54-61.

9. Assessment of soybean productivity factors under conditions of the southern part of the non-black earth zone of Russia / V. Lukyanova, V. S. Konkina, N. V. Vavilova, Y. M. Evsenkina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, 29–30 марта 2021 года. – Omsk City, 2022. – P. 012037. – DOI 10.1088/1755-1315/954/1/012037

10. Sodium Tallow Amphopolycarboxyglycinate-Stabilized Silver Nanoparticles Suppress Early and Late Blight of Solanum lycopersicum and Stimulate the Growth of Tomato Plants / O. V. Zakharova, A. A. Gusev, P. M. Zherebin [et al.] // BioNanoScience. – 2017. – Vol. 7. – No 4. – P. 692-702. – DOI 10.1007/s12668-017-0406-2.

11. New relevant descriptor of linear qnar models

for toxicity assessment of silver nanoparticles / A. Kudrinskiy, P. Zherebin, G. Lisichkin [et al.] // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10. – No 8. – P. 1-22. – DOI 10.3390/nano10081459.

12. Пыжикова, Г. В. Септориоз зерновых культур / Г. В. Пыжикова, А. А. Санин // Защита растений. – 1987. – № 6. – С. 15-16. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35571599

13. Соколов, А. А. Мониторинг развития болезней озимой пшеницы в условиях агротехнологической станции "Стенькино" / А. А. Соколов, Е. В. Хрустикова // Юбилейный Сборник научных трудов студентов, аспирантов и преподавателей агроэкологического факультета РГАТУ имени П.А. Костычева, посвященный 75-летию со дня рождения профессора В.И. Перегудова : Материалы научно-практической конференции, Рязань, 05 апреля 2013 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2013. – С. 128-133. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21230217.

14. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков : Методические рекомендации / В. И. Танский, М. М. Левитин, В. А. Павлюшин [и др.]. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2002. – 76 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23812691

15. The efficiency of grain production industry in Ryazan region / N. N. Pashkang, A. B. Martynushkin, A. G. Krasnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. – Ussurijsk, 2021. – P. 032091. – DOI 10.1088/1755-1315/937/3/032091.

16. Резервы повышения доходности в зернопроизводстве за счет применения системного фунгицида Казим, КС / Г. И. Платонов, Н. Н. Пашканг, Е. В. Меньшова, М. Ю. Пикушина // Молодежь и наука: шаг к успеху : Сборник научных статей 6-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 3-х томах, Курск, 22–23 марта 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 177-181. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48255436.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kryuchkov, M. M. Innovacionnye elementy sovremennyh sistem zemledeliya v APK Ryazanskoj oblasti / M. M. Kryuchkov, V. I. Levin, YA. V. Kostin // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2010. – № 3(7). – S. 8-11. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23323879

2. Kuz'min, N.A. Energosberegayushchie, adaptivnye priemy i tekhnologii vyrashchivaniya polevyh kul'tur v Ryazanskoj oblasti N. A. Kuz'min, I. A. Kuz'mina ; Rossijskaya Federaciya. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva, Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P. A. Kostycheva. - Ryazan': RGATU im. P. A. Kostycheva, 2016. - 222 s. URL: http://www.cnshb.ru/cnshb/newpost/arttrn.asp?val=RUM0140039.

3. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones / V. I. Levin, L. A. Antipkina, A. S. Stupin, N. Dudin // IOP conference series: earth and environmental science : International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials , Ekaterinburg, 15–16 oktyabrya 2020 goda. – Ekaterinburg: IOP Publishing, 2021. – P. 012015. – DOI 10.1088/1755-1315/699/1/012015.

4. Priyomy sohraneniya kachestva zerna pshenicy v gody massovogo razvitiya listosteblevyh infekcij / A.YU. Kekalo, N.YU. Zargaryan, V.V. Nemchenko // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2019. - №2(46). - S. 97-101. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39130382.

5. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovyh kul'tur. (Bolezni rastenij) : [Rekomendacii] / M-vo sel. hoz-va Ros. Federacii; [Podgot.: S.S. Sanin i dr.]. - M. : Rosinformagrotekh, 2002. – 138 c. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01000967248.

6. Fitosanitarnaya diagnostika v integrirovannoj zashchite rastenij / I. YA. Polyakov, M. M. Levitin, V. I. Tanskij; Ros. akad. s.-h. nauk, Vseros. nauch.-issled. in-t zashchity rastenij. - Moskva : Kolos, 1995. – 207 s. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01001724869.

7. Development of microbiological phosphate fertilizer with fungicidal activity / S. K. Zhigletsova, I. A. Dunaitsev, L. V. Kolombet [et al.] // Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety. – 2012. – Vol. 6. – No 2. – P. 100-108. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23723287.

8. Kolombet, L. V. Kombinaciya svojstv mikroorganizmov - novyj podhod k sozdaniyu biopreparatov dlya rastenievodstva / L. V. Kolombet, I. A. Dunajcev, S. K. ZHiglecova // Bakteriologiya. – 2016. – T. 1. – № 1. – S. 54-61. – DOI 10.20953/2500-1027-2016-1-54-61.

9. Assessment of soybean productivity factors under conditions of the southern part of the non-black earth zone of Russia / V. Lukyanova, V. S. Konkina, N. V. Vavilova, Y. M. Evsenkina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Omsk City, 29–30 marta 2021 goda. – Omsk City, 2022. – P. 012037. – DOI 10.1088/1755-1315/954/1/012037

10. Sodium Tallow Amphopolycarboxyglycinate-Stabilized Silver Nanoparticles Suppress Early and Late Blight of Solanum lycopersicum and Stimulate the Growth of Tomato Plants / O. V. Zakharova, A. A. Gusev, P. M. Zherebin [et al.] // BioNanoScience. – 2017. – Vol. 7. – No 4. – P. 692-702. – DOI 10.1007/s12668-017-0406-2.

11. New relevant descriptor of linear qnar models for toxicity assessment of silver nanoparticles / A. Kudrinskiy, P. Zherebin, G. Lisichkin [et al.] // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10. – No 8. – P. 1-22. – DOI 10.3390/nano10081459.

12. Pyzhikova, G. V. Septorioz zernovyh kul'tur / G. V. Pyzhikova, A. A. Sanin // Zashchita rastenij. – 1987. – № 6. – S. 15-16. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35571599

13. Sokolov, A. A. Monitoring razvitiya boleznej ozimoj pshenicy v usloviyah agrotekhnologicheskoj stancii "Sten'kino" / A. A. Sokolov, E. V. Hrustikova // YUbilejnyj Sbornik nauchnyh trudov studentov, aspirantov i prepodavatelej agroekologicheskogo fakul'teta RGATU imeni P.A. Kostycheva, posvyashchennyj 75-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.I. Peregudova : Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii, Ryazan', 05 aprelya 2013 goda. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2013. – S. 128-133. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21230217.

14. Ekologicheskij monitoring i metody sovershenstvovaniya zashchity zernovyh kul'tur ot vreditelej, boleznej i sornyakov : Metodicheskie rekomendacii / V. I. Tanskij, M. M. Levitin, V. A. Pavlyushin [i dr.]. – Sankt-Peterburg : Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij RASKHN, 2002. – 76 s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23812691

15. The efficiency of grain production industry in Ryazan region / N. N. Pashkang, A. B. Martynushkin, A. G. Krasnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 iyunya 2021 goda. – Ussurijsk, 2021. – P. 032091. – DOI 10.1088/1755-1315/937/3/032091.

16. Rezervy povysheniya dohodnosti v zernoproizvodstve za schet primeneniya sistemnogo fungicida Kazim, KS / G. I. Platonov, N. N. Pashkang, E. V. Men'shova, M. YU. Pikushina // Molodezh' i nauka: shag k uspekhu : Sbornik nauchnyh statej 6-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok molodyh uchenyh. V 3-h tomah, Kursk, 22–23 marta 2022 goda / Otv. redaktor M.S. Razumov. – Kursk: YUgo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2022. – S. 177-181. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48255436.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Лукьянова Ольга Викторовна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, ovluk74@mail.ru*

Ступин Александр Сергеевич, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии и агротехнологий, stupin32@yandex.ru*

Конкина Вера Сергеевна, *канд. экон. наук, доцент кафедры маркетинга и товароведения, konkina_v@mail.ru*

Антощина Ольга Алексеевна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, olgaantoshina@bk.ru*

Вавилова Наталья Владимировна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии общественного питания, nvavilova23@mail.ru*

Information about the authors

Lukyanova Olga V., *Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, ovluk74@mail.ru*

Sturm Alexander S., *Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, stupin32@yandex.ru*

Konkina Vera S., *Candidate of Economic Science, Associate Professor of the Department of Marketing and Merchadizing, konkina_v@mail.ru*

Antoshina Olga A., *Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, Ryolgaantoshina@bk.ru*

Vavilova Natalya V., *Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Catering Technology, nvavilova23@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 25.05.2022; одобрена после рецензирования 07.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 25.05.2022; approved after reviewing 07.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с 65- 71
VestnikRGATU, 2022, Vol.14,№2,pp 65-71

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.4
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.008

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКА ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ

Мамедова Ульвия Orcidcode: 0000-0003-4887-3831

Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Почвоведения и Агрохимии
um.mammadova@gmail.com

Аннотация.
Проблема и цель. *Основной целью работы является изучение риска ветровой эрозии каштанового почвенного покрова, эффективного для аграрного сектора. В пределах Агсуинского района исследованы возможности эрозии во всех подтипах почвы. Был оценен общий ветровой потенциал региона. Соответственно был определен годовой ветровой индекс, позволяющий выявить степень эрозии почвы на упомянутых каштановых почвах.*
Методология. *Исследование выполнено по аэрокосмическим материалам НАСА. С помощью радиолокационного (радар) метода определяли годовую влажность почвы, влажность поверхности почвы, влажность почвы в корнеобитаемой зоне, влажность корней, атмосферные осадки, количество облачности, ветровой потенциал, включая скорость, направление, температуру ветрового потока.*
Результаты. *Средняя скорость ветра определена как 2,9 м/с (86 Вт/м²) на высоте 3 м над поверхностью почвы в 10 % самых ветреных районах. Средняя влажность поверхности почвы составляет 28 % на глубине 5 см. Влажность почвенного профиля достигает 32 % от поверхности до корня. Суточные осадки составляют 63 мм на территории каштановых почв.*
Заключение. *Изученные параметры позволяют определить эрозионную опасность каштановых почв района. Влажностный баланс и почвенная структура каштановой почвы напрямую зависят от скорости ветра в горных, предгорных районах а также от испарения. Возможности агроклиматического районирования формируются в основном по ветровому и солнечному потенциалу, которые необходимо контролировать.*
Ключевые слова: *каштановая почва, дистанционное зондирование, ветровая эрозия, радиолокационная (радар) техника.*
Для цитирования: *Мамедова У. Исследование риска ветровой эрозии дистанционным зондированием на каштановых почвах // Вестник Рязанского государственного агртехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, N 2. С 65-71 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.008*

WIND EROSION RISK INVESTIGATION BY REMOTE SENSING ON CHESTNUT SOILS

Mammadova Ulviyya Orcidcode: 0000-0003-4887-3831

Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Soil science and Agrochemistry
um.mammadova@gmail.com

Abstract.
Problem and purpose.*The main goal of the work is to study wind erosion risks on chestnut soil cover which one's effective for agrarian sector. Erosion possibilities in all subtypes of the very soil type have been investigated within the borders of Agsu district. Thereforetotal wind potential was estimated for the region. Correspondingly annual wind index have been determined to reveal soil erosion level in the mention chestnut soils.*
Methodology.*The researchwas carried out on the base of aerospace materials of NASA. Radar technique was applied to determine the annual soil moisture, soil surface wetness, soil wetness in root zone, wetness of bedroot, atmospheric precipitation, cloud amount, wind potential including speed, direction, flood temperature.*
Results.*The average wind speed was determined2,9m/sec (86W/m²) at 3 m above the soil surface in 10% windest areas.Average soil surface wetness is 28% to 5 cm. Soil profile moisture reaches till 32% from surface till bedroot. Daily precipitation consists of 63 mm in the chestnut soils' territory.*
Conclusion. *The parameters which were studiedgives opportunity to define the erosion risk in chestnut soils*

© Мамедова У., 2022 г.

in the district. Moisture balance and soil structure of chestnut soildepends directly on the wind speed on the mountainous, foothills and evaporation, too. Agroclimate zoning possibilities are formed to wind and solar potential generally that's why these potentials are to be monitored.

Key words: *chestnut soil,remote sensing, wind erosion,radar technique*

For citation: *Mammadova U. Wind erosion risk investigation by remote sensing on chestnut soils. //Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. 2022; T.14(2). P 65-71 (in Russ.). https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.008*

Ведение

В последнее время основным методом исследования современного состояния почвы в любой природной ситуации является мониторинг. Для сохранения плодородия почв недостаточно изучения почвенного покрова, состояния рельефа, атмосферных явлений, антропогенных воздействий а также техногенных факторов [11,16,17,18]. Важнейшими факторами, формирующими климатические условия, являются потенциалы солнца и ветра. Процесс почвообразования зависит от обоих параметров, которые длительное время измеряются в почвенных стационарах. Из-за схожести ландшафтов могут быть использованы результаты Пиркулинской научной станции, расположенной на территории Пиркулинского государственного заповедника в Шамахе, недалеко от исследовательского района (Агсу). Агсуинский район имеет аграрные преимущества за счет богатого почвенного фонда, здесь особенно распространен светло-каштановый подвид. Каштановые почвы формируются в условиях пустынного, полупустынного климата [11,24] и отличаются слабым гумусовым слоем по сравнению с черноземом, так как чернозем в районе встречается в виде небольших полей. Несмотря на высокие аграрные характеристики, влажность этих почв меньше, других [14,16,17]. Поэтому в каштановых почвах наблюдается дефицит увлажнения, что, собственно, и создает благоприятные условия для ветровой эрозии. В основном в теплый период года (весной, летом и осенью) возникают эрозионные повреждения [10,15]. Из-за опасного эрозионного фактора снижается продуктивность почв. На основании этого, ареал распространения каштановых почв имеют большой масштаб в общем почвенном банке Азербайджанской Республики. В некоторых научных источниках этот тип почв называют серобурыми.

Территория этих исследований (Агсуинский район) расположена наполовину в среднегорной, наполовину в предгорной зоне, в пределах координат 40.565396°-48.316891°. В Агсуинском районе с высокогорья в низменность течет много горных рек. Богатейшие ресурсы поверхностных и подземных вод [7,9,12,13] обуславливают необходимость развития аграрного сектора. В районе исследований преобладают ветры Фена. По природе этот тип ветра состоит из теплого воздуха, имеющего высокую температуру, что вызывает уничтожение зеленых трав на высокогорье и холмах. Микроклиматические условия района меняются в зависимости от геобиоценозов и географического положения (рельеф и т. д.). Здесь существуют исторические и полезащитные леса, которые регулируют атмосферные явления и формирование местного климата.

В условиях Азербайджана каштановые почвы распространены в предгорьях, низкогорных районах [3]. Каштановые почвы встречаются на Большом и Малом Кавказе, а также в низменностях Карабаха, Гянджа-Газахского края, Гобустанского района, Нахчыванской Автономной Республики [3,4].

Сами почвы имеют специфические гранулометрические характеристики.Обычно количество гумуса в почве составляет минимум 2 %, максимум 5 % [19,21,23]. В темных типах показатель гумуса, как правило, больше, он изменяется между 3,5 % и 5 %. Но в обыкновенной каштановой почве это значение меньше, чем в других, иногда на 3 % или 4 % [20,22]. Естественно, гумуса меньше всего, например, в светло-каштановой почве, около 2-3 % [3,8,14]. Подтипы почв, как правило, ненасыщены основаниями. Почвенный профиль полностью карбонатный, реакция среды в этой почве щелочная [19,23].

В районе распространения каштановых почв преобладает сухой полупустынный климат.

Соответственно в этих климатических условиях осадков меньше, а температура относительно выше. Из-за более высокой температуры процесс минерализации органических веществ происходит быстро. В горных зонах значения солнечных излучений (альбедо, рассеянное, прямое) больше и при этом существует дисбаланс между поглощением и отражением тепла. Каштановый тип почв распространен на территории голых предгорий, где поглощение солнечных лучей происходит легко. Ветровой потенциал этих территорий больше, чем запас солнечной энергии. Оба потенциала прямо пропорциональны. Исчезновение влаги в почве является реальным фактом начала эрозии почвы, вызванной местными климатическими условиями. Оценка ветрового потенциала может дать нам возможность своевременно реализовать новые и эффективные способы защиты почв от эрозии. С этой целью ветровой потенциал района исследований длительное время изучался дистанционным методом. По материалам ГИС и аэрокосмических материалов изучались не только ветровые индексы, но и почвенные параметры территории, включая влажность, сырость, температуры, количество осадков.

Материалы и методы исследования

Как современный метод, в исследованиях использовалось дистанционное зондирование и его широко известная радарная техника, аэрокосмические ГИС материалы нескольких агентств. На основании этого можно сказать, что для знания

атмосферных явлений большое значение имеет изучение параметров почв дистанционными методами, так как в любой координате территории эти показатели можно получить в любое время и сезон года, чтобы наблюдать и оценивать реальную ситуацию. Иногда некоторые параметры необходимо измерять с поверхности на любой высоте, конечно же, это зависит от цели исследования. В этом случае традиционные методы и способы не могут помочь исследователю [6,9]. На высоте трех метров над поверхностью земли измерения возможны, но на высоте 10 или 50 м их трудно реализовать, потому что температура ветрового потока измеряется на основе движущегося огромного воздушного потока на высоте не менее 10 м. Радарная система охватывает точную крупномасштабную область на заданной начальной высоте. Радарным методом весь район контролируется в течение длительного времени путем измерения параметров ветра. Ветровые спутники беспрерывно круглый год выдают необходимые параметры. Все значения параметров ветра и почвы анализируются Аналитическим Центром НАСА [5] после многолетних измерений. Некоторые параметры почвы определяются ежедневно, например, влажность профиля почвы. Среднее значение профиля каштановых почв колеблется в пределах 16-32 %, особенно в темном подтипе. Максимальное значение [5] показано графически ниже на рисунке 1.

Рис. 1 – Максимальное значение влажности почвенного профиля в процентах
(Maximum moisture content of the soil profile in percent)

Как видно из рисунка 1, в течение 30 дней наибольший показатель достигает 32 %, а минимальный начинается с 16 % (иногда исходный показатель начинается с 12 % за счет атмосферных осадков). Весной и осенью выпадают много осадков, что увеличивает влажность почвенного профиля.

В основном профильная влажность создается дождевой и снегопадной и полуледниковой водой. При изучении ветровой эрозии необходимо учитывать взаимосвязь между влажностью почвы и эрозией почвы. Сухая почва легко сдувается ветром. Если в районе преобладает сухопустынный, полупустынный тип климата, динамика осадков нарушается. С учетом нарушения баланса влажности должны быть разработаны профилактические мероприятия.

Поэтому необходимо проведение долгосрочного мониторинга увлажненности почв, чтобы оценить ситуацию.

Спрогнозированы годовые атмосферные осадки с 2017 г. и приведена кривая зависимости [1] на рисунке 2.

Рис. 2 – Распределение дождя по месяцам в Агсу
(The distribution of rain by months in Agsu)

Как видно из приведенного графика, атмосферные осадки представлены в виде дождя в зависимости от месяца года. Максимальное значение наблюдается в апреле – 16 % (весной), минимальное – в августе – 5 % (в конце лета). Соответственно средний процент достигает около 7,5 % по району. Движение воздушного потока напрямую влияет на состояние местного климата, что происходит из-за западных ветров, дующих на территории Агсу. Обильное испарение в дневное время порождает большие облака, затем идут дожди, особенно по ночам или вечерам в теплое время года. Недостаток осадков в отдельные месяцы приводит к засухе каштановой почвы. Влажность почвы является основным фактором продуктивности в аграрном секторе. Голые предгорья обращены к сильным солнечным лучам и ветрам, что приводит к наибольшему испарению. После многолетних аэрокосмических наблюдений в течение года по каждому месяцу было определено, когда погода душная, влажная или комфортная. Соответственно влажностное состояние почв показано на рис. 3.

Отслеживание маршрута ветрового потока с помощью радарной техники и дистанционного зондирования дает возможность заранее обсудить прогноз погоды и количество осадков в период посева и выращивания. Местный водный бассейн, включающий горные реки и озера, а также ветровой потенциал обеспечивают равномерное распределение осадков [1] по всей территории района.

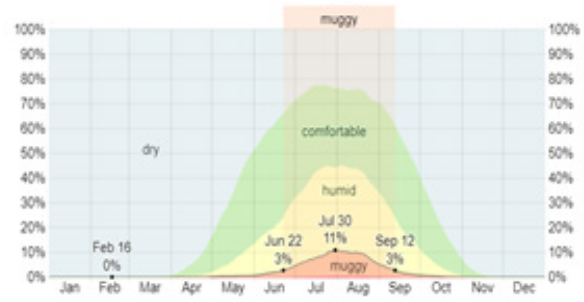


Рис. 3 – Ступени влажности погоды в Агсу
(Weather humidity levels in Agsu)

На рисунке 3 показано, что уровень влажности достигает почти 50 %, что означает комфортную ситуацию на 80 %, а уровень влажности составляет максимум 11%. Различное изменение уровня влажности наблюдается в теплое время года, особенно в апреле и ноябре.

Значения в соседних регионах сравнивались с показателями в исследуемых районах. Большая часть территории представляет собой высокогорье с суровой зимой. Поэтому количество снегопадов в исследуемом объекте велико. Но по сравнению с соседними регионами разница очевидна. В качестве примера сравнение среднего количества снегопадов [2] в обоих регионах показано ниже на графике (рис. 4).

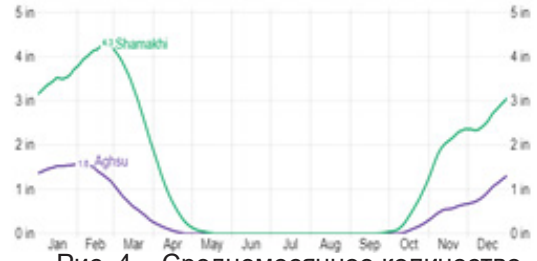


Рис. 4 – Среднемесячное количество снегопадов
В Агсу по сравнению с Шамахи
(Average monthly snowfall in Agsu compared to Shamakhi)

На графике 4 показано, что максимальный снежный покров наблюдается в Шамахе – 4,3 дюйма, это означает 11 см. Но это значение в Агсу меньше, чем в соседнем районе – около 1,6 дюйма, что означает 4 см. Кривая зависимости увеличивается в конце октября, и снижается в конце апреля. На графиках (рис. 5) представлены годовые снегопады зимой в Агсуинском [1,2] и Шамахинском районах.

Рис. 5 – Среднее сравнительное месячное количество
снегопадов в Агсу и Шамахе зимой
(Average comparative monthly snowfall in Agsu and Shamakhi in winter)

Как видно из зависимости на рисунке 5, существует очевидная разница между количеством снегопадов в обоих регионах. Пиковый индекс в Агсу наблюдается между январем и февралем.

А самые высокие показатели встречаются в Шамахе с февраля по март. При этом сравнительный ветровой потенциал обоих регионов и его влияние на продуктивность каштановых почв выявлены по аэрокосмическим материалам и приведены также на следующем рисунке 6. Влажность почв напрямую зависит от климатических факторов, включая атмосферные осадки, ветровой и солнечный потенциалы. С 2021 года исследуется влияние ветрового потенциала исследуемой территории на каштановые почвы.

Принимая во внимание все атмосферные осадки, видно, что ветровая эрозия больше, чем водяная. Поверхностные стоки сами по себе создают экологические проблемы в почвенном покрове. Особенно почвы обезлесенных территорий подвержены эрозии. Через несколько лет структура почв деформируется ветровым воздействием в предгорьях.

Даже каштановые почвы со временем могут менять цвет на светлый. На крутых склонах выше риск эрозии почвы, а в предгорьях распространен каштановый почвенный покров, подверженный эрозии. Ослабление почвенного слоя из года в год осуществляется местными ветрами.

Поэтому, безусловно, ветровой потенциал [1,2] изучаемой территории необходимо давать в сравнении с соседними районами. Следующий рисунок сам по себе объясняет этот факт.

Как правило, в аппаратуре международных систем ДЗЗ используются совершенно другие системы единиц. На графике указано, что максимальный средний показатель для Шамахи составляет 6,6 метра в час, а для Агсу 5,5 метра в час. Существует небольшая разница между ветровым потенциалом обоих районов.

Несмотря на различия в расположении районов, опасность ветровой эрозии одинакова. Поэтому ветровая эрозия на каштановых почвах существует и изучение этого явления актуально.

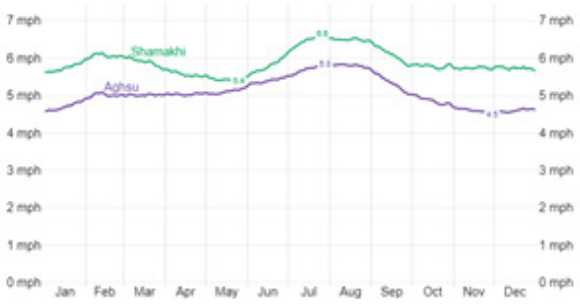


Рис. 6 – Сравнительная средняя скорость ветра в Агсу и Шамахе
(Comparative average wind speed in Agsu and Shamakhi)

Результаты исследованийи их обсуждение

Район исследований расположен в южной части Большого Кавказа. С севера и северо-востока район окружен горными массивами Ниялдаг, Хингар и Лангабиз.

Район в основном расположен на горных цепях Хингар. Основной почвенный покров района составляют карбонатные горно-лесные, горно-серо-бурые или каштановые почвы, имеющие большие преимущества в аграрном секторе.

Ареал распространения каштановых почв в основном охватывает как равнинную, так и высокогорную зоны. Встречаются в основном светло-каштановые, серые и серые луговые почвы. Здесь

потенциала солнечной и ветровой энергии хватает и для аграрного сектора, и для сектора возобновляемых источников энергии. Действительно, богатейший ветровой потенциал представляет реальную угрозу эрозии почвы.

По сравнению с соседними районами в Агсуинском районе с пустынным и полупустынным климатом испарение выше, что делает ситуацию опасной для всех каштановых почв.

После многолетних исследований основной состав каштановых почв был определен на основании лабораторных анализов.

Разрез почвы выполнен на несколько глубин, в том числе от 20 см до 150 см на территории района. Результаты анализов представлены ниже в таблице.

Таблица 1 – Анализ результатов разрезов каштановых почв в районе исследований
(Analysis of the results of sections of chestnut soils in the study area)

Место раздела		Глубина, см	Гумус %	Азот %	C/N	$CaCO_3$ %
	I	II	III	IV	V	VI
Темно-каштановая почва						
Агсу	Высокая часть	0-20	4,27	0,27	8,6	0,62
		20-37	2,65	0,15	9	1,42
		37-78	1,34	1,14	5,4	11,31
		78-103	0,54	-	-	11,59
	Обыкновенная каштановая почва					
	Средняя часть	0-28	2,52	0,22	6,7	5,74
		28-45	2,42	0,19	7,5	16,26
		45-79	0,75	-	-	38,02
		79-120	0,59	-	-	14,75
		120-152	0,32	-	-	8,42
	Светло-каштановая почва					
	Низменная часть	0-20	1,81	0,14	7,1	13,62
		20-32	1,74	0,14	7,2	16,72
		32-56	1,47	0,12	7,0	19,05
		56-77	1,11	0,09	7,1	18,83
		77-108	0,91	0,07	7,4	20,32
		108-137	-	-	-	21,12

Как видно из таблицы 1, основной состав почвы различается в зависимости от высоты и особенностей подтипа почвы.Таблица поясняет ситуацию в неэрозионной почве. Но длительный процесс дистанционного зондирования и традиционные исследования дают возможность определить стадии ветровой эрозии в трех подтипах почв. В ходе исследований были получены следующие результаты:

- 30 % – ветровая эрозия в темно-каштановом подтипе;
- 24 % – ветровая эрозия в обыкновенном каштановом подвиде;
- 17 % – ветровая эрозия в светло-каштановом подтипе;
- 2,9 м/с – средняя скорость ветра (86 Вт/м²) на высоте 3 м в 10 % самых ветреных районов;
- средняя влажность поверхности почвы составляет 28 % на глубине 5 см;
- влажность почвенного профиля достигает 32 % от поверхности до корня;
- суточные осадки составляют 63 мм на территории каштановых почв.

Наиболее опасное ветровое влияние встречается в высокогорной части. Таким образом, воздействие ветрового потенциала на почвенный покров выше и, соответственно, это тоже зависит от склона горы.

Заключение

Район исследований находится в горной зоне с постоянными фионовыми ветрами. Несмотря на более плотную структуру каштановых почв по сравнению с черноземами, в них постоянно происходит ветровая эрозия. Важно своевременно провести необходимые мероприятия, чтобы сохранить каштановую почву для аграрного сектора.

Список источников

1. Алексеева , Т.В. Биохимические процессы преобразования глин в ходе фоссилизации цианобактериями Microcoleuschthonoplastes/ Алексеева Т.В., Сапова Е.В., Алексеев А.О., Герасименко Л.М. // Тезисы докладов Международной конференции «Глины и глинистые минералы», Пущино, Россия, 26 – 30 июня 2006 г. С.114. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

2. Ахтырцев, Б.П. Сравнительная характеристика серых лесных почв Северо-западного Кавказа и Среднерусской возвышенности/ Ахтырцев Б.П., Вальков В.Ф.// Почвоведение.– 1975.– № 2.–с. 5-14 URL:https://www.elibrary.ru/item.

asp?id=29104649

3. Барбер, С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве./ Барбер, С.А. «Агропромиздат», М., 1988, –376 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

4. Бреус, И.П. Сорбция углеводородов черноземом выщелоченным./ Бреус И.П., Мищенко А.А., Неклюдов С.А., Бреус В.А., Горбачук В.В. // Почвоведение .–2003 –№ 3 –с. 317-327-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

5. Бызова, Е.В. Аморфные и слабоокристаллизованные компоненты тонких фракций почв юга Дальнего Востока./ Бызова Е.В., Соколова Т.А., Синани Т.И. // Почвоведение.– 1989.– № 8 – с. 72-84-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

6. Васильев, Н.Г. Химия поверхности кислых форм природных слоистых силикатов./ Васильев Н.Г., Овчаренко Ф.Д // Успехи химии, 1977, т.XLYI, вып.8, стр. 1488-1511-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

7. Васильев Н.Г. Химия поверхности кислых форм природных слоистых силикатов / Васильев Н.Г., Овчаренко Ф.Д. // Успехи химии. –1977. –Т. XLYI.–вып. 8. –С. 1488 – 1511. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

8. Васильконов, Е.С. Взаимодействие нафталина и нафтола с органической матрицей почвы./ Васильконов Е.С., Завгородняя Ю.А., Демин В.В., Трофимов С.Я. // Вестник МГУ Серия 17 Почвоведение.– 2008 –№1 -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

9. Водяницкий, Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа. М., 2003г, – 238 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

10. Водяницкий, Ю.Н., Добровольский В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. М., 1998, – 217 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

11. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв. /Л.А. Воробьева.-М.: МГУ, 1998, –272 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

12. Воронин А.Д. Основы физики почв. Изд. МГУ, М., 1986, –245 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

13. Исследование экологической эффективности ветроэнергетики с помощью дистанционного зондирования в Шемахинском районе (Азербайджан). Мамедова У.Ф.// Журнал экологических исследований Асуанского университета (AUJES). 2022 г.; 3(1). стр. 1-8 (на англ.)

14. К вопросу об исследованиях по хранению картофеля / С. Н. Борычев, А. Ф. Владимиров, Д. В. Колошеин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. - 2019. - № 2. - С. 129-134. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403

15. Кауричев, И.С. О содержании низкомолекулярных органических кислот в составе водорастворимого органического вещества почв / . Кауричев И.С., Иванова Т.Н., Ноздрунова Е.М. // Почвоведение–1963 –N3.–URL: https://soil.msu.ru/himia-issledovania/literatura/1887-spisok-literatury-po-voprosam-mineralogii-pochv-i-po-nekotorym-voprosam-khimii-pochv

16. Колошеин, Д. В. Испытание трехгранного воздуховода в картофелехранилище / Д. В. Колошеин // Сельский механизатор. - 2016. - № 11. –URL: https://soil.msu.ru/himia-issledovania/literatura/1887-spisok-literatury-po-voprosam-mineralogii-pochv-i-po-nekotorym-voprosam-khimii-pochv

17. Макеев, А.О. Выветривание силикатов как источник минерального питания растений (на примере почв с текстурно-дифференцированным профилем Коми АССР). / Макеев А.О., Беркгаут В.В. //Почвоведение. –1989.– №2. –с. 35-44 -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

18. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации./Д.С. Орлов - М.: Изд. МГУ., 1990, –323 стр. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

19. Орлов, Д.С. Химия почв/Д.С. Орлов. –М.: Изд. МГУ,1992, –400 с. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

References

1. Alekseeva , T.V. Biohimicheskie processy preobrazovaniya glin v hode fossilizacii cianobakteriyami Microcoleuschthonoplastes/ Alekseeva T.V., Sapova E.V., Alekseev A.O., Gerasimenko L.M. // Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii «Gliny i glinistye mineraly», Pushchino, Rossiya, 26 – 30 iyunya 2006 g. S.114. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

2. Ahtyrcev, B.P. Sravnitel'naya harakteristika seryh lesnyh pochv Severo-zapadnogo Kavkaza i Srednerusskoj vozvyshennosti/ Ahtyrcev B.P., Val'kov V.F.// Pochvovedenie.– 1975.– № 2.–s. 5-14 URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

3. Barber, S.A. Biologicheskaya dostupnost' pitatel'nyh veshchestv v pochve./ Barber, S.A. «Agropromizdat», M., 1988, –376 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

4. Breus, I.P. Sorbciya uglevodorodov chernozemom vyshchelochennym./ Breus I.P., Mishchenko A.A., Neklyudov S.A., Breus V.A., Gorbachuk V.V. // Pochvovedenie .–2003 –№ 3 –s. 317-327-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

5. Byzova, E.V. Amorfnye i slabookristallizovannye komponenty tonkih frakcij pochv yuga Dal'nego Vostoka./ Byzova E.V., Sokolova T.A., Sinani T.I. // Pochvovedenie.– 1989.– № 8 – s. 72-84-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

6. Vasil'ev, N.G. Himiya poverhnosti kislyh form prirodnyh sloistyh silikatov./ Vasil'ev N.G., Ovcharenko F.D // Uspekhi himii, 1977, t.XLYI, vyp.8, str. 1488-1511-URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

7. Vasil'ev N.G. Himiya poverhnosti kislyh form prirodnyh sloistyh silikatov / Vasil'ev N.G., Ovcharenko F.D. // Uspekhi himii. –1977. –T. XLYI.–vyp. 8. –S. 1488 – 1511. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

8. Vasil'konov, E.S.Vzaimodejstvie naftalina i naftola s organicheskoj matricej pochvy./ Vasil'konov E.S.,

Zavgorodnyaya YU.A., Demin V.V., Trofimov S.YA. // Vestnik MGU Seriya 17 Pochvovedenie.– 2008 –№1 -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

9. Vodyanickij , YU.N. Himiya i mineralogiya pochvennogo zheleza. M., 2003g, – 238 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

10. Vodyanickij, YU.N., Dobrovol'skij V.V. ZHelezistye mineraly i tyazhelye metally v pochvah. M., 1998, – 217 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

11. Vorob'eva, L.A. Himicheskij analiz pochv. /L.A. Vorob'eva.-M.: MGU, 1998, –272 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

12. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv. Izd. MGU, M., 1986, –245 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

13. Issledovanie ekologicheskoj effektivnosti vetroenergetiki s pomoshch'yu distancionnogo zondirovaniya v SHemahinskom rajone (Azerbajdzhan). Mamedova U.F.// ZHurnal ekologicheskih issledovanij Asuanskogo universiteta (AUJES). 2022 g.; 3(1). str. 1-8 (na angl.)

14. K voprosu ob issledovaniyah po hraneniyu kartofelya / S. N. Borychev, A. F. Vladimirov, D. V. Koloshein [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. - 2019. - № 2. - S. 129-134. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38230403

15. Kaurichev, I.S. O soderzhanii nizkomolekulyarnyh organicheskih kislot v sostave vodorastvorimogo organicheskogo veshchestva pochv / . Kaurichev I.S., Ivanova T.N., Nozdrunova E.M. // Pochvovedenie–1963 –N3.–URL: https://soil.msu.ru/himia-issledovania/literatura/1887-spisok-literatury-po-voprosam-mineralogii-pochv-i-po-nekotorym-voprosam-khimii-pochv

16. Koloshein, D. V. Ispytanie trekhgrannogo vozduhovoda v kartofelekhranilishche / D. V. Koloshein // Sel'skij mekhanizator. - 2016. - № 11. –URL: https://soil.msu.ru/himia-issledovania/literatura/1887-spisok-literatury-po-voprosam-mineralogii-pochv-i-po-nekotorym-voprosam-khimii-pochv

17. Makeev, A.O. Vyvetrivanie silikatov kak istochnik mineral'nogo pitaniya rastenij (na primere pochv s teksturno-differencirovannym profilem Komi ASSR). / Makeev A.O., Berkgaut V.V. //Pochvovedenie. –1989.– №2. –s. 35-44 -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

18. Orlov, D.S. Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikacii./D.S. Orlov - M.: Izd. MGU., 1990, –323 str. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

19. Orlov, D.S. Himiya pochv/D.S. Orlov. –M.: Izd. MGU,1992, –400 s. -URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29104649

Информация об авторе

Мамедова Ульвия Фикретовна, *д-р философии по биологическим наукам, ст. научн. сотрудник лаборатории «Экология почвы», Институт Почвоведения и Агрохимии, Национальная Академия Наук Азербайджана. um.mammadova@gmail.com*

Information about the author

Mamedova Ulviyya F., *PhD on biological sciences, senior researcher of «Soil ecology» laboratory at the Institute of Soilscience and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, um.mammadova@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 24.04.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 24.04.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с.72-79
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 72-79

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.009

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МАТОЧНОМ МОЛОЧКЕ, ПОЛУЧЕННОМ ОТ РАЗНЫХ ПОРОД ПЧЕЛ

Лариса Анатольевна Репьева[1] ✉, Елена Петровна Лапынина[2]

[1,2] Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства»,г. Рыбное, Россия
[1] repeva72@bk.ru
[2] elena.p56@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью настоящего исследования является изучение отдельных макро- и микроэлементов (магния, калия, меди и цинка), а также тяжелых металлов (свинца и кадмия) в составе маточного молочка, собранного от медоносных пчел разной видовой принадлежности.*
Методология. *Для проведения исследования использовали образцы маточного молочка, собранные от пчел разной видовой принадлежности. Молочко было заготовлено на пасеках Рязанской области и Краснодарского края. Заготовленные образцы были помещены в морозильную камеру при температуре минус 18° С. Затем определяли содержание некоторых макро- и микроэлементов, а также тяжелых металлов в образцах от разных пород медоносных пчел согласно ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод. Определение токсичных элементов». Исследования проводили в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства».*
Результаты исследования. *Результаты настоящего исследования показали, что все четыре представленных образца содержат минеральные элементы (магний, калий, медь и цинк). Содержание тяжелых металлов – в пределах допустимых норм безопасности (свинец) или отсутствует (кадмий).*
Заключение. *Было установлено, что максимальное содержание магния (308,98 мг/кг) и меди (5,62 мг/кг) принадлежит образцу маточного молочка, отобранного от пчел Карпатской (Apis mellifera carpatica) породы; наибольшее содержание калия (1587,80 мг/кг) – в образце маточного молочка от Карники австрийской (Apis mellifera Austria Karnika) и максимальное содержание цинка (61,74 мг/кг) – в образце от Внутрипородного типа среднерусской породы «Приокский». Из этого следует, что порода пчел, наряду с другими паратипическими факторами, влияет на содержание минеральных элементов в маточном молочке. Маточное молочко может использоваться в качестве источника, восполняющего дефицит макро- и микроэлементов. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами требует проверки качества маточного молочка на его безопасность.*

Ключевые слова: *маточное молочко, минеральные элементы, макроэлементы, микроэлементы, порода пчел.*

Для цитирования: *Репьева Л. А., Лапынина Е. П. Содержание макро- и микроэлементов в маточном молочке, полученном от разных пород пчел // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №2. С 72-79 https://doi/org/10.36508/RSATU.2022.54.2.009*

Original article

THE CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN ROYAL JELLY OBTAINED FROM DIFFERENT BREEDS OF BEES

Larisa A. Repieva[1] ✉, Elena P. Lapynina[2]

[1,2] Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Beekeeping Research Centre", Rybnoye, Russia

[1] repeva72@bk.ru
[2] elena.p56@yandex.ru

© Репьева Л. А., Лапынина Е. П., 2022 г.

Annotation.
The problem and the goal. *The purpose of this study is to study individual macro- and microelements (magnesium, potassium, copper and zinc), as well as heavy metals (lead and cadmium) in the composition of royal jelly collected from honey bees of different species.*
Methodology. *To conduct the study, royal jelly samples collected from bees of different species were used. The milk was harvested in the apiaries of the Ryazan region and the Krasnodar Territory. The prepared samples were placed in a freezer at a temperature of minus 18 ° C. Then the content of some macro- and microelements, as well as heavy metals in royal jelly samples from different breeds of honey bees was determined according to GOST 30178-96 "Raw materials and food products. Atomic absorption method. Determination of toxic elements". The research was carried out in the laboratory of the FSBI "FNC of Beekeeping".*
The results of the study. *The results of this study showed that all four samples presented contain mineral elements (magnesium, potassium, copper and zinc). The content of heavy metals is within acceptable safety standards (lead) or absent (cadmium).*
Conclusion. *It was found that the maximum value of magnesium (308.98 mg /kg) and copper (5.62 mg /kg) belongs to the royal jelly sample selected from the Carpathian bees (Apis mellifera carpatica) breed, the highest potassium content (1587.80 mg/kg) in the royal jelly sample from the Austrian Carnica (Apis mellifera Austria Karnika) and the maximum the value of zinc (61.74 mg/kg) in the sample from the Intrabreed type of the Central Russian breed "Prioksky". It follows from this that the breed of bees, along with other paratypical factors, affects the content of mineral elements in royal jelly. Royal jelly can be used as a source of replenishing the deficiency of macro- and microelements. Environmental pollution by heavy metals, requires checking the quality of royal jelly for its safety.*

Key words: *royal jelly, mineral elements, macronutrients, trace elements, bee breed*
For citation: *Repyeva L. A., Lapynina E. P. The content of macro- and microelements in royal jelly obtained from different breeds of bees // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. Vol.14, No.2. P.72-(in Russ.).https://doi/org/10.36508/RSATU.2022.54.2.009*

Введение

Недостаток или избыток концентрации минеральных веществ (макро- и микроэлементов) в окружающей среде, соотношение и формы их соединений одинаково влияют на развитие живых организмов. В последние годы ученые все чаще в своих исследованиях наблюдают влияние на здоровье человека таких факторов, как недостаток минеральных элементов в окружающей среде, загрязнение и накопление в ней тяжелых металлов [1,2,3]. Одним из перспективных направлений в современной науке, позволяющих решить вопросы причин и развития заболеваний у людей и животных, является выявление и определение изменений содержания макро- и микроэлементов. Важным и обязательным условием нормального функционирования организма является стабильное равновесие его химического состава. Экологические, климатогеографические и профессиональные факторы могут влиять на изменение содержания химических элементов в организме человека. Это может привести к негативным последствиям в состоянии здоровья. Минеральные вещества, необходимые человеку и животным, состоят почти из всех элементов, входящих в периодическую систему Д.И. Менделеева [4]. Их нехватка или избыток в рационе питания может нарушать нормальную жизнедеятельность организма, его способность к адаптации. Адаптация сопровождается изменениями в обмене веществ и биогенных элементов, входящих в состав всех живых организмов. Отсюда может возникнуть дисбаланс содержания макро- и микроэлементов и, как следствие, повышенная потребность в них. Дефицит микро- и макроэлементов может привести к усилению отрицательного воздействия токсичных элементов (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, никель), которые в результате деятельности промышленности и сельского хозяйства стали повсеместными загрязнителями окружающей среды [5,6,7].

Поэтому проблема коррекции минеральных элементов в живом организме является актуальной. Впервые о влиянии макро- и микроэлементов на нормальную жизнедеятельность живого организма, его биологические процессы указал академик В.И. Вернадский. Согласно его учению, поступление химических элементов происходит в системе почва-растения-животные-человек [8]. Минеральные элементы должны содержаться в организме в оптимальном количестве. Дисбаланс любого элемента приводит к снижению сопротивляемости организма к воздействию различных неблагоприятных факторов, нарушению иммунологической и антиоксидантной активности, снижению качества жизни. В организме человека микро- и макроэлементы распределяются избирательно, их концентрация в органах и крови меняется постоянно, они поступают из продуктов питания и воды. Продукты пчеловодства, благодаря своему сложному химическому составу, могут выступать в качестве поставщика микро- и макроэлементов. Одним из таких продуктов является маточное молочко, которое содержит в себе сложный комплекс химических веществ: белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ [9,10].

Примерно 3 % от общего числа соединений приходится на минералы. Минеральный состав маточного молочка отличается разнообразием и представлен макроэлементами – это калий, кальций, магний, натрий, и микроэлементами – медь, железо, цинк и марганец. В минеральный состав маточного молочка также входят золото, кобальт, никель, серебро, сера, хром, но их доля незначительна. Разнообразный состав минеральных элементов в маточном молочке значительно уве-

личивает его ценность. Молекулы минеральных соединений воздействуют на активацию всех витаминов и ферментов в организме и участвуют во многих жизненно важных процессах. Благодаря легкой усвояемости и отсутствию побочных действий маточное молочко не требует больших затрат организма на их переработку [11].

В своем исследовании мы изучили концентрации нескольких макро- и микроэлементов, входящих в состав маточного молочка, таких как магний, калий, медь, цинк, а также свинец и кадмий, относящиеся к токсичным загрязнителям в количествах, превышающих их норму.

По своему воздействию на живой организм минеральные элементы подразделяются на эссенциальные (необходимые), индифферентные и опасные [12].

Магний – Mg – незаменим для белкового, углеводного и жирового обмена веществ, для сохранения нормальной функции нервной и сердечно-сосудистой системы, влияет на рост, гибкость и прочность костной ткани, входит в химический состав внутриклеточной жидкости, воздействует на фосфатазу плазмы и костей. Магний входит в состав кофактора около сотни ферментов, регулирует проницаемость биологических мембран [13].

Калий – К – регулирует обмен воды в клетках организма, регулирует кислотно-щелочной баланс, необходим при синтезе белков и гликогена. Калий обеспечивает проведение нервных импульсов, участвует в регулировании работы миокарда и других мышечных тканей. Недостаток калия в организме человека может привести к обезвоживанию, нарушениям в работе сердца (аритмии), в функционировании мышц (паралич).

Медь – Cu – участвует в синтезе белков, влияет на процессы кроветворения и дыхания. Участвует в транспортировке нервных импульсов, помогает усвоению железа в организме. Оказывает влияние на процессы выработки коллагена и пигментации кожи, входит в состав большого количества ферментов. Дефицит этого элемента у животных и человека приводит к снижению гемоглобина, дерматозу, анемии [14,15,16].

Цинк – Zn – один из самых распространенных, жизненно важных микроэлементов организма (после железа). Отвечает за синтез белка и нуклеиновых кислот, участвует в поддержании репродуктивной функции организма, регулирует синтез стероидных, тиреоидных и других гормонов, связанных с процессами регуляции экспрессии генов. Недостаток цинка в организме приводит к нарушению функции иммунной системы, углеводного обмена, аллергии, поражению кожи и т.д. [17].

Для развития живых организмов важна оптимальная концентрация минеральных элементов в окружающей среде, их состав, соотношение и формы соединения. Недостаток или избыток микро- и макроэлементов одинаково вредно сказывается на развитии организмов, вызывая различные заболевания растений, животных и человека. Минеральные вещества, которые не относятся к жизненно необходимым и оказывают отрицательное воздействие на экологическую структуру окружающей среды и живого организма даже в небольших дозах, относятся к токсичным. Токсичные элементы являются основными факторами, влияющими на загрязнение окружающей среды. К группе токсичных элементов принадлежат: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк.

Свинец – Pb – накапливается в организме человека на протяжении всей жизни. Он поражает органы кроветворения и нервной системы, нарушает процессы обмена в железах внутренней секреции, поражает желудочно - кишечный тракт.

Кадмий – Cd – поступает в организм с продуктами питания, вдыхаемым воздухом. Свое токсическое воздействие оказывает на дыхательные пути, печень, почки, негативно воздействует на центральную нервную систему, нарушает фосфорно-кальциевый обмен [18].

Степень накопления токсичных элементов в маточном молочке выступает как один из интегральных показателей антропогенной нагрузки на экологию окружающей среды и используется в апимониторинге.

Минеральный состав маточного молочка во многом определяется природно-климатическими, географическими, антропогенными факторами, природным происхождением медоносных пчел. Исследования макро- и микроэлементов в составе маточного молочка носит фундаментальное научное значение, так как маточное молочко является одним из компонентов пищевой цепи медоносных пчел и в своем химическом составе отражает биогеохимические особенности территории медосбора [19].

Цель исследования – изучение элементного состава макро- и микроэлементов (Mg, K, Cu, Zn), а также тяжелых металлов (Pb, Cd) в образцах маточного молочка, представленных от разных пород пчел.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования послужили образцы маточного молочка, отобранные от пчел разной видовой принадлежности: внутрипородный тип среднерусской породы "Приокский», Австрийская Карника (Apis mellifera Austria Karnika), Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb), Карпатская (Apis mellifera carpatica). Свежие образцы были заготовлены на пасеках Рязанской области и Краснодарского края в весенне-летний период 2021 года. Отбор образцов нативного маточного молочка из маточников проводился через 72 часа после прививки личинок. Свежесобранные образцы нативного маточного молочка в течение двух часов переносили специальным шпателем в емкости из темного стекла, предварительно обработанные спиртом, плотно укупоривали крышками, затем образцы помещали на хранение в морозильную камеру при температуре минус 18° С. При неправильном хранении маточное молочко очень быстро теряет свои ценные биохимические качества. Испытание образцов маточного молочка проводились в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». Все четыре образца маточного образца прошли исследования

по физико-химическим показателям согласно ГОСТ 28888-17 «Молочко маточное пчелиное».

Для определения уровней содержания магния, калия, меди, цинка, свинца и кадмия в образцах маточного молочка был применен метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием спектрофотометра Spectr AA 220FS. Содержание минеральных элементов определяли в соответствии с методикой ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод. Определение токсичных элементов». В практике элементного анализа продуктов пчеловодства этот метод широко распространен из-за высокой чувствительности, воспроизводимости, быстроте проведения анализа. Данный метод дает возможность определить содержание минеральных элементов с наибольшей точностью даже в очень низких концентрациях.

Метод основан на минерализации продукта способом мокрого озоления (в растворе азотной кислоты в открытой посуде) и определении концентрации элемента в растворе минерализата. Аналитическое определение элементного состава в маточном молочке проводили в двух повторностях, за окончательный результат принимали среднее арифметическое значение двух параллельных измерений. Единица измерения полученных значений – мг/кг.

Результаты и их обсуждение

Результаты испытаний показали высокие концентрации содержания макро- и микроэлементов в образцах маточного молочка, отобранного от пчел разного ботанического происхождения.

Содержание макроэлементов магния и калия в маточном молочке представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание магния и калия в маточном молочке

№ п/п	Порода пчел	Наименование элемента	
		Mg (мг/кг)	K(мг/кг)
1	Внутрипородный тип среднерусской породы «Приокский»	197,74	1341,35
2	Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika)	291,73	1587,80
3	Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb),	260,64	1538,51
4	Карпатская (Apis mellifera carpatica).	308,98	1569,76
	M ± m	264,8±24,48	1509,4±56,91
	Пределы колебаний	197,74 - 308,98	13,41 - 1587,80

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, наибольшее содержание магния принадлежит образцу №4 Карпатская (Apis mellifera carpatica); в образце №1 Внутрипородный тип среднерусской породы «Приокский» зачение этого показателя меньше максимального на 36,1 %, в образце №2 Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika) – на 5,6 %, в образце №3 Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb) – на 15,6 %. Максимальное содержание калия – в образце №2 Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika), в образце №1 Внутрипородный тип среднерусской породы «Приокский» зачение этого показателя меньше максимального на 15,5 %, в образце №3 Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb) – на 3,1 %, в образце №4 Карпатска (Apis mellifera carpatica) – на 1,1 %.

Все четыре образца содержат магний и калий. Наименьшее число представленных в таблице1 макроэлементов принадлежат образцу №1.

Результаты содержание микроэлементов меди и цинка в маточном молочке, отобранном от разных пород пчел, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание меди и цинка в маточном молочке

№ п/п	Порода пчел	Наименование элемента	
		Cu (мг/кг)	Zn (мг/кг)
1	Внутрипородный тип среднерусской породы "Приокский»	3,29	61,73

Продолжение таблицы 2

2	Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika)	4,15	35,39
3	Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb)	4,37	34,86
4	Карпатская (Apis mellifera carpatica)	5,62	40,15
	M ± m	4,4± 0,48	43,0±6,34
	Пределы колебаний	3,29 - 5,62	34,86 - 61,73

В соответствии данными, представленными в таблице 2, максимальное значение меди – у образца №4 Карпатска (Apis mellifera carpatica). В образцах №1 Внутрипородный тип среднерусской породы «Приокский», №2 Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika) и №3 Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb) содержание меди меньше на 15,5 %, 3,1 % и 1,1 % соответственно.

Наибольший уровень цинка принадлежит образцу №1 Внутрипородный тип среднерусской породы «Приокский». В образцах №2 Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika), №3 Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb) и №4 Карпатская (Apis mellifera carpatica) уровень содержания меди меньше на 42,7 %, 43,5 % и 35,0 %.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами может оказывать негативное воздействие на качество маточного молочка. Поэтому эта проблема требует контроля качества маточного молочка с учетом содержания токсичных элементов.

Все четыре образца маточного молочка были проанализированы на предмет содержания токсичных элементов свинца и кадмия в соответствии с гигиеническими требованиями безопасности растительного сырья, которые регламентированы техническим регламентом Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание токсичных элементов свинца и кадмия в образцах маточного молочка.

№ п/п	Порода пчел	Наименование элемента	
		Pb (мг/кг)	Cd (мг/кг)
1	Внутрипородный тип среднерусской породы "Приокский"	0,07	0,00
2	Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika)	0,13	0,00
3	Серая горная кавказская (Apis mellifera caucasica Gorb),	0,05	0,00
4	Карпатская (Apis mellifera carpatica).	0,14	0,00
	M ± m	0,98± 0,02	0,00
	Пределы колебаний	0,05 - 0,14	0,00

В результате исследования мы видим, что содержание свинца присутствует во всех четырех образцах маточного молочка и этот показатель не превышает допустимый уровень (не более 1,0 мг/кг). Кадмия не было обнаружено ни в одном образце маточного молочка.

Результаты анализа, представленные в таблице 3, показали, что исследуемые образцы соответствуют показателям безопасности, предъявляемым к пищевой продукции.

Заключение

В соответствии с полученными результатами исследуемые в данной работе макро- и микроэлементы магний, калий, медь и цинк обнаружены во всех представленных образцах маточного молочка, отобранного от разных пород пчел. Немало факторов, влияющих на разброс содержания минеральных элементов в маточном молочке. Это географическое расположение пасек, климатические условия, сроки сбора маточного молочка, условия хранения образцов. Биологическое происхождение медоносных пчел также оказывает влияние на количество макро- и микроэлементов в маточном молочке.

Из исследуемых образцов наибольшее содержание магния и меди принадлежит образцу №4 Карпатская (Apis mellifera carpatica), содержание цинка максимально в образце №1 Внутрипородный тип среднерусской породы "Приокский» и максимальное значение калия – в образце №2 Карника австрийская (Apis mellifera Austria Karnika). Присутствие токсичных элементов (Pb, Cd) соот-

ветствует требованиям гигиенического норматива и свидетельствует о безопасности представленных образцов маточного молочка.

Результаты наших исследований показывают, что маточное молочко пчел может использоваться в качестве потенциального источника минеральных элементов и использоваться при лечении заболеваний, связанных с нарушением макро- и микроэлементного равновесия.

Наличие токсичных элементов требует проверки качества маточного молочка на безопасность его дальнейшего использования.

Список источников

1. Фролова, Т.В. Роль дисбаланса микро и макроэлементов у формировании хронической патологии детей / Т.В. Фролова, О. В. Охапкина // Перинатология и педиатрия. – 2013. – Т. 4 (56). – С. 127. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23461237

2. Mello@da@Silva C.A. Environmetal chemical hazards and child health / C.A. Mello@da@Silva, L. Fruchtengarten // J. Pediatr. — 2005. — № 81. — P. 205—211. DOI: 10.1506/mojt/2017/03/00062

3. Wigle D.T. Environmental hazards: evidence of effects on children's health / D.T. Wigle, T.E. Arbuckle, M. Walker [et al.] // J. Toxicol. Environment. Health B. Critical Edition — 2007. — Vol. 10, No. 1-2. — pp. 3-39. URL: https://doi.org/10.1080/10937400601034563

4. . Gharibzahedi, S.M.T. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortifcation, processing efects and nanoencapsulation / S.M.T. Gharibzahedi, S.M. Jafari // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – v.62. – P.119-132. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/ pii/ S0924224416306203

5. Протасова, Н. А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных / Н. А. Протасова // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – Т. 4 № 12 – С.32 – 37 URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 25937115

6. Бакун, А. С. Изучение элементного состава травы галеги лекарственной (GALEGA OFFICINALIS L.) /А. С. Бакун, Н. С. Гурина, В. М. Царенков // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2020. – Т. 23 №6 – С. 16 – 21. DOI: 10.29296/25877313-2020-06-03

7. Русакова, Т. М. Миграция токсичных элементов в продуктах пчеловодства / Т. М. Русаков, Л. А. Бурмистрова, В. М. Мартынова и др. // Пчеловодство. – 2014. - №6. – С. 14 - 15. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21848812

8. Кузубова, Л. И. Элементы - экотоксиканты в пищевых продуктах. Гигиенические характеристики, нормативы содержания в пищевых продуктах, методы определения / Л. И. Кузубова, О. В. Шуваева, Г. Н. Аношин // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2000. - №58. – С 1 - 67 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 881/8794

9. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Diferent Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – P.1-20. – URL: https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

10. Fratellone, P.M. Apitherapy Products for Medicinal Use / P.M. Fratellone, F. Tsimis, G.J. Fratellone // The Journal of Alternative and Complementary Medicine. – 2016. – v.22(12). – P.1020-1022. – URL: https://doi. org/10.1089/ acm.2015.0346

11. Марданлы, С. Г. Биологическая активность компонентов пчелиного маточного молочка и пчелиного яда / С. Г. Марданлы, В. В. Помазанов, В. А. Кисилева, Я. Б. Нескородов // ГОУ ВО МО « Государственный гуманитарно – технологический университет». – 2018. – Том 6 (5). – С. 419 – 439. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp36399445

12. Verkaik-Kloosterman, J. Vitamins and minerals: Issues associated with too low and too high population intakes / J. Verkaik-Kloosterman, M. McCann, J. Hoekstra, H. Verhagen // Food & Nutrition Research. – 2012. – v.56. – URL: https://doi. org/10.3402/fnr. v56i0.5728

13. Григус, Я. И. Значение магния в физиологии и патологии органов пищеварения / Я. И. Григус, О. Д. Михайлова, А. Ю. Горбунов, Я. М. Вахрушев. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2015. - №6 (118). – С. 89 - 94. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ znachenie-magniyav-fziologii-i-patologii-organov-pischevareniya/viewer

14. Родионова, Л. В. Физиологическая роль макро - и микроэлементов / Л. В. Родионова // Бюллетень Восточно – Сибирского научного центра РАМН. – 2005. - №6 (44). – С. 195 -198 URL: https:// www.elibrary.ru/item.asp?id= 13362861

15.Новиков, В. С. Роль минеральных веществ и микроэлементов в сохранении здоровья человека / В. С. Новиков, Е. Б. Шустов // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. -2017. - №3. - С. 5 - 6 URL: https:// www.elibrary.ru/item.asp?id= 30541488

16. Falah, S. Al-Fartusie. Essential Trace Elements and Their Vital Rolesin Human Body / Falah S. Al-Fartusie, Saja N. Mohssan // Indian Journal of Advances in Chemical Science . – 2017. - № 5 (3). – P. 127 - 136. DOI: 10.22607/IJACS.2017.503003

17. Lai, J. The efcacy of zinc supplementation in depression: Systematic review of randomized controlled trials / J.Lai, A.Moxey, G.Nowak, et al. // Journal of Afective Disorders. – 2011. – v.1 (136). – P. 31 - 39. – URL: https://www.sciencedirect.com/ science/article/pii/S0165032711003533

18. Mitra, P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: An update / P. Mitra, S. Sharma, P. Purohit, P .Sharma // Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences. – 2017. – v.54. – P. 506 - 528. – URL: https:// www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408363.20 17.1408562

19. Крылов, В. Н. Теория и средства апитерапии / В. Н. Крылов, А. В. Агафонов, Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев, Бурмистрова Л. А. и др. – М., 2007. – 295 с. – URL: https://www.elibrary.ru/ item. asp?id=19540675

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Frolova, T.V. Rol' disbalansa mikro i makroelementov u formirovanii hronicheskoj patologii detej / T.V. Frolova, O. V. Ohapkina // Perinatologiya i pediatriya. – 2013. – T. 4 (56). – S. 127. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23461237

2. Mello@da@Silva C.A. Environmetal chemical hazards and child health / C.A. Mello@da@Silva, L. Fruchtengarten // J. Pediatr. — 2005. — № 81. — P. 205—211. DOI: 10.1506/mojt/2017/03/00062

3. Wigle D.T. Environmental hazards: evidence of effects on children's health / D.T. Wigle, T.E. Arbuckle, M. Walker [et al.] // J. Toxicol. Environment. Health B. Critical Edition — 2007. — Vol. 10, No. 1-2. — pp. 3-39. URL: https://doi.org/10.1080/10937400601034563

4. . Gharibzahedi, S.M.T. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortifcation, processing efects and nanoencapsulation / S.M.T. Gharibzahedi, S.M. Jafari // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – v.62. – R.119-132. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/ S0924224416306203

5. Protasova, N. A. Mikroelementy: biologicheskaya rol', raspredelenie v pochvah, vliyanie na rasprostranenie zabolevanij cheloveka i zhivotnyh / N. A. Protasova // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 1998. – T. 4 № 12 – S.32 – 37 URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 25937115

6. Bakun, A. S. Izuchenie elementnogo sostava travy galegi lekarstvennoj (GALEGA OFFICINALIS L.) /A. S. Bakun, N. S. Gurina, V. M. Carenkov // Voprosy biologicheskoj, medicinskoj i farmacevticheskoj himii. – 2020. – T. 23 №6 – S. 16 – 21. DOI: 10.29296/25877313-2020-06-03

7. Rusakova, T. M. Migraciya toksichnyh elementov v produktah pchelovodstva / T. M. Rusakov, L. A. Burmistrova, V. M. Martynova i dr. // Pchelovodstvo. – 2014. - №6. – S. 14 - 15. – URL: https://www. elibrary.ru/item.asp?id=21848812

8. Kuzubova, L. I. Elementy - ekotoksikanty v pishchevyh produktah. Gigienicheskie harakteristiki, normativy soderzhaniya v pishchevyh produktah, metody opredeleniya / L. I. Kuzubova, O. V. SHuvaeva, G. N. Anoshin // Ekologiya. Seriya analiticheskih obzorov mirovoj literatury. – 2000. - №58. – S 1 - 67 URL: https://www. elibrary.ru/item.asp?id= 881/8794

9. Cornara, L. Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Diferent Honeybee Products / L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao, B. Burlando // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – v.412. – R.1-20. – URL: https:// doi.org/10.3389/fphar.2017.00412

10. Fratellone, P.M. Apitherapy Products for Medicinal Use / P.M. Fratellone, F. Tsimis, G.J. Fratellone // The Journal of Alternative and Complementary Medicine. – 2016. – v.22(12). – R.1020-1022. – URL: https:// doi. org/10.1089/acm.2015.0346

11. Mardanly, S. G. Biologicheskaya aktivnost' komponentov pchelinogo matochnogo molochka i pchelinogo yada / S. G. Mardanly, V. V. Pomazanov, V. A. Kisileva, YA. B. Neskorodov // GOU VO MO

« Gosudarstvennyj gumanitarno – tekhnologicheskij universitet». – 2018. – Tom 6 (5). – S. 419 – 439. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp36399445

12. Verkaik-Kloosterman, J. Vitamins and minerals: Issues associated with too low and too high population intakes / J. Verkaik-Kloosterman, M. McCann, J. Hoekstra, H. Verhagen // Food & Nutrition Research. – 2012. – v.56. – URL: https://doi.org/10.3402/fnr. v56i0.5728

13. Grigus, YA. I. Znachenie magniya v fiziologii i patologii organov pishchevareniya / YA. I. Grigus, O. D. Mihajlova, A. YU. Gorbunov, YA. M. Vahrushev. // Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya. – 2015. - №6 (118). – S. 89 - 94. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ znachenie-magniyav-fziologii-i-patologii-organov-pischevareniya/viewer

14. Rodionova, L. V. Fiziologicheskaya rol' makro - i mikroelementov / L. V. Rodionova // Byulleten' Vostochno – Sibirskogo nauchnogo centra RAMN. – 2005. - №6 (44). – S. 195 -198 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 13362861

15.Novikov, V. S. Rol' mineral'nyh veshchestv i mikroelementov v sohranenii zdorov'ya cheloveka / V. S. Novikov, E. B. SHustov // Vestnik obrazovaniya i razvitiya nauki Rossijskoj akademii estestvennyh nauk. -2017. - №3. - S. 5 - 6 URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id= 30541488

16. Falah, S. Al-Fartusie. Essential Trace Elements and Their Vital Rolesin Human Body / Falah S. Al-Fartusie, Saja N. Mohssan // Indian Journal of Advances in Chemical Science . – 2017. - № 5 (3). – R. 127 - 136. DOI: 10.22607/IJACS.2017.503003

17. Lai, J. The efcacy of zinc supplementation in depression: Systematic review of randomized controlled trials / J.Lai, A.Moxey, G.Nowak, et al. // Journal of Afective Disorders. – 2011. – v.1 (136). – P. 31 - 39. – URL: https://www.sciencedirect.com/ science/article/pii/S0165032711003533

18. Mitra, P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: An update / P. Mitra, S. Sharma, P. Purohit, P .Sharma // Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences. – 2017. – v.54. – P. 506 - 528. – URL: https:// www. tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408363.20 17.1408562

19. Krylov, V. N. Teoriya i sredstva apiterapii / V. N. Krylov, A. V. Agafonov, N. I. Krivcov, V. I. Lebedev, Burmistrova L. A. i dr. – M., 2007. – 295 s. – URL: https://www.elibrary.ru/ item. asp?id=19540675

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторе авторах
Репьева Лариса Анатольевна, *младший научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», repeva72@bk.ru*
Лапынина Елена Петровна, *канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», elena.p56@yandex.ru*
Information about the authors
Repyeva Larisa A., *Junior Researcher at the FSBI "FNC of Beekeeping", repeva72@bk.ru*
Lapynina Elena P., *Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the FSBI "FNC of Beekeeping", elena.p56@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 07.04.2022; одобрена после рецензирования 03.06.2022; принята к публикации 10.06.2022
The article was submitted 07.04.2022 ; approved after reviewing 03.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 80- 87
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 80- 87

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК631.559:631.95
DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.010

ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОВСА И ОЗИМОЙ РЖИ В СЕВООБОРОТЕ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Ирина Игоревна Садовая[1], Ольга Алексеевна Захарова[2] ✉, Олег Викторович Черкасов[3], Фаррух Атауллахович Мусаев[4], Сергей Олегович Фатьянов[5]

[1,2,3,4,5]Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева, г.Рязань, Россия
[1]sadovayaii@mail.ru
[2]ol-zahar.ru@yandex.ru
[3]ru89206345411@yandex.ru
[4]musaev@rgatu.ru
[5]sadovayaii@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Овес и озимая рожь – популярные и экономически выгодные зерновые культуры, часто возделываемые в севооборотах. В мире производится этих культур свыше30 млн т в год. В нашей стране они возделываются на площади 3500 млн га, но на территории Рязанской области – на небольших площадях, хотя потенциал у овса и озимой ржи высокий и при соблюдении технологии их возделывания, внедрении инновационных приемов и стремлении производителей к цифровизации сельского хозяйства можно получать высокие стабильные урожаи. Преимущество данных культур заключается в отличной отзывчивости на вносимые удобрительные средства. Таким образом, учитывая ценность культур, проведение исследований производства овса и озимой ржи в Рязанской области и долгосрочное прогнозирование урожайности культур в севообороте на основе расчетов имитационной модели агроэкосистемы является актуальным и своевременным.*
Методология. *На основе разработанной программы исследований приняты общеизвестные методы исследований, начиная с теоретических и заканчивая экспериментальными с использованием платформенных решений и цифровых технологий, доступных его резидентам в интернет-пространстве IT-технологии.*
Результаты. *На овес и озимую рожь приходится незначительная посевная площадь в регионе – 1,5 и 0,3 % соответственно, к тому же прослеживается тенденция к сокращению посевных площадей с 6,9 % до 4,6 % от всех площадей овса и с 15,9 % до 7,9 % от всех площадей ржи в ЦФО. Авторами использована имитационная модель АМПРА и портативная автоматическая метеостанция. Прогноз урожайности овса и озимой ржи осуществлялся по математической схеме. Предсказание ГТК производилось с помощью параболического тренда с учетом цикличности солнечной активности, установленной по временному ряду температур. При построении зависимостей соблюдались условия: объем теоретической информации по урожайности культур намного больше, чем настраиваемых параметров; проверка адекватности моделей осуществлялась с использованием независимого материала. Критерием выбора структуры модели являлась минимизация отклонений расчетных Yт и экспериментальных Yп данных. Анализ полученных моделей хорошо согласует прогноз урожайности овса и озимой ржи, ГТК (тепло и осадки) и качественные характеристики почв с экспериментальными данными. Средние отклонения Yт и Yп составляли 2,1-2,8 %. Авторами разработано органическое удобрение на основе отходов животноводства, поданы 2 заявки на изобретение (№№ регистрации 2021136608 и 2021136640, авторы И.И. Садовая, О.А. Захарова, О.В. Черкасов, Ф.А. Мусаев, М.И. Голубенко, Д.Е. Кучер, Ю.В. Ломова, Е.Н. Коняев), которое позволит повысить урожайность культур в севообороте, сохранить и восполнить плодородие почвы. Расчетные показатели предоставили данные о возможности роста урожайности культур в севообороте до 50 %.*

Заключение. Полученные результаты исследований при статистической обработке теоретических и экспериментальных данных урожайности овса и озимой ржи в севообороте с использованием компьютерной программы Statistika 10, имитационной модели Ампра, метеоэлементов, регистрируемых автоматической метеостанцией, установили устойчивый рост показателя при внедрении инновационных приемов в технологии возделывания культур. Так, внесение научно-обоснованной дозы органического удобрения на основе отходов животноводства с учетом почвенных

© Садовая И.И., Захарова О.А., Черкасов О.В., Мусаев Ф.А., Фатьянов С.О., 2022 г.

и биологических особенностей позволит повысить расчетную урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте до 50 %.

Ключевые слова: *динамика посевных площадей, урожайность, статистика, овес, озимая рожь, прогноз*

Для цитирования Садовая И.И., *Захарова О. А., Черкасов О. В., Мусаев Ф. А., Фатьянов С. О. Долгосрочное прогнозирование урожайности овса и озимой ржи в севообороте на основе расчетов имитационной модели агроэкосистемы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №2. Р 80-87 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.010*

Original article

LONG-TERM FORECASTING OF THE YIELD OF OATS AND WINTER RYE IN CROP ROTATION BASED ON CALCULATIONS OF THE SIMULATION MODEL OF THE AGROECOSYSTEM

Irina I. Sadovaya[1], Olga A. Zakharova[2]✉, Oleg V. Cherkasov[3], Farrukh A. Musaev[4], Sergey O. Fatyanov[5]

[1,2,3,4,5] Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
[1]sadovayaii@mail.ru
[2]ol-zahar.ru@yandex.ru
[3]ru89206345411@yandex.ru
[4]musaev@rgatu.ru
[5]sadovayaii@mail.ru

Abstract.
Problem and purpose. *Oats and winter rye are popular and economically viable crops, often cultivated in crop rotations. The world produces over 30 million tons of these crops per year. In our country, they are cultivated on an area of 3,500 million hectares, but on the territory of Ryazan region they are grown on small areas, although the potential for oats and winter rye is high, and if the technology of their cultivation is followed, the introduction of innovative techniques and the desire of producers to digitalize agriculture, one can obtain high stable yields. The advantage of these crops is their excellent response to applied fertilizers. Thus, taking into account the value of crops, conducting research on the production of oats and winter rye in Ryazan region and long-term forecasting of crop yields in crop rotation based on calculations of the agroecosystem simulation model is relevant and well-timed.*
Methodology. *On the basis of the developed research program, well-known research methods have been adopted, starting from theoretical and ending with experimental ones using platform solutions and digital technologies available to its residents in the Internet.*
Results. *Oats and winter rye account for an insignificant sown area in the region - 1.5 and 0.3 %, respectively. In addition, there is a tendency to reduce sown areas from 6.9 % to 4.6 % of all oat areas and from 15.9 % to 7.9 % of all rye areas in the Central Federal District. The authors used the AMPRA simulation model and a portable automatic weather station. The yield forecast for oats and winter rye was carried out according to a mathematical scheme. The HTI was predicted using a parabolic trend, taking into account the cyclicity of solar activity, established by the time series of temperature. When plotting dependencies, the following conditions were observed: the amount of theoretical information on crop yields was much greater than adjustable parameters and the adequacy of the models was checked using independent material. The criterion for choosing the structure of the model was to minimize deviations of calculated Yt and experimental Yp data. The analysis of the obtained models agrees well with the yield forecast for oats and winter rye, HTI (heat and precipitation), and qualitative characteristics of soils with experimental data. The average deviations of Yt and Yp were 2.1-2.8 %. The authors have developed an organic fertilizer based on animal waste, 2 applications for the invention have been registered (registration No. 2021136608 and 2021136640, authors I.I. Sadovaya, O.A. Zakharova, O.V. Cherkasov, F.A. Golubenko, D.E. Kucher, Yu.V. Lomova, E.N. Konyaev), which will increase crop yields, preserve and replenish soil fertility. The calculated indicators provided data on the possibility of increasing crop yields in crop rotation up to 50 %.*
Conclusion. *The results of studies obtained during statistical processing of theoretical and experimental data on the yield of oats and winter rye in crop rotation using computer program Statistika 10, the Ampra simulation model, meteorological elements recorded by an automatic weather station, established a steady increase in the indicator with the introduction of innovative techniques in crop cultivation technologies. Thus, the introduction of a science-based dose of organic fertilizer based on animal waste, taking into account soil and biological characteristics, will increase the estimated yield of crops in the crop rotation up to 50 %.*

Key words: *dynamics of sown areas, productivity, statistics, oats, winter rye, forecast*

For citation: *Sadovaya, I.I., Zakharova, O.A., Cherkasov, O.V., Musaev, F.A., Fatyanov, S.O. Long-term forecasting of the yield of oats and winter rye in crop rotation based on calculations of the simulation model of the agroecosystemHerald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 2. p.80-87 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.010*

Введение

Овес и озимая рожь являются экономически выгодными зерновыми культурами, что обусловлено высокой урожайностью, продовольственными и кормовыми достоинствами. За счет продуктов переработки зерна обеспечивается до 40 % общей калорийности питания, 50 % потребности в белках и 60 % – в углеводах [10]. Учитывая рост народонаселения в мире, требуется рост производства зерна и других продуктов, а высокая рентабельность зернового хозяйства способствует получению прибыли производителям [4, 7].

В мире производится до 23 млн т овса в год. Основными производителям овса являются Россия (4,7 млн т), Канада (2,9 млн т) и Австралия (1,4 млн т). Под овес отводится в России площадь в 2746 млн га, Канаде – почти 1000 га, Австралии – 822 тыс. га. Урожай культуры в нашей стране в среднем составляет 1735 кг/га, Канаде – 3257 и Австралии – 1582 кг/га [9].

Озимая рожь возделывается в мире на площади более 6 млн га. Основными производителями озимой ржи считаются Германия (почти 4,0 млн т), Польша (2,9 млн т), Россия (2,2 млн т). Посевные площади в Российской Федерации были на уровне 980 тыс. га. Лидирует по валовому сбору озимой ржи Башкиртостан (345 тыс.т) [3].

К сожалению, в нашей стране постепенно посевы ржи заменяются пшеницей и тритикале, а площади под ней сократились с середины XX века в десять раз. Как отмечали селекционеры, это обусловлено несовершенством возделываемых сортов озимой ржи и высокой полегаемостью. В то же время, снижение производства озимой ржи неблагоприятно отразилось на ежегодном валовом сборе других зерновых культур: рожь дает более стабильные урожаи в сравнении с другими зерновыми культурами в жаркую сухую погоду. Страховой потенциал у нее самый высокий, что подтверждается большей ее урожайностью на низкоплодородных почвах, а также в морозные и засушливые годы. Кроме того, производство ржи требует относительно низких прямых затрат, из-за чего ее по праву называют культурой низкого экономического риска.

Овес и озимая рожь хорошо растут на территории Рязанской области. При соблюдении технологии их возделывания, внедрении инновационных приемов и стремлении производителей к цифровизации сельского хозяйства в регионе можно получать высокие стабильные урожаи. Преимущество данных культур заключается и в их низкой требовательности к почве, способности использовать труднорастворимые соединения и осадки, отличной отзывчивости на вносимые удобрительные средства [5, 6].

Таким образом, учитывая ценность культур, проведение исследований производства овса и озимой ржи в Рязанской области и определение прогноза урожайности их на основе статистических методов обработки данных является актуальным и своевременным.

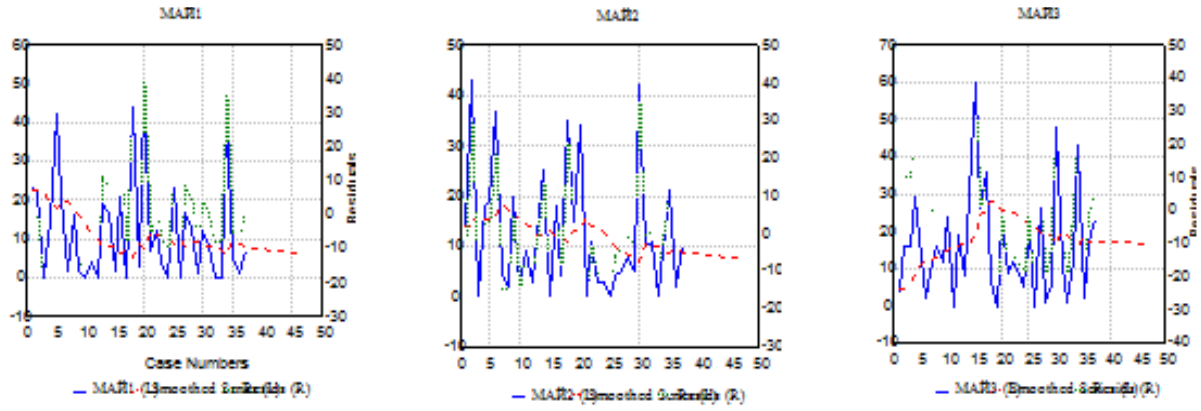
Объекты и методы исследований

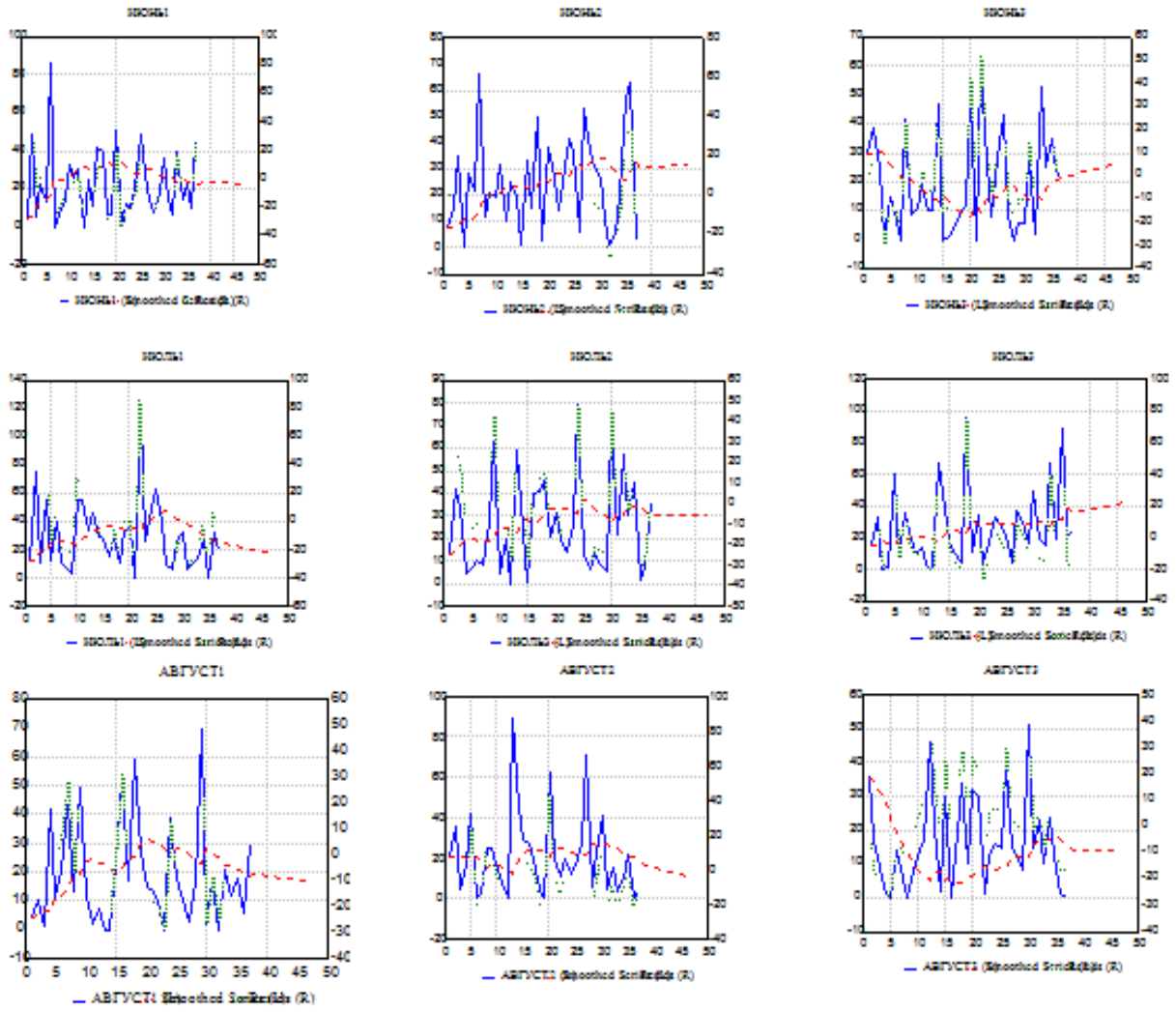
Объект исследований – овес *(Avena sativa)* и озимая рожь *(Secalecereale)* в севообороте. В работе использовались документы и публикации отечественных и зарубежных исследователей, отчеты научно-исследовательских работ Министерства сельского хозяйства Рязанской области, некоторых НИИ и Рязанского ГАТУ.

Цель работы – долгосрочное прогнозирование урожайности овса и озимой ржи в Рязанской области на основе расчетов имитационных моделей агроэкосистем.

Научная новизна заключается в использовании цифровых технологий при анализе данных динамики посевных площадей и урожайности двух зерновых культур на территории региона. Авторами использованы платформенные решения и цифровые технологии, доступные его резидентам в интернет-пространстве IT-технологии: промышленный интернет вещей, высокоточная навигация, виртуальная реальность, аналитика больших данных и прогнозирование. Для обеспечения расширенного доступа к значимой для сельскохозяйственного производства информации Минсельхозом России была запущена в эксплуатацию Единая федеральная информационная система, содержащая информацию о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) [1, 2, 6].

Представленные данные были подвержены статистической обработке с использованием компьютерной программы Statistica 10 [2], получены графики и модели.





Примечание: ось X – фактические значения; ось Y – выравненные значения
Рис. 1 – Выравненная динамика ГТК по декадам в вегетационные периоды на территории Рязанской области
(Aligned dynamics of the HTI by decades during the growing seasons on the territory of Ryazan region)

Расчеты продуктивности агрофитоценоза и динамических характеристик состояния внешней среды выполнялись с использованием информации, характеризующей агрофизические и агрохимические свойства почв, и непрерывного ряда суточных значений метеоэлементов, регистрируемых автоматической метеостанцией, расположенной на территории лизиметической станции ВНИИГиМ.

Захаровский район Рязанской области относится ко II агроклиматическому району.

Тепловлагообеспеченность за многолетний период (2000-2020 гг.) соответствовала среднемноголетним показателям с чередованием засушливых и влажных, теплых и холодных периодов, что является климатической особенностью региона [5]. Гидротермический коэффициент по Селянинову составлял от 0,9до 1,2 с тенденцией в сторону засушливости, что обосновано в работах профессора РГАТУ Р.Н. Ушакова (рис. 1) [8]. Так, наибольшая вероятность осадков (более 50 %) приходится на диапазон значений от 10 до 40 мм. При этом вероятность за 20 лет составила уже 76 % (за период 1942-1981 гг. __ 37 %).

Результаты исследований

В структуре сельского хозяйства Рязанской области преобладает отрасль растениеводства, доля которой составляет 59,4 %. Сельское хозяйство Рязанской области отличается большими размерами посевных площадей – 970,8 тыс. га и занимала 7-е место среди субъектов Центрального Федеративного округа (ЦФО). На озимую и яровую пшеницу отведено 38,2 % всех посевных площадей; на овес и озимую рожь приходится незначительная площадь - 1,5 и 0,3%. В регионе прослеживается тенденция уменьшения посевных площадей с 6,9 % до4,6 % от всех площадей овса в ЦФО. Та же зависимость отмечается и в производстве озимой ржи – падение с 15,9 % до 7,9 % от всех площадей ржи в ЦФО. Итак, валовые сборы овса и озимой ржи в Рязанской области составили соответственно 31 и 18 тыс. т, или 30-е и

23-е место среди всех регионов РФ. По производству овса наш регион занимает 39 место, озимой ржи – 24 место среди всех регионов РФ. Средняя урожайность зерновых культур составляет в регионе 35 ц/га с большой вариацией от 19 до 48 ц/га по районам. Экономические показатели от реализации продукции растениеводства в Рязанской области: прибыль с 1 га составила в год до 2500 руб., прибыль 1218000 тыс .руб., рентабельность 17 %, себестоимость 1 т продукции – 5775 руб., затраты на 1 га посевной площади – 19887 руб. [3].

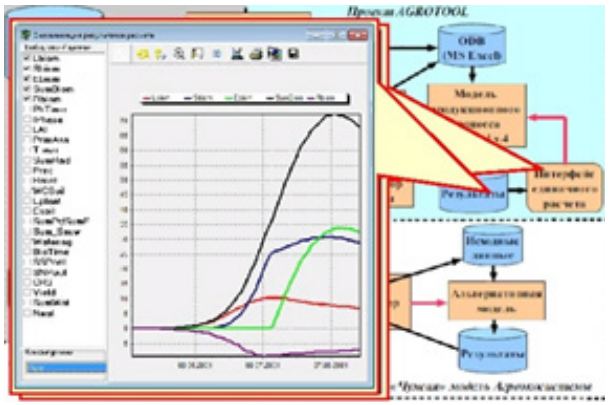


Рис. 2 – Имитационная модель агроэкосистемы
(The simulation model of the agroecosystem)

Обзор информации о погоде за последние 20 лет (с учетом аномальных лет, как в 2010 г.) выявил тенденцию к засушливым периодам, когда растения испытывают недостаток влаги в почве, а при наличии суховеев и в атмосферном воздухе. Ливневые осадки, характерные для Рязанской области, непродуктивны и не оказывают сильного влияния на водный режим местности. Для территории Рязанской области лимитирующими факторами являются обеспеченность растений в вегетационный период питательными веществами и влагой [5].

Место динамических имитационных моделей урожайности сельскохозяйственных культур в современной науке определено конкретно и практически используются в системе принятия решений. Урожайность позволяет оценить почвенно-климатические условия и антропогенное воздействие на агроэкосистемы. Авторами для решения поставленной цели использована имитационная модель АМПРА, разработанная профессором ВНИИГиМ Ю.Добрачевым [7, 8] (рис. 2).

Прогноз урожайности овса и озимой ржи осуществлялся по следующей схеме:

$$Y_{i+1}=Y_{min}+(Y_{max}-Y_i)ГТК\ [H(P)H(T)],\ если\ Y_i<\bar{Y} \quad (1)$$

$$Y_{i+1}=Y_{min}+(Y_i-Y_{max})ГТК[H(P)H(T)],\ если\ Y_i\geq\bar{Y} \quad (2)$$

где Y_{i+1} – урожайность прогнозируемая,
Y_i – урожайность предыдущего года,
Y_{min} – урожайность минимальная,
Y_{max} – урожайность максимальная,
$\bar{Y}$ – средняя урожайность по всему ряду,
ГТК слагался из

P – суммы осадков,
T – суммы эффективных температур.

Предсказание параметров ГТК, в частности T, производилось с помощью параболического тренда с учетом цикличности солнечной активности, установленной по временному ряду температур [7]. При построении зависимостей соблюдались условия: объем теоретической информации по урожайности культур намного больше, чем настраиваемых параметров; проверка адекватности моделей осуществлялась с использованием независимого материала.

Критерием выбора структуры модели являлась минимизация отклонений расчетных $Y_т$ и экспериментальных $Y_п$ данных.

Построенные модели между урожайностью овса и озимой ржи, ГТК за многолетний период на территории Рязанской области и качественными характеристиками почвы, в которые были включены pH, содержание гумуса и основных питательных веществ, позволили визуально представить динамику процессов (рисунки 3, 4, 5) на основе экспериментальных и теоретических исследова-

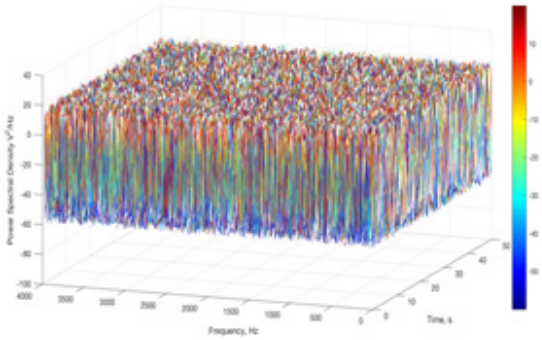


Рис. 3 – Преобразование данных спектрографа в 3D-график
(Spectrograph data conversion to 3D chart)

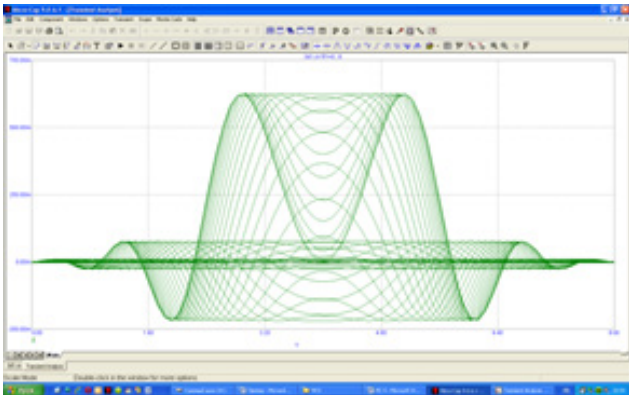


Рис.4 – Временная диаграмма урожайности культур от выбранных факторов
The time diagram of crop yields depending on selected factors

Анализ моделей хорошо согласует прогноз урожайности овса и озимой ржи, ГТК (тепло и осадки) и качественные характеристики почв с экспериментальными данными. Средние отклонения $Y_т$ и

$Y_п$ составляли 2,1-2,8 %.

Поверхность отклика являлась адекватной аппроксимацией, а ее анализ приблизительно эквивалентен анализу реальной системы. Так, точкой максимального отклика – «подъем на холм» и минимального – «спуск в овраг».

Как видно из рисунка 5, действие погодных факторов менее значимо (синий цвет – «спуск в овраг») по сравнению с почвенным влиянием – «подъем на холм». Хотя прослеживается и резкий «нырок с холма» при нарушении технологии возделывания и наличии деградации почвы (красный центр графика). Но качественные характеристики почв могут регулироваться человеком при внедрении инновационных приемов в технологии возделывания культур.

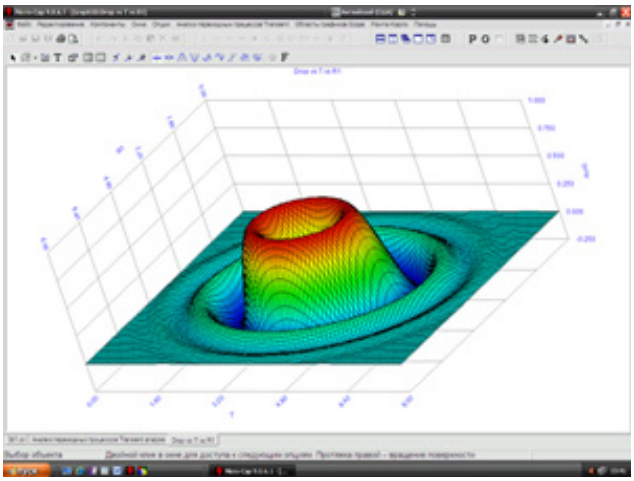


Рис. 5 – Трехмерный график прогноза урожайности овса и озимой ржи от ГТК и характеристик почв
(Three-dimensional graph of the yield forecast for oats and winter rye depending on HTI and soil characteristics)

Расчетные показатели предоставили данные о возможности роста урожайности культур в севообороте до 50 % за одну ротацию.

Расчетная модель имеет вид:

$$Y_{i+1}=0,48(Y_{max}-Y_{min})10,4-39,1ГТК_{ср} \quad (3)$$

Выводы

1. Обзор научной литературы и практических отчетов за многолетний период подтвердил значимость зерновых культур для человека и животных. В Рязанской области овес и озимая рожь известны, но занимают незначительную площадь.

2. Полученные результаты исследований при статистической обработке теоретических и экспериментальных данных урожайности овса и озимой ржи в севообороте с использованием компьютерной программы Statistika 10, имитационной модели Ампра, метеоэлементов, регистрируемых автоматической метеостанцией, установили устойчивый рост показателя при внедрении инновационных приемов в технологии возделывания культур. Так, внесение научно-обоснованной дозы органического удобрения на основе отходов животноводства с учетом почвенных и биологических особенностей культур в севообороте дважды за ротацию позволит повысить расчетную урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте на 50 %.

Список источников

1. Белоусова, О.Ю. ГЧП в IT: новые возможности. Фонд развития интернет-инициатив / О.Ю. Белоусова, С.В. Мокин, У.С. Огородова, А.В.. Орехович - ФРИИ и UNITY, 2018. - 41 с.URL:https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

2. Боровиков, В. П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб.:Питер, 2001. – 656 с. URL:https://search.rsl.ru/ru/record/01001860859

3. Гордеев, А.В. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание / А.В.Гордеев, Д.Н. Патрушев, Лебедев И.Ви др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf

4. Коняев, Е. Р. Оценка эффективности применения биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень / Е.Р. Романов, Я. В. Костин, О. А. Захарова, Н. М. Троц // Вестник Рязанского ГАТУ, 2021. - №3. – С. 19-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161906

5. Кривцов, В.А. Природа Рязанской области / В.А. Кривцов, Е.И. Алёшина, С.И. Ананьева, [и др.]. – Рязань: РГУ, 2001.- 215 с.URL:https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/01/Priroda_Ryazanskoy_oblasti.pdf

6. Захарова, О.А. Цифровизация управления ростовыми процессами ячменя / О. А.Захарова, Е. И. Машкова, К. Н. Евсенкин, Д. Е. Кучер, Ф. А. Мусаев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета, 2021. - №2. – С. 21-27.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46531979

7. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – Л., 1984. -158 с. URL: http://alexandr4784.narod.ru/matveevkom.html

8. Мусаев, Ф.А. Современный и ретроспективный анализ состояния ландшафтов Рязанской области / Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова. – Рязань: РГАТУ, 2014. – 257 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22024643

9. Полуэктов, Р.А. Имитационные модели продуктивности агроэкосистем / Р.А. Полуэктов // В кн.: Теоретические основы и количественные методы программирования урожаев. - М.: Агропромиздат, 2015. — 235 с. URL: http://www.agrobiology.ru/articles/3-2017badenko-rus.pdf

10. Усманов, И.Ю. Экологическая физиология растений / И.Ю. Усманов, З.Ф. Рахманкулова, А.Ю. Кулагин. - М.: Логос, 2001. - 224 с.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25608809

Вклад авторов:
Садовая И.И. – проведение экспериментов, анализ данных, теоретический обзор;
Захарова О.А. – общее руководство; статистическая обработка;
Черкасов О.В. – теоретическая проработка;
Мусаев Ф.А. – теоретическая проработка;
Фатьянов С.О. – методика;
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

References

1.Belousova, O.YU. GCHP v IT: novye vozmozhnosti. Fond razvitiya internet-iniciativ / O.YU. Belousova, S.V. Mokin, U.S. Ogorodova, A.V.. Orekhovich - FRII i UNITY, 2018. - 41 s.URL:https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sozdaniya-obektov-tsifrovoy-melioratsii-v-rossiyskoy-federatsii

2.Borovikov, V. P. Statistica: iskusstvo analiza dannyh na komp'yutere / V. P. Borovikov. – SPb.:Piter, 2001. – 656 s. URL:https://search.rsl.ru/ru/record/01001860859

3.Gordeev, A.V. Vedomstvennyj proekt «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo»: oficial'noe izdanie / A.V.Gordeev, D.N. Patrushev, Lebedev I.Vi dr. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. – 48 s.URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf

4.Konyaev, E. R. Ocenka effektivnosti primeneniya biomodificirovannyh mineral'nyh udobrenij pod yachmen' / E.R. Romanov, YA. V. Kostin, O. A. Zaharova, N. M. Troc // Vestnik Ryazanskogo GATU, 2021. - №3. – S. 19-26. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161906

5.Krivcov, V.A. Priroda Ryazanskoj oblasti / V.A. Krivcov, E.I. Alyoshina, S.I. Anan'eva, [i dr.]. – Ryazan': RGU, 2001.- 215 s.URL:https://www.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/2020/01/Priroda_Ryazanskoy_oblasti.pdf

6.Zaharova, O.A.Cifrovizaciya upravleniyarostovymi processami yachmenya / O.A.Zaharova, E.I.Mashkova, K. N. Evsenkin, D. E. Kucher, F. A. Musaev // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta, 2021. - №2. – S. 21-27.URL:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46531979

7.Matveev, L.T. Kurs obshchej meteorologii. Fizika atmosfery / L.T. Matveev. – L., 1984. -158 s. URL: http://alexandr4784.narod.ru/matveevkom.html

8.Musaev, F.A. Sovremennyj i retrospektivnyj analiz sostoyaniya landshaftov Ryazanskoj oblasti / F.A. Musaev, O.A. Zaharova. – Ryazan': RGATU, 2014. – 257 s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22024643

9.Poluektov R.A. Imitacionnye modeli produktivnosti agroekosistem / V kn.: Teoreticheskie osnovy i kolichestvennye metody programmirovaniya urozhaev. - M.: Agropromizdat, 2015. — 235 s. URL: http://www.agrobiology.ru/articles/3-2017badenko-rus.pdf

10.Usmanov, I.YU. Ekologicheskaya fiziologiya rastenij / I.YU. Usmanov, Z.F. Rahmankulova, A.YU. Kulagin. - M.: Logos, 2001. - 224 s.URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25608809

Contribution of the authors:
Sadovaya I.I. – conducting experiments, data analysis, theoretical review;
Zakharova O.A. – general guidance; statistical processing;
Cherkasov O.V. – theoretical study;
Musaev F.A. – theoretical study;
Fatyanov S.O. – methodology;
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

***Садовая Ирина Игоревна** – аспирант кафедры агрономии и агротехнологийФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», sadovayaii@mail.ru*

***Захарова Ольга Алексеевна** – д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и агротехнологий ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева» ol-zahar.ru@yandex.ru*

***Черкасов Олег Викторович** – канд. с.-х. наук, доцент кафедры общественного питания ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева» ru89206345411@yandex.ru*

***Мусаев Фаррух Атауллахович** – д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», musaev@rgatu.ru*

***Фатьянов Сергей Олегович** – канд. техн. наук, доцент кафедры электротехники и физики ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева» sadovayaii@mail.ru*

Information about authors

***Sadovaya Irina I.,** postgraduate student of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE*

“Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”
sadovayaii@mail.ru
***Zakharova Olga A.,** Doctor of Agricultural Science, Professor of the Faculty of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”*
ol-zahar.ru@yandex.ru
***Cherkasov Oleg V.,** Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Public Catering, FSBEI HE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”*
ru89206345411@yandex.ru
***Musaev Farrukh A.,** Doctor of Agricultural Science, Professor, FSBEI HE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”*
musaev@rgatu.ru
***Fatyanov, Sergey O.,** Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Physics, FSBEI HE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”, sadovayaii@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 06.04.2020; одобрена после рецензирования 30.06.2022; принята к публикации 01.06.2022
The article was submitted 06.04.2020; approved after reviewing 30.06.2022; accepted for publication 01.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т14, №2, с 88- 96
Vestnik RGATU, 2022, Vol 14, №2, pp 88- 96

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 619:616.153.284
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.011

НОРМАЛИЗАЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ НОВОТЕЛЬНЫХ КОРОВ КОМПЛЕКСНЫМИ БИОПРЕПАРАТАМИ

Владимир Григорьевич Семенов[1] ✉, Елена Павловна Симурзина[2], Николай Кириллович Кириллов[3], Дмитрий Анатольевич Никитин[4], Елена Николаевна Иванова[5]

[1,2,3,4,5] Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия
[1]semenov_v.g@list.ru
[2]gra92gra@gmail.com
[3]kafmorf@yandex.ru
[4]Nikitin_d_a@mail.ru
[5]ien161110@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью работы, представленной в статье, явилась нормализация обмена веществ высокопродуктивных новотельных коров новыми биопрепаратами PS-2, Prevention-N-E и ПДЭ (плацента денатурированная эмульгированная) с Е-селен, а также терапия субклинического кетоза энергетическим напитком.*
Методология. *Научно-исследовательская работа проведена на коровах голштинизированной черно-пестрой породы 2-3-й лактации со средним удоем 9000 кг. Мы подобрали 4 группы глубокостельных коров по принципу групп-аналогов и за 40, 20 и 10 суток до отела проводили инъекции биопрепаратов PS-2 и Prevention-N-E. Для терапии кетоза предложен энергетический напиток, состоящий из пропиленгликоля, соды, соли, целлобактерина, патоки. Для данной серии опыта были сформированы 2 опытные и контрольная группы новотельных коров с уровнем ВНВ (бета-гидроксибутират) 1,1-3,0 ммоль/л. 1-й опытной группе инъецировали глюкозу 40 % и препарат Гепатоджект, 2-й опытной группе выпаивали энергетический напиток.*
Результаты. *Установлено, что биопрепараты PS-2 и Prevention-N-E оказывают корректирующее действие на синтез аминотрансфераз, минеральный и углеводный обмен, усвояемость макроэлементов, на фоне чего сокращается в 2 раза количество новотельных коров со скрытым кетозом. После лечения во 2-й опытной группе средний показатель ВНВ составил 1,1 ммоль/л, но в 1-й опытной был выше нормы и равнялся 1,5 ммоль/л. Суточный надой, среднее содержание жира и белка, соотношение жир/белок на заключительном этапе исследований находились в пределах нормы.*
Заключение. *Исходя из полученных результатов следует заключить, что скрытый кетоз довольно распространенная патология и поражает в большей степени новотельных высокопродуктивных коров, при этом, не проявляя симптомов, наносит значительный экономический ущерб. Именно поэтому для профилактики кетоза мы рекомендуем препараты Prevention-N-E, PS-2, а для терапии выявленных случаев – выпойку энергетического напитка.*

Ключевые слова: *коровы, субклинический кетоз, Prevention-N-E, PS-2, бета-гидроксибутират, энергетический напиток.*

Для цитирования: *Семенов В. Г., Симурзина Е. П., Кириллов Н. К., Никитин Д. А., Иванова Е. Н. Нормализация обмена веществ высокопродуктивных новотельных коров комплексными биопрепаратами // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С 88- 96 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.011*

Original article

NORMALIZATION OF METABOLISM OF HIGHLY PRODUCTIVE NEW-BODIED COWS WITH COMPLEX BIOLOGICS

Vladimir G. Semenov[1]✉, Elena P. Simurzina[2], Nikolay K. Kirillov[3], Dmitry A. Nikitin[4], Elena N. Ivanova[5]
[1,2,3,4,5] Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia
[1]semenov_v.g@list.ru
[2]gra92gra@gmail.com
[3]kafmorf@yandex.ru
[4]Nikitin_d_a@mail.ru

© Семенов В. Г., Симурзина Е. П., Кириллов Н. К., Никитин Д. А., Иванова Е. Н.,2022 г.

[5]ien161110@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. *The aim of this work was to normalize the metabolism of highly productive new-bodied cows with new biopreparations PS-2, Prevention-N-E and PDE (denatured emulsified placenta) with E-selenium, as well as therapy of subclinical ketosis with an energy drink.*

Methods. *The research work was carried out on Holstein cows of black-and-white breed, 2-3 lactation, average milk yield of 9000 kg. We selected 4 groups of deep-bed cows according to the principle of analog groups and 40, 20 and 10 days before calving, injections of PS-2 and Prevention-N-E biopreparations were carried out. For ketosis therapy, an energy drink consisting of propylene glycol, soda, salt, cellobacterin, molasses is proposed. For this series of experiments, 2 experimental and control groups of new-bodied cows with a BHB (beta-hydroxybutyrate) level of 1.1-3.0 mmol/l were formed. The 1st experimental group was injected with 40% glucose and the drug Hepatoject, the 2nd experimental group was given an energy drink.*

Results. *It has been established that PS-2 and Prevention-N-E biologics have a corrective effect on the synthesis of aminotransferases, mineral and carbohydrate metabolism, the digestibility of macronutrients, against which the number of newly-bodied cows with latent ketosis is reduced by 2 times. After treatment in the 2nd experimental group, the average BHB was 1.1 mmol/l, but in the 1st experimental group it was higher than normal and equal to 1.5 mmol/l. The daily dose, the average fat and protein content, and the fat/protein ratio were within the normal range at the final stage of the studies.*

Conclusion. *Based on the results obtained, it should be concluded that latent ketosis is a fairly common pathology and affects to a greater extent new-bodied highly productive cows, while not showing symptoms causes significant economic damage. That is why, for the prevention of ketosis, we recommend Prevention-N-E, PS-2 drugs, and for the treatment of detected cases, drinking an energy drink.*

Key words: *cows, subclinical ketosis, Prevention-N-E, PS-2, beta-hydroxybutyrate, energy drink.10.36508/RSATU.2022.54.2.011*

For citation: *Semenov V. G., Simurzina E. P., Kirillov N. K., Nikitin D. A., Ivanova E. N. Normalization of metabolism of highly productive new-bodied cows with complex biologics. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(1). P 88-96(in Russ.). https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.011*

Введение

Получение животноводческой продукции от здорового поголовья является основной целью всей отрасли скотоводства. Интенсификация животноводства сопровождается активным внедрением современных технологий содержания, кормления и эксплуатации. Однако в последние годы ученые отмечают сокращение сроков хозяйственного использования высокопродуктивных коров, снижение воспроизводительных способностей и рост заболеваемости животных. По мнению ряда авторов, эта проблема, прежде всего, связана с нарушением обмена веществ [4, 9, 10, 11, 12].

С точки зрения B. Delic и B. Belic [14], максимальные отклонения биохимических показателей крови высокопродуктивных коров отмечены именно в период транзита и раздоя, они также отмечают, что на фоне нарушения углеводного, липидного и белкового обмена повышается риск возникновения гепатозов и заболеваний репродуктивных органов.

После отела коровы имеют состояние лактационной доминанты, то есть все обменные процессы направлены на образование молока. На фоне стресса и высокой физиологической нагрузки коровы испытывают дефицит энергии, потребность в которой возрастает в разы по сравнению с сухостойным периодом;11 в связи с этим их организм вынужден использовать запасы жировой ткани. За сутки у коров после отела в период раздоя почти 1000 г резервных липидов отправляется на синтез молока [1, 5, 6, 8, 15, 16].

Кетозу подвергаются 20-80 % дойного стада, преимущественно высокопродуктивные коровы. Авторы объясняют данную тенденцию тем, что коровы, имеющие удой за 305 дней лактации свыше 8000 кг, отличаются довольно низкими приспособительными реакциями организма, поэтому даже в благоприятных условиях содержания, кормления и эксплуатации они подвержены метаболическим расстройствам. Наиболее опасной является субклиническая форма кетоза, которая возникает в первые недели после отела, а при отсутствии ранней диагностики и лечения может принести убытки в пределах от 600 до 1000 евро, так как продуктивность коров падает на 1-3 кг молока в сутки [2, 3, 7, 13, 17, 18].

Таким образом, важным является своевременная профилактика и мониторинг клинического и гематологического статуса коров в транзитный период, так же, как и разработка способов терапии метаболических нарушений.

Цель настоящей работы – нормализация обмена веществ новотельных коров препаратами PS-2, Prevention-N-E и ПДЭ (плацента денатурированная эмульгированная) с Е-селен, терапия субклинического кетоза энергетическим напитком.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

1) определить степень распространения заболевания кетоз среди новотельных коров;

2) сравнить эффективность разработанных биопрепаратов в профилактике нарушений обмена веществ глубокостельных и новотельных коров;

3) изучить биохимические показатели крови коров на фоне иммунокоррекции биопрепаратами;

4) исследовать молочную продуктивность, соотношение жир/белок в молоке, наличие кетоновых тел в крови животных при терапии энергетическим напитком.

Материалы и методы исследования

Научно-производственный эксперимент проведен в цехе животноводства АО «Агрофирма «Ольдеевская» Республики Чувашия, Россия, а обработка полученных данных произведена на базе Чувашской республиканской ветеринарной лаборатории Госветслужбы Чувашии и лабораторий Чувашского государственного аграрного университета. Исследовательская работа состояла из двух серий опытов. В первой серии эксперимента мы изучали влияние биопрепаратов PS-2, Prevention-N-E и ПДЭ+Е-селен на углеводно-минеральный обмен и кислотно-щелочное состояние. Для проведения научных исследований были подобраны 4 группы коров голштинизированной черно-пестрой породы сухостойного периода по 10 животных в каждой.

Схема опыта заключалась в следующем: коровам в первой и второй опытных группах трехкратно за 40, 20 и 10 суток до отела внутримышечно инъецировали препараты PS-2 и Prevention-N-E, соответственно, по 10,0 мл на одну голову. В третьей опытной группе с целью сравнения эффективности за 20 суток до предполагаемой даты отела животным подкожно вводили ПДЭ – 20,0 мл и внутримышечно Е-селен – 10,0 мл.

Во второй серии опыта мы изучали наиболее эффективный способ лечения субклинического кетоза. Были сформированы 2 опытные группы коров 1-3-й лактации по принципу аналогов с показателями BHB (бета-гидроксибутират) от 1,3 до 3,0 ммоль/л на 5-е сутки после отела. У коров контрольной группы показатели BHB находились в пределах референсных значений. Данная группа включает здоровых животных.

Первой группе животных (n=10) трехкратно (т.е. на 6, 7, 8 сутки после отела) инъецировали:

- 40 %-й раствор глюкозы – 400 мл;
- гепатоджект – 50 мл.

Коровам второй опытной группы (n=10) трехкратно (т.е. на 6, 7, 8-е сутки после отела) с помощью дренчера выпаивали энергетический напиток, в состав которого входили:

- пропиленгликоль 400 г;
- сода 100 г;
- соль 100 г;
- целлобактерин 50 г;
- патока 50 г;
- вода 40 л (38-40º С).

ПДЭ – биогенный стимулятор из плаценты, в состав которого входят биологически активные вещества, в том числе аминокислоты, витамины, микро- и макроэлементы, липиды, белки и цитокины. Имеет вид эмульсии кремового оттенка, с характерным запахом. Оказывает выраженное противовоспалительное действие, активизирует репаративные процессы, улучшает метаболизм, стимулирует функцию системы воспроизводства у животных, повышает неспецифические защитные силы организма. Организация-разработчик – ООО «Медицинский научно-производственный комплекс «Биотехиндустрия», г. Москва, Россия.

Е-селен – лекарственный ветеринарный препарат, представляет собой раствор для внутримышечных инъекций. Действующими веществами являются натрия селенит и ацетат токоферола, а в качестве вспомогательных компонентов – солютол HS 15, спирт и вода. Организация-разработчик – «ООО «Нита-Фарм», г. Саратов, Россия.

PS-2 и Prevention-N-E – это биопрепараты, которые представляют собой водные суспензии на основе полисахаридов дрожжевых клеток Saccharomyces cerevisiae, иммобилизированных в агаровом геле с добавлением производного бензимидазола; также для подавления жизнедеятельности бактерий в препарат Prevention-N-E включен макролидный антибиотик. Разработки относятся к области биотехнологии и ветеринарной медицины, конкретно к способам получения препаратов для повышения неспецифической устойчивости организма, профилактики и лечения гинекологических заболеваний коров. Организация-разработчик – Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия.

Научно-исследовательскую работу выполняли с использованием зоогигиенических, клинико-физиологических, зоотехнических, гематологических методик:

1) клинико-физиологических – проводили наблюдение за поведением коров и телят, аппетитом, общим физиологическим состоянием; измеряли температуру тела ректально электронным термометром; частоту пульса регистрировали по хвостовой артерии – пальпацией; количество дыхательных движений в минуту – подсчетом дыхательных шумов в легких при вдохе и выдохе, с помощью фонендоскопа – методом аускультации.

2) зоотехнических – сервис-период, учет молочной продуктивности анализировали в автоматизированной системе «Селэкс. Молочный скот»; с помощью датчиков доильного зала Afimilk вели анализ состава молока, уделяя особое внимание компонентам белка и жира для эффективного выявления кетоза, проблемам с питанием и проблемам со здоровьем, связанным с пищеварением [2].

3) ветеринарных – отбор проб крови производили из хвостовой вены при помощи двусторонней иглы и вакутейнера с коагулянтом для получения сыворотки, и с антикоагулянтом для выделения плазмы крови. Для подтверждения или исключения кетоза мы исследовали кровь животных. Определение содержания бета-гидроксибутирата (BHB) в крови новотельных коров осуществляли на 5-е сутки после отела с помощью компактного прибора «WellionVet BELUA» (MED TRUST Handelsges.m.b.H. AUSTRIA). Для этого проводили отбор крови из хвостовой вены, затем каплю крови наносили на тест-полоску. Через 10-15 секунд на экране прибора высвечивается результат теста в ммоль/л. Отбор крови производили после утреннего доения. Согласно полученным результатам показателей BHB определяли степень нарушения метаболизма:

- до 1,2 ммоль/л – норма;
- 1,3 - 3,0 ммоль/л – субклиническая форма кетоза;

• более 3,1 ммоль/л – клинический кетоз.

4) биохимических – уровень АЛТ (Аланинаминотрансфераза), АСТ (Аспартатаминотрансфераза), глюкозы, кальция, фосфора, щелочного резерва измеряли автоматическим биохимическим и иммуноферментным анализатором «Chem Well Combo»;

5) обработка цифрового материала проведена методом вариационной статистики на достоверность различия сравниваемых показателей (P<0,05-0,001) с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 приведены результаты биохимических исследований крови коров на фоне применения разработанных препаратов. Одним из показателей, характеризующих уровень минерального обмена, является концентрация неорганического фосфора в сыворотке крови. В контрольной группе зарегистрирован дефицит неорганического фосфора, а в опытных – уровень данного макроэлемента находился в пределах референсных значений и возрастал в течение исследования. После отела важно контролировать уровень кальция в сыворотке крови коров. У коров контрольной группы отмечена послеродовая гипокальциемия, в то время как у коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп показатель оставался в пределах нормы и превосходил контрольных животных на 0,22 ммоль/л, 0,27 и 0,24 ммоль/л соответственно. Полученные результаты доказывают стимулирующее воздействие биопрепаратов на минеральный обмен организма и усвояемость макроэлементов.

Щелочной резерв на протяжении всего исследования находился в пределах физиологических значений и имел тенденцию к снижению в крови животных всех групп. При этом, несмотря на более низкий уровень щелочного резерва в крови контрольных коров относительно опытных, достоверно значимых показателей между группами за весь период наблюдения не было выявлено.

Гипогликемия – один из основных клинических признаков кетоза. Данное состояние характеризуется низким уровнем глюкозы в сыворотке крови, что и наблюдалось у подопытных животных. У всех животных данный показатель был ниже нормативных значений (2,0 - 3,5 ммоль/л): в контроле – ниже на 14,3 %, в 1-й опытной – на 9,8 %, во 2-й – на 13 % и в 3-й – на 5 %. В период исследований отмечается увеличение концентрации глюкозы у всех животных, что объясняется мобилизацией энергетических резервов организма в напряженный период. Следует отметить, что в контроле исследуемый показатель возрастал на 14 %, а в опытных группах на 22-38 %, достигая максимальных значений на 14-е сутки исследования при применении комплексного биопрепарата Prevention-N-E.

Увеличение уровня аланинаминтрансферазы и аспартатаминотрансферазы в крови коров до и после отела является сигналом о протекающих патологических процессах в печени и сердце.

Таблица 1 – Биохимические показатели крови сухостойных и новотельных коров

Показатель	Сроки наблюдения, сут		Группа животных				
	до отела	после отела	контрольная	1 опытная (PS-2)	2 опытная (Prevention-N-E)	3 опытная (ПДЭ+Е-селен)	Норма
Общий кальций, ммоль/л	15-10 10-5	 5	2,27±0,07 2,12±0,05 2,06±0,04	2,40±0,05 2,32±0,06 2,28±0,06*	2,46±0,04 2,40±0,03 2,33±0,07	2,50±0,07 2,39±0,03 2,30±0,05	2,1-3,8
Неорганический фосфор, ммоль/л	15-10 10-5	 5	1,42±0,07 1,39±0,08 1,45±0,08	1,55±0,03 1,61±0,05* 1,67±0,04	1,54±0,07 1,63±0,06 1,70±0,06*	1,54±0,07 1,63±0,05* 1,68±0,04	1,45-2,0
Щелочной резерв, об % CO_2	15-10 10-5	 5	47,5±0,84 46,8±1,12 46,2±1,20	50,2±0,86 49,7±1,24 49,5±1,10	49,8±0,78 49,8±1,03 49,6±1,16	50,0±1,07 49,5±1,22 49,2±0,94	46,0-66,0
Глюкоза, ммоль/л	15-10 10-5	 5	1,75±0,10 1,86±0,14 2,00±0,07	1,82±0,12 1,98±0,08 2,38±0,10*	1,77±0,05 2,00±0,12* 2,45±0,09*	1,90±0,16 2,02±0,08 2,32±0,08*	2,0 -3,5
АЛТ, ед./л	15-10 10-5	 5	62,47±2,03 61,25±2,98 58,12±1,93	57,15±3,87 52,58±2,09 47,32±2,10	54,54±3,09 46,05±1,98 42,10±3,11*	53,44±3,10 49,06±2,83* 46,23±3,95*	7-35
АСТ, ед./л	15-10 10-5	 5	122,18±3,85 128,46±5,08 133,34±4,64	107,50±5,5 110,93±5,3 116,12±4,0	100,36±4,68 105,30±4,04 108,12±4,10*	116,12±4,66 122,13±3,82 124,22±5,03*	45-110
ВНВ, ммоль/л	15-10 10-5	 5	1,3±0,38 1,4±0,33 1,7±0,21	0,9 ±0,42 1,1±0,38 1,3±0,09	0,8±0,43 1,1±0,21 1,2±0,17	1,0±0,34 1,3±0,18 1,4±0,52	0,1-1,3
Количество коров, с субклиническим кетозом, гол.	-	-	4	2	2	2	

* – P<0,05

Так, в рамках опыта мы наблюдали повышение активности АСТ в сыворотке крови коров опытных групп на 7-10 %. Апробированные в ходе исследований биопрепараты способствовали нормализации уровня изучаемой аминотрансферазы. К завершению наблюдения активность аспартатаминотрансферазы у животных опытных групп была ниже, чем в контроле на 13-19 %. Показатель аланинаминотрансферазы у животных 1-й, 2-й и 3-й опытных групп на начальном этапе эксперимента превышал нормативные значения на 33-38 %, что характеризует жировое поражение печени. На фоне инъекций биопрепаратов выявлено корректирующее действие, что проявлялось сокращением количества АЛТ на 13-22 %. При этом, у коров контрольной группы данный показатель не имел тенденцию к значительному снижению.

Таким образом, применение биопрепаратов PS-2, Prevention-N-E и ПДЭ с Е-селен глубокостельным коровам способствует оптимизации обменных процессов в организме и снижает риск возникновения субклинического кетоза в 2 раза по сравнению с животными, которым профилактика не проводилась.

Для начальной стадии кетоза характерно наличие кетоновых тел в крови, моче и молоке, что и наблюдалось у животных на 5-10 дни после отела. В целях определения распространенности патологии был проведен анализ заболеваемости данной патологией всего дойного стада за 2021 г., то есть 400 голов.

Согласно полученным данным (табл. 2) можно заключить, что уровень бета-гидроксибутирата у новотельного поголовья находится в широком диапазоне значений. У 65,7 % коров уровень ВНВ был ниже 1,1 ммоль/л, 34,3 % дойного стада имели проблемы с обменом веществ различной степени, 22,7 % коров имели субклиническую форму кетоза, остальные 11,6 % – клинически выраженную форму.

Таблица 2 – Показатели содержания кетоновых тел в крови у коров

Концентрация бета-гидроксибутирата, ммоль/л																					
>1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	<3,0
Количество животных																					
263	8	3	2	2	9	5	-	12	1	10	-	6	4	17	1	1	2	5	-	3	46

Таким образом, можно утверждать, что у основной массы коров кетоз протекает в субклинической форме, с показателем бета-гидроксибутирата в крови преимущественно в диапазоне 1,5-2,4 ммоль/л. При этом в 2021 году среди подверженных кетозу коров преобладают первотёлки – 6 %, у новотельных коров второй и третьей лактации – 5,5 %. В группе коров с кетозом превалировали животные с упитанностью выше средней – 83,3 %, а также со средней упитанностью – 16,7 %.

Исходя из литературных данных и результатов нашей работы, можно обобщить причины возникновения кетоза у новотельных коров: дефицит энергии в фазе интенсивной лактации, белковый перекорм и высокий уровень голштинизации скота на животноводческом комплексе. Голштинская порода довольно чувствительна к любым технологическим стрессам; для них характерно также крупноплодие, что приводит к родовым травмам, следовательно, и длительному восстановлению после родов. В связи с этим потребление корма снижено, а расход энергии увеличивается на восстановление организма и на продукцию молока, что и приводит к отрицательному энергетическому балансу.

В условиях животноводческого комплекса АО «Агрофирма «Ольдеевская» для животных, больных скрытым кетозом, применяются внутривенные инфузии глюкозы и нового гепатопротекторного препарата Гепатоджект (ООО АПИЦЕННА, Россия). Основными недостатками данного способа является высокая стоимость Гепатоджекта (1000 рублей – 100 мл), трудоемкость процесса трехкратных внутривенных инъекций животным (в среднем 30 минут на одну голову в день) и утилизация технического молока, так как после инъекции Гепатоджекта запрещено использовать продукцию животноводства для пищевых целей. Поэтому как альтернативный метод нами был предложен способ принудительного выпаивания коров энергетическим напитком с помощью дренчера.

Анализируя полученные данные в рамках терапии коров с диагнозом субклинический кетоз (табл. 3), можно отметить, что на 5-й день после отела у коров 1 и 2 опытных групп уровень ВНВ был выше, чем в контроле на 1,6 и 1,5 ммоль/л, но к завершающему этапу лечения (14-е сутки после отела) животные 2-й опытной группы достигли показателя 1,1 ммоль/л, что свидетельствует о нормализации обменных процессов. Внутривенные инъекции глюкозы и Гепатоджекта понизили уровень ВНВ до 1,5 ммоль/л, что свидетельствует о продолжающейся субклинической кетонемии и необходимости дальнейшего лечения более эффективными средствами.

Таблица 3 – Оценка комплексной терапии коров, больных кетозом

Показатель	Контрольная группа (здоровые животные)	1 опытная группа (глюкоза, гепатоджект)	2 опытная группа (энергетический напиток)
Количество коров, гол.	10	10	10
Средний показатель ВНВ, ммоль/л			
5-е сутки после отела	0,6±0,23*	2,2±0,05	2,1±0,13
10-е сутки после отела	0,9±0,11	1,7±0,09*	1,7±0,2*
14-е сутки после отела	0,9±0,07	1,5±0,16	1,1±0.19
Средний надой, л			
5-е сутки после отела	24,2±2,8	25,3±3,5	24,7±2,7*
10-е сутки после отела	25,8±3,2	17,5±2,4	18,0±1,9
14-е сутки после отела	26,6±2,0	23,7±3,1*	24,2±2,5
Среднее содержание жира, %			
5-е сутки после отела	4,56±0,02	4,42±0,21	4,47±0,23
10-е сутки после отела	4,47±0,17	4,47±0,09*	4,33±0,04
14-е сутки после отела	4,16±0,06	4,12±0,15	4,07±0,12*
Среднее содержание белка, %			
5-е сутки после отела	3,03±0,11	2,9±0,14	2,93±0,2
10-е сутки после отела	3,27±0,07	2,84±0,04	2,78±0,06*
14-е сутки после отела	3,11±0,19	3,1±0,09*	3,2±0,12
Жир/белок			
5-е сутки после отела	1,50±0,22	1,52±0,25	1,53±0,13
10-е сутки после отела	1,37±0,29	1,57±0,12	1,55±0,1
14-е сутки после отела	1,34±0,17	1,32±0,3	1,37±0,27

Снижение молочной продуктивности у коров опытных групп отмечается на 10-е сутки после отела, в 1-й опытной – на 7,8 л, во 2-й – на 6,7 л по сравнению с удоем на 5-е сутки после отела. На 14-е сутки после отела у коров со скрытым кетозом восстанавливается продуктивность и достигает 23,7 в 1-ой опытной и 24,2 во второй опытной группах, при этом Prevention-N-E оказался эффективнее.

За анализируемый период жирность молока в 1-й опытной группе в среднем понизилась на 6,8 %, во второй на – 9,0 % и в контроле – на 8,7 %. Белок в молоке 1-й и 2-й опытных групп, наоборот, увеличился на 6,9 и 9,2 % соответственно.

Соотношение жир/белок в молоке должно быть в диапазоне от 1,1 до 1,5; если показатель выходит за эти пределы, то велика вероятность несбалансированного кормления. Согласно полученным результатам, на начальной стадии исследований во всех группах отмечается незначительное повышение соотношения жир/белок, на 10 сутки у животных опытных групп данный показатель был максимальным и составил 1,57 в 1-ой опытной и 1,55 – во 2-й группе. На 14-е сутки после отела соотношение жир/белок у животных всех групп находилось в пределах физиологических норм.

Исходя из вышеизложенного, оба способа лечения субклинического кетоза оказались эффективными, но, учитывая технические недостатки Гепатоджекта и внутривенных инъекций, мы рекомендуем использовать выпаивание энергетического напитка.

Заключение

В результате проведенных исследований нами установлено, что 34,3 % дойного стада коров имели проблемы с обменом веществ различной степени. При этом субклиническая форма кетоза встречается чаще, чем клиническая и поражает до 23 % новотельных коров. К основным причинам регистрации большого количества коров с субклиническим кетозом мы считаем несоответствие кормления и эксплуатации коров в транзитный период с их биологическими потребностями, так как в этот период происходит перестройка обменных процессов, направленная на лактацию и восстановление.

Полученные результаты биохимических исследований крови опытных коров подтверждают эффективность применения PS-2, Prevention-N-E и ПДЭ+Е-селен с целью профилактики кетоза клинической и субклинической форм, так как препараты способствовали нормализации показателей обмена глюкозы, общего кальция и снижали уровень трансаминофераз до нормативных значений, тем самым сокращалось количество коров, больных кетозом, в 2 раза по сравнению с контролем.

Предложенные нами схемы лечения субклинического кетоза оказали хороший терапевтический эффект, однако использование энергетического напитка экономически целесообразнее в сравне-

нии с внутривенными инъекциями глюкозы и Гепатоджекта.

Таким образом, в целях профилактики нарушений белкового, жирового и углеводного обмена новотельных коров рекомендуем внутримышечно инъецировать биопрепараты PS-2 или Prevention-N-E стельным сухостойным коровам трехкратно за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до отела в дозе по 10,0 мл.

Для своевременного выявления нарушений обмена веществ молочных коров рекомендуем специалистам использовать экспресс-методы определения кетоновых тел у животных в молоке, крови и моче, т.е. портативные приборы и тест-полоски.

Рекомендуем для коров с положительным результатом на кетоз использовать следующую схему лечения: однократно в сутки в течение трех дней выпаивать с помощью дренчера энергетический напиток, состоящий из пропиленгликоля – 400 г, соды – 100 г, соли – 100 г, целлобактерина – 50 г, патоки – 50 г и 40 л теплой воды.

Перспектива дальнейшего исследования заключается в разработке комплексного применения биопрепаратов и смесей для энергетических напитков с целью профилактики нарушений метаболических процессов, в том числе ацидоза, у коров в транзитный период и в период раздоя.

Список источников

1. Данилова, А.Ю. Воспроизводительные качества первотелок на фоне иммуностимуляции / А.Ю. Данилова, Т.Н. Иванова // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку: мат. всерос. студ. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2020. - С. 184-189. URL: 42870229

2. Иванова, Т.Н. Иммунокоррекция организма комплексными отечественными биопрепаратами с целью повышения воспроизводительных качеств коров / Т.Н. Иванова, В.Г. Семенов // Современные достижения ветеринарной и зоотехнической науки: перспективы развития: мат. всерос. науч.-практ. конф. - Чебоксары, 2019. - С. 24-30.

3. Иванова, Т.Н. Профилактика болезней послеродового периода и реализация репродуктивных качеств коров на фоне иммунокоррекции / Т.Н. Иванова, В.Г. Семенов // Молодежь и инновации: Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. - Чебоксары, 2019. - С. 167-172.

4. Кириллов, Н.К. Улучшение воспроизводительных и продуктивных качеств черно-пестрого скота биостимуляторами / Н.К. Кириллов, В.Г. Семенов, С.Г. Яковлев // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». - М., 2012. - № 2(8). - С.89-90.

5. Кондручина, С.Г. Применение иммунотропных препаратов при профилактике послеродовых осложнений у высокопродуктивных коров / С.Г. Кондручина, Т.Н. Иванова // Современные проблемы и перспективы развития ветеринарной медицины и практического животноводства: мат. междунар. науч.-практ. конф. - Чебоксары, 2021. - С. 48-54. URL: 47323294

6. Кузнецов, А.Ф. Гигиена содержания и кормления крупного рогатого скота / А.Ф. Кузнецов, В.Г. Тюрин, В.Г. Семенов, В.Г. Софронов, Е.П. Дементьев, К.А. Рожков // Учебник. - Санкт-Петербург, 2016. - 336 с.

7. Семенов, В.Г. Реализация воспроизводительных качеств коров и продуктивного потенциала телят биопрепаратами / В.Г. Семенов, Д.А. Никитин, Н.И. Герасимова, В.А. Васильев // Известия Международной академии аграрного образования. - 2017. - № 33. - С. 172-175.

8. Семенов, В.Г. Способ повышения молочной продуктивности и качества молока коров / В.Г. Семенов, Е.П. Симурзина // Мат. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения А.И. Кузнецова. - Чебоксары, 2020. - С. 142-148.

9. Симурзина, Е.П. Заболеваемость и сохранность, продуктивные и воспроизводительные качества импортного голштинского скота / Е.П. Симурзина // Молодежь и инновации: мат. XV всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов.- Чебоксары, 2019.- С. 198-203.

10. Симурзина, Е.П. Роль дрожжевых и биогенных стимуляторов в регуляции иммунного ответа стельных и новотельных коров / Е.П. Симурзина, Е.Н. Иванова // Современные проблемы и перспективы развития ветеринарной медицины и практического животноводства: мат. междунар. науч.-практ. конф. - Чебоксары, 2021. - С. 104-110. URL: 47323311

11. Albaaj, A. Hyperketolactia occurrence before or after artificial insemination is associated with a decreased pregnancy per artificial insemination in dairy cows / A. Albaaj, M. Jattiot, L. Manciaux // J. Dairy Sci.- 2019.- 102: 8527–8536.

12. Antanaitis, R. Biomarkers from automatic milking system as an indicator of subclinical acidosis and subclinical ketosis in fresh dairy cows / R. Antanaitis // Polish journal of veterinary sciences.- 2019.- 22(4): 685-693. doi:10.24425/pjvs.2019.129981

13. Chung, Y. Effects of feeding dry propylene glycol to early postpartum Holstein dairy cows on production and blood parameters / Y. Chung, I. Girard, G. Varga // Animal.- 2009, 3(10).- 1368-1377. doi:10.1017/S1751731109990292

14. Delić, B. Metabolic adaptation in first week after calving and early prediction of ketosis type I and II in dairy cows / B. Delić, B. Belic // Large Animal Review.- 2020, 26. - 51-55.

15. Garro C. Subclinical ketosis in dairy cows: Prevalence and risk factors in grazing production system / C. Garro, L. Mian, M. Roldán // J Anim Physiol a Anim Nutr.- 2013.- 98. doi:10.1111/jpn.12141.

16. Kondruchina, S.G. Effect of immunoprophylaxis on reproduction function of highly productive cows / Kondruchina S.G., Larionov G.A., Ivanova T.N., Tolstova S.L., Biryukova D.E., Stepanova A.V., Semenov A.A., Tyurin V.G., Kuznetsov A.F., Leontyev L.B., Ivanova E.N. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.- 2021.- 012-037 DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012037

17. Pascottini, O.B. Modulation of immune

function in the bovine uterus peripartum / O.B. Pascottini, S.J. LeBlanc // Theriogenology.- 2020, 150. -193-200. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.042.
18. Semenov, V.G. Influence of biopreparations on the postnatal period of highly productive cows / V.G. Semenov, E.P. Simurzina, S.G. Kondruchina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 012-041. doi:10.1088/1755-1315/935/1/012041.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Danilova, A.YU. Vosproizvoditel'nye kachestva pervotelok na fone immunostimulyacii / A.YU. Danilova, T.N. Ivanova // Studencheskaya nauka - pervyj shag v akademicheskuyu nauku: mat. vseros. stud. nauch.-prakt. konf. – CHeboksary, 2020. - S. 184-189. URL: 42870229
2. Ivanova, T.N. Immunokorrekciya organizma kompleksnymi otechestvennymi biopreparatami s cel'yu povysheniya vosproizvoditel'nyh kachestv korov / T.N. Ivanova, V.G. Semenov // Sovremennye dostizheniya veterinarnoj i zootekhnicheskoj nauki: perspektivy razvitiya: mat. vseros. nauch.-prakt. konf. - CHeboksary, 2019. - S. 24-30.
3. Ivanova, T.N. Profilaktika boleznej poslerodovogo perioda i realizaciya reproduktivnyh kachestv korov na fone immunokorrekcii / T.N. Ivanova, V.G. Semenov // Molodezh' i innovacii: Materialy XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. - CHeboksary, 2019. - S. 167-172.
4. Kirillov, N.K. Uluchshenie vosproizvoditel'nyh i produktivnyh kachestv cherno-pestrogo skota biostimulyatorami / N.K. Kirillov, V.G. Semenov, S.G. YAkovlev // Rossijskij zhurnal «Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ekologii». - M., 2012. - № 2(8). - S.89-90.
5. Kondruchina, S.G. Primenenie immunotropnyh preparatov pri profilaktike poslerodovyh oslozhnenij u vysokoproduktivnyh korov / S.G. Kondruchina, T.N. Ivanova // Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya veterinarnoj mediciny i prakticheskogo zhivotnovodstva: mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - CHeboksary, 2021. - S. 48-54. URL: 47323294
6. Kuznecov, A.F. Gigiena soderzhaniya i kormleniya krupnogo rogatogo skota / A.F. Kuznecov, V.G. Tyurin, V.G. Semenov, V.G. Sofronov, E.P. Dement'ev, K.A. Rozhkov // Uchebnik. - Sankt-Peterburg, 2016. - 336 s.
7. Semenov, V.G. Realizaciya vosproizvoditel'nyh kachestv korov i produktivnogo potenciala telyat biopreparatami / V.G. Semenov, D.A. Nikitin, N.I. Gerasimova, V.A. Vasil'ev // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. - 2017. - № 33. - S. 172-175.
8. Semenov, V.G. Sposob povysheniya molochnoj produktivnosti i kachestva moloka korov / V.G. Semenov, E.P. Simurzina // Mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya A.I. Kuznecova. - CHeboksary, 2020. - S. 142-148.
9. Simurzina, E.P. Zabolevaemost' i sohrannost', produktivnye i vosproizvoditel'nye kachestva importnogo golshtinskogo skota / E.P. Simurzina // Molodezh' i innovacii: mat. XV vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i studentov.- CHeboksary, 2019.- S. 198-203.
10. Simurzina, E.P. Rol' drozhzhevyh i biogennyh stimulyatorov v regulyacii immunnogo otveta stel'nyh i novotel'nyh korov / E.P. Simurzina, E.N. Ivanova // Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya veterinarnoj mediciny i prakticheskogo zhivotnovodstva: mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - CHeboksary, 2021. - S. 104-110. URL: 47323311
11. Albaaj, A. Hyperketolactia occurrence before or after artificial insemination is associated with a decreased pregnancy per artificial insemination in dairy cows / A. Albaaj, M. Jattiot, L. Manciaux // J. Dairy Sci.- 2019.- 102: 8527–8536.
12. Antanaitis, R. Biomarkers from automatic milking system as an indicator of subclinical acidosis and subclinical ketosis in fresh dairy cows / R. Antanaitis // Polish journal of veterinary sciences.- 2019.- 22(4): 685-693. doi:10.24425/pjvs.2019.129981
13. Chung, Y. Effects of feeding dry propylene glycol to early postpartum Holstein dairy cows on production and blood parameters / Y. Chung, I. Girard, G. Varga // Animal.- 2009, 3(10).- 1368-1377. doi:10.1017/S1751731109990292
14. Delić, B. Metabolic adaptation in first week after calving and early prediction of ketosis type I and II in dairy cows / B. Delić, B. Belic // Large Animal Review.- 2020, 26. - 51-55.
15. Garro C. Subclinical ketosis in dairy cows: Prevalence and risk factors in grazing production system / C. Garro, L. Mian, M. Roldán // J Anim Physiol a Anim Nutr.- 2013.- 98. doi:10.1111/jpn.12141.
16. Kondruchina, S.G. Effect of immunoprophylaxis on reproduction function of highly productive cows / Kondruchina S.G., Larionov G.A., Ivanova T.N., Tolstova S.L., Biryukova D.E., Stepanova A.V., Semenov A.A., Tyurin V.G., Kuznetsov A.F., Leontyev L.B., Ivanova E.N. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.- 2021.- 012-037 DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012037
17. Pascottini, O.B. Modulation of immune function in the bovine uterus peripartum / O.B. Pascottini, S.J. LeBlanc // Theriogenology.- 2020, 150. -193-200. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.01.042.

18. Semenov, V.G. Influence of biopreparations on the postnatal period of highly productive cows / V.G. Semenov, E.P. Simurzina, S.G. Kondruchina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 012-041. doi:10.1088/1755-1315/935/1/012041.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Семенов Владимир Григорьевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой морфологии, акушерства и терапии, semenov_v.g@list.ru

Симурзина Елена Павловна, канд. вет. наук, ассистент кафедры морфологии, акушерства и терапии, gra92gra@gmail.com

Кириллов Николай Кириллович, д-р вет. наук, профессор кафедры морфологии, акушерства и терапии, kafmorf@yandex.ru

Никитин Дмитрий Анатольевич, д-р вет. наук, профессор кафедры морфологии, акушерства и терапии, Nikitin_d_a@mail.ru

Иванова Елена Николаевна, канд. филологических наук, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин, ien161110@mail.ru

Information about the authors

Semenov Vladimir G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, semenov_v.g@list.ru

Simurzina Elena P., Candidate of Veterinary Sciences, Assistant of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, gra92gra@gmail.com

Kirillov Nikolay K., Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, kafmorf@yandex.ru

Nikitin Dmitry A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Nikitin_d_a@mail.ru

Ivanova Elena N., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor of the Department of General Education Disciplines, ien161110@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 04.06.2022; принята к публикации 10.06.2020

The article was submitted 17.05.2022; approved after reviewing 04.06.2022; accepted for publication04.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №,2 с.97- 108
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №,2 pp 97- 108

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК: 599.735.31.575.174.015.3
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.012

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (RANGIFER TARANDUS) ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Любовь Дмитриевна Тараканец[1] ✉, Яна Александровна Кабицкая[2], Лариса Александровна Глазунова[3], Елена Григорьевна Бойко[4]

[1,2,3,4] Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г Тюмень, Россия
[1]tarakanets.ld.s32@ibvm.gausz.ru
[2]kabitskaya@gausz.ru
[3]glazunovala@gausz.ru
[4]boyko@gausz.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Традиционной отраслью сельского хозяйства на северной территории Тюменской области является оленеводство. Оленина является основным продуктом питания для северных народов, её производством занята большая часть коренного населения Ямало- Ненецкого автономного округа. Отсутствие грамотного подхода в селекционно-племенной работе привело к вырождению северного оленя и уменьшению его популяции. Для улучшения качества и количества производимой продукции необходимо создание племенного ядра на оленеводческих предприятиях, в том числе с использованием инструментов молекулярной генетики. Целью исследования являлось изучение генетической структуры популяции северного оленя, разводимой на территории Тюменской области.*
Методология. *Исследования проведены в Центре геномных технологий ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. Материалом для исследования служили ушные выщипы 50 голов северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий». Генетическая структура популяции представлена на основе изучения микросателлитных маркеров: BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, C143, Rt7, OheQ, FCB193, Rt6, C217, Rt24, C32, BMS745, NVHRT16, T40, C276, а также пол-спецефичного маркера SRY (ООО «Гордис») методом ПЦР.*
Результаты. *Установлено, что по 16 микросателлитным локусам наибольшее аллельное разнообразие отмечено в локусах Rt9 и OheQ (по 10 аллелей), наименьшее – в локусе C217 (1 аллель), при среднем значении 6,5±0,6 аллелей на локус. Также установлены наиболее часто встречающиеся генотипы в изучаемой популяции – $T40^{13/13}$ (0,44), $Rt301^{5/15}$ (0,46), $C143^{7/7}$ (0,48) и C2178/8 (1,0). Сравнение полученных результатов с имеющимися литературными данными показало высокую степень полиморфизма в популяции северных оленей чукотской породы.*
Заключение. *Созданный банк ДНК северного оленя позволит применить генетические профили животных для определения породной идентификации оленьих стад.*

Ключевые слова: *Rangifer tarandus, северный олень, микросателлитные маркеры, генетическая структура*

Для цитирования: *Тараканец Л.Д., КабицкаяЯ.А., Глазунова Л.А., Бойко Е.Г. Генетическая структура популяции северного оленя (rangifer tarandus) Тюменской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С.97- 108 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.012*

Original article

GENETIC STRUCTURE OF THE REINDEER (RANGIFER TARANDUS) POPULATION OF THE TYUMEN REGION

Tarakanets L. D. *[1] ✉, Kabitskaya Ya.A[2]., Glazunova L.A[3]., Boiko E.G[4]*
[1,2,3,4] Northern Trans-Ural State Agricultural University
[1]tarakanets.ld.s32@ibvm.gausz.ru

© Тараканец Л.Д., Кабицкая Я.А., Глазунова Л.А., Бойко Е.Г., 2022 г.

[2]kabitskaya@gausz.ru
[3]glazunovala@gausz.ru
[4]boyko@gausz.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The traditional branch of agriculture in the northern territory of the Tyumen region is reindeer breeding. Reindeer meat is the main food product for the northern peoples; most of the indigenous population of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug is engaged in its production. The lack of a competent approach in selection and breeding work has led to the degeneration of the reindeer and a decrease in its population. To improve the quality and quantity of products produced, it is necessary to create a breeding core at reindeer breeding enterprises, including using the tools of molecular genetics. The purpose of the study was to study the genetic structure of the reindeer population bred in the Tyumen region.*
Methods. *The studies were carried out at the Center for Genomic Technologies of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. The material for the study was the ear plucks of 50 reindeer, bred in JSC State Farm Baidaratsky. The genetic structure of the population is presented based on the study of microsatellite markers: BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, C143, Rt7, OheQ, FCB193, Rt6, C217, Rt24, C32, BMS745, NVHRT16, T40, C276, as well as the sex-specific marker SRY (Gordis LLC) by PCR method.*
Results. *According to the results of molecular genetic analysis for 16 microsatellite loci, the highest allelic diversity was noted in the Rt9 and OheQ loci (10 alleles each), the lowest in the C217 locus (1 allele), with an average value of 6.5 ± 0.6 alleles per locus. The most common genotypes in the studied population were also established - $T40^{13/13}$(0.44), $Rt30^{15/15}$(0.46), $C143^{7/7}$(0.48) and $C217^{8/8}$(1.0). Comparison of the obtained results with the available literature data showed a high degree of polymorphism in the population of reindeer of the Chukchi breed.*
Conclusion. *The created reindeer DNA-bank will allow using animal genetic profiles to determine the breed identification of reindeer herds.*

Key words: *Rangifer tarandus, reindeer, microsatellite markers, genetic structure*
For citation: *Tarakanets L.D., Kabitskaya Ya.A., Glazunova L.A., Boiko E.G. Genetic structure of the reindeer (rangifer tarandus) population of the Tyumen region.Herald ofRyazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(2). P 97-.108 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.012*

Введение

Активное освоение территорий севера Российской Федерации создало необходимость обеспечения растущего населения качественным и полноценным питанием, желательно местного производства. Традиционной отраслью сельского хозяйства на территории севера Тюменской области, в том числе ЯНАО, является оленеводство. Северный олень Rangifer tarandus – единственный вид рода Rangifer, относится к числу немногих, у которых дикая форма сосуществует с домашней. Домашняя форма не имеет существенных отличий от современного дикого оленя, они обитают почти в одинаковых условиях, которые за долгое время практически не изменились [1].

Оленеводство обеспечивает не только коренное население севера региона и страны в целом мясными продуктами, но также является возможностью сохранения культуры. Необходимо учитывать, что около 70 % всех одомашненных оленей выпасается именно на севере Тюменской области [2]. Поддержание численности популяции позволит обеспечить продукцией оленеводства жителей других регионов, а также сохранить привычный уклад жизни коренного населения Севера.

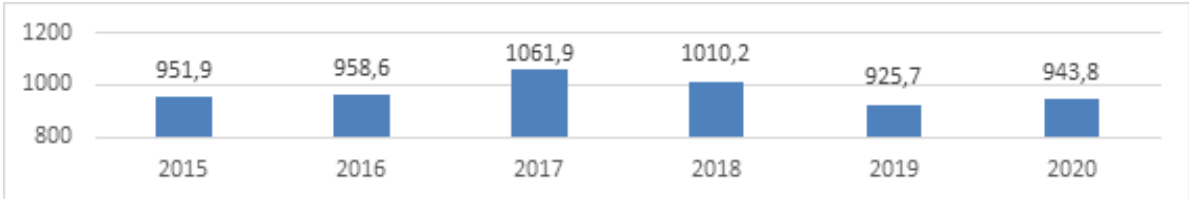


Рис. 1 – Численность дикого северного оленя на территории Российской Федерации, тыс. голов [3]
(The number of wild reindeer in the territory of the Russian Federation, thousand heads)

По данным Федеральной службы государственной статистики (рис. 1) в период с 2015 по 2020 годы наибольшая численность дикого северного оленя зарегистрирована в 2017 году (1061,9 тыс. голов); в 2020 году численность популяции уменьшилась на 11,51 % и составила 943,8 тыс. голов.

У северного оленеводства есть определенные трудности, связанные с особенностью территории. Зоны арктических и субарктических тундр бедны кормами и непригодны для разведения других видов животных. Олени находятся под действием хронического стресса, а также они уязвимы перед экстремальными природными явлениями Крайнего Севера, что оказывает существенное влияние на реализацию генотипа и продуктивность животных [4,5].

В 90-е годы прошлого века произошел резкий

спад оленеводства, однако в последнее время идет активная работа по восстановлению популяции с применением современных методов генетических технологий [6]. Северные регионы России активно развиваются, также растет спрос на товары пантового оленеводства. Оценка генетической структуры популяции северного оленя с использованием ДНК-маркеров позволит вести грамотную селекционно-племенную работу, а также проводить исследования для выявления породоспецифичных аллелей популяции оленей различных пород, разводимых на предприятиях страны [7-9].

В работе использован метод ДНК анализа по микросателлитным маркерам для оценки генетической структуры северного оленя, разводимого на территории Тюменской области, в том числе ЯНАО[10].

Цели и задачи исследования

Целью исследования являлось изучение генетической структуры северного оленя на основе анализа 16 микросателлитных маркеров. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1) создать банк ДНК - образцов северных оленей;

2) выявить частоту встречаемости аллелей и генотипов по 16-тимикросателлитным локусам генома северного оленя у исследуемых животных, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»;

3) сравнить генетическую структуру популяции северных оленей с чукотской (Чукотский АО) и эвенкийской (МУП «Жилиндинский») породами.

Материалы и методы

Объектом исследования является популяция северных оленей, разводимая в АО «Совхоз «Байдарацкий». Лабораторные исследования проводили в Центре геномных технологий ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.

Материалом для исследования послужили ушные выщипы северного оленя в количестве 50 образцов.

Выделение ядерной ДНК из исследуемых образцов проводили методом фенольно-хлороформной экстракции [11,12]. ПЦР анализ проведен с помощью тест-системы «Набор реагентов COrDIS Reindeer для мультиплексного анализа 16 микросателлитных маркеров северных оленей» (ООО «Гордиз», Россия), который включает следующие локусы: BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, C143, Rt7, OheQ, FCB193, Rt6, C217, Rt24, C32, BMS745, NVHRT16, T40 и C276 и 1 пол-специфический локус SRY. Общий объем реакционной смеси составляет 25 мкл. Амплификация и фрагментный анализ микросателлитных локусов проведен согласно инструкции фирмы производителя набора [13].

Статистический анализ данных

Частоту отдельных аллелей для оценки генетической структуры популяции определяли по формуле Е.К. Меркурьевой [14].

Результаты исследований

У исследованной выборки северного оленя выявлен полиморфизм по микросателлитным локусам. При генотипировании животных по 16-тимикросателлитным локусам было идентифицировано 106 аллелей. Число аллелей по изученным локусам у исследуемой популяции варьировало от 1 до 10 при среднем показателе равном 6,5±0,6 (рис. 2). Наибольшее число аллелей выявлено в локусах Rt9 и OheQ (10 аллелей), наименьшее – в локусе C217 (1 аллель).

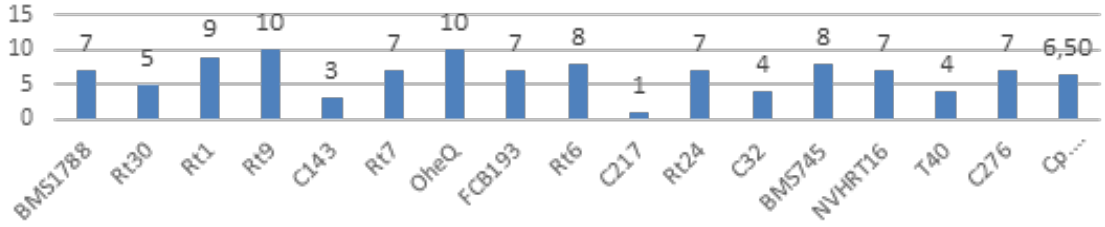


Рис. 2 – Количество аллелей, изученных микросателлитных локусов северного оленя, разводимого в АО «Совхоз «Байдарацкий»
(The number of alleles studied microsatellite loci of the reindeer bred in JSC State Farm Baidaratsky)

На рисунке 3 представлены значения средней частоты встречаемости аллелей в исследуемых локусах по микросателлитным маркерам. Она варьирует от 0,1 до 1,0 при среднем показателе равном 0,22±0,06. С наибольшей частотой встречаемости (≥0,23) обнаружены аллели: BMS1788[17]; Rt30[15]; Rt1[22]; Rt9[21]; C14[37]; Rt7[11]; OheQ[11]; FCB1930[17]; Rt6[24]; C21[78];Rt24[21];C32[14];BMS745[12];NVHRT16[25]; T40[13]и C276[53].

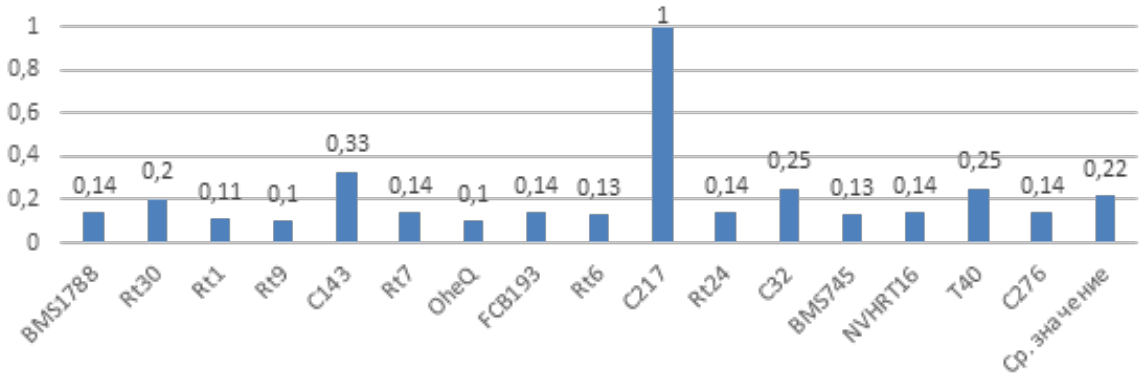


Рис. 3 – Средние значения частоты встречаемости аллелей по изученным микросателлитным локусам северного оленя, разводимого в АО «Совхоз «Байдарацкий»
(Average values of the frequency of occurrence of alleles for the studied microsatellite loci of the reindeer bred at JSC State Farm Baidaratsky)

Наименьшая частота встречаемости аллелей обнаружена в диапазоне от 0,01 до 0,08 и выявлена в 14 локусах: BMS1788[14]; Rt30[24]; Rt30[25]; Rt1[25]; Rt[91]; C14[36]; Rt[73]; Rt7[10]; OheQ[10]; OheQ[22]; FCB1930[14]; FCB1930[15];Rt6[12]; Rt6[16]; Rt6[25]; Rt24[12]; C32[20]; BMS745[19]; NVHRT16[28]; T40[11] и C276[47].

В таблице 1 представлена генетическая структура исследуемой популяции северного оленя, разводимой на предприятии АО «Совхоз «Байдарацкий» по локусу BMS1788, где у исследованных особей выявлено 15 генотипов. Следует отметить, что чаще встречаются животные с генотипом 16/17 (0,3). Наименьшая частота встречаемости (0,02) по локусу BMS1788 отмечается у животных с генотипами 13/15, 13/16, 14/18, 15/17, 15/18 и 16/15.

Таблица 1 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу BMS1788 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
BMS1788	1	12/17	3	0,06	9	16/15	1	0,02
	2	13/15	1	0,02	10	16//16	2	0,04
	3	13/16	1	0,02	11	16/17	15	0,30
	4	13/17	6	0,12	12	16/18	4	0,08
	5	14/18	1	0,02	13	17/17	7	0,14
	6	15/16	3	0,06	14	17/18	2	0,04
	7	15/17	1	0,02	15	18/18	2	0,04
	8	15/18	1	0,02				

По локусу Rt30 выявлено 6 генотипов. Наибольшая частота встречаемости обнаружена у животных с генотипом 15/15 (0,46). Наименьшая частота встречаемости (0,04) выявлена у животных с генотипами15/24, 21/25 и 21/21 (табл.2).

Таблица 2 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt30 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt30	1	15/15	23	0,46	4	15/24	2	0,04
	2	15/20	10	0,20	5	21/25	2	0,04
	3	15/21	11	0,22	6	21/21	2	0,04

Для локуса Rt1 выявлено 19 генотипов у исследованных животных. Наибольшая частота встречаемости обнаружена у животных с генотипом 22/24 (0,12). Наименьшая частота встречаемости (0,02) выявлена у животных с генотипами 16/24, 17/18, 17/22, 17/24, 19/23 и 23/25 (табл. 3).

Таблица 3 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt1 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt1	1	16/17	4	0,08	11	18/24	2	0,04
	2	16/19	2	0,04	12	19/22	5	0,10
	3	16/22	3	0,06	13	19/23	1	0,02
	4	16/24	1	0,02	14	19/24	4	0,08
	5	17/17	2	0,04	15	22/22	3	0,06
	6	17/18	1	0,02	16	22/23	2	0,04
	7	17/19	3	0,06	17	22/24	6	0,12
	8	17/22	1	0,02	18	23/23	2	0,04
	9	17/24	1	0,02	19	23/25	1	0,02
	10	17/26	2	0,04				

В локусе Rt9 обнаружено 18 генотипов, среди которых у наибольшего числа животных был выявлен генотип 21/23, для которого установлена частота встречаемости 0,18. У особей с генотипами 12/1, 12/12, 19/22, 21/21 и 23/23 выявлена частота встречаемости равная 0,02 (табл. 4).

Таблица 4 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt9 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt9	1	12/1	1	0,02	10	19/22	1	0,02
	2	12/12	1	0,02	11	20/21	3	0,06
	3	12/18	3	0,06	12	21/21	1	0,02
	4	12/19	3	0,06	13	21/22	4	0,08
	5	12/21	3	0,06	14	21/23	9	0,18
	6	12/24	3	0,06	15	21/24	3	0,06
	7	17/21	2	0,04	16	22/24	5	0,10
	8	18/21	2	0,04	17	24/24	3	0,06
	9	18/22	2	0,04	18	23/23	1	0,02

Для локуса С143 выявлено 5 генотипов. Максимальная частота встречаемости обнаружена у животных с генотипом 7/7 и составила 0,48. Минимальная – у животных с генотипами 6/7 и 6/8 и равна 0,08 (табл. 5).

Таблица 5 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу С143у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
С143	1	6/7	4	0,08	4	7/8	11	0,22
	2	6/8	4	0,08	5	8/8	7	0,14
	3	7/7	24	0,48				

В локусе Rt7 обнаружено 11 генотипов, где наибольшая частота встречаемости выявлена у особей с генотипом 11/11 (0,26). Наименьшую частоту (0,02) имеют животные с генотипами 3/12, и 10/11 (табл. 6).

Таблица 6 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt7y северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt7	1	3/12	1	0,02	7	11/16	8	0,16
	2	11/15	3	0,06	8	12/13	2	0,04
	3	10/11	1	0,02	9	12/15	5	0,10
	4	11/11	13	0,26	10	15/16	3	0,06
	5	11/12	9	0,18	11	16/16	2	0,04
	6	11/13	3	0,06				

Для локуса OheQ выявлено 22 генотипа (табл. 7). Наибольшая частота встречаемости обнаружена у животных с генотипом 17/19(0,12), наименьшая выявлена у животных с генотипами 10/17, 15/15, 16/22, 17/20 и 19/19 (0,02).

Таблица 7 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу OheQ у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
OheQ	1	10/17	1	0,02	12	15/19	2	0,04
	2	11/11	5	0,10	13	16/18	2	0,04
	3	11/15	2	0,04	14	16/19	3	0,06
	4	11/16	2	0,04	15	16/22	1	0,02
	5	11/17	2	0,04	16	17/18	2	0,04
	6	11/19	3	0,06	17	17/19	6	0,12
	7	11/20	2	0,04	18	17/20	1	0,02
	8	11/21	4	0,08	19	17/21	2	0,04
	9	15/15	1	0,02	20	19/19	1	0,02
	10	15/16	2	0,04	21	19/20	2	0,04
	11	15/17	2	0,04	22	20/21	2	0,04

Для локуса FCB193 популяции выявлено 15 генотипов, из которых наибольшее число животных является гетерозиготами с генотипом 13/17 (0,20). Наименьшая частота встречаемости (0,02) обнаружена у особей с генотипами 14/23 и 15/17 (табл. 8).

Таблица 8 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу FCB193 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
FCB193	1	12/12	4	0,08	9	13/17	10	0,2
	2	12/13	3	0,06	10	13/21	2	0,04
	3	12/17	4	0,08	11	14/23	1	0,02
	4	12/21	3	0,06	12	15/17	1	0,02
	5	12/23	2	0,04	13	17/17	6	0,12
	6	13/13	3	0,06	14	17/21	2	0,04
	7	13/14	2	0,04	15	17/23	5	0,1
	8	13/15	2	0,04				

В локусе Rt6 обнаружено 14 генотипов. Большая часть животных в исследуемой популяции является гетерозиготами с генотипом 19/24, который выявлен у 12 животных (0,24). Меньшая частота встречаемости (0,02) выявлена у животных с генотипами 19/23, 19/25 и 22/25 (табл. 9).

Таблица 9 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt6 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt6	1	12/24	2	0,04	8	19/24	12	0,24
	2	16/19	2	0,04	9	19/25	1	0,02
	3	18/19	2	0,04	10	22/24	2	0,04
	4	18/23	2	0,04	11	22/25	1	0,02
	5	19/19	7	0,14	12	23/23	2	0,04
	6	19/22	4	0,08	13	23/24	3	0,06
	7	19/23	1	0,02	14	24/24	9	0,18

Для локуса С217, выявлен 1 генотип для всей исследуемой популяции. По исследуемому локусу все животныегомозиготны с генотипом 8/8 (табл. 10).

Таблица 10 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу С217у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
С217	1	8/8	50	1				

Для локуса Rt24 выявлено 17 генотипов (табл. 11). Наиболее распространены (0,24) по данному локусу животные с генотипом 19/24. Наименьшая частота встречаемости обнаружена у исследованных особей с генотипами 19/23, 19/25 и 22/25 (0,02).

Таблица 11 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Rt24 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Rt24	1	11/11	4	0,08	10	13/21	2	0,04
	2	11/12	1	0,02	11	15/15	2	0,04
	3	11/13	1	0,02	12	15/18	2	0,04
	4	11/15	2	0,04	13	15/19	4	0,08
	5	11/19	1	0,02	14	15/21	11	0,22
	6	11/21	4	0,08	15	18/18	2	0,04
	7	12/15	1	0,02	16	19/19	1	0,02
	8	13/15	2	0,04	17	21/21	7	0,14
	9	13/19	3	0,06				

По локусу С32 выявлено 5 генотипов (табл. 12). Наименьшая частота встречаемости установлена у животных с генотипом 14/20(0,02). Наибольшая частота встречаемости обнаружена у особей с генотипом 14/17 (0,50).

Таблица 12 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу С32 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
С32	1	12/14	2	0,04	4	14/20	1	0,02
	2	14/14	13	0,26	5	17/17	9	0,18
	3	14/17	25	0,50				

Для локуса BMS745выявлено 16 генотипов. Наиболее распространены особи с генотипом 12/13, для которого частота встречаемости составила 0,28. Наименее распространены животные с генотипами 9/13, 9/19, 11/14, 13/15 и 14/15, с частой встречаемости 0,02 (табл. 13).

Таблица 13 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу BMS745 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
BMS745	1	9/13	1	0,02	9	12/13	14	0,28
	2	9/19	1	0,02	10	12/14	4	0,08
	3	11/11	3	0,06	11	12/15	2	0,04
	4	11/12	6	0,12	12	13/13	2	0,04
	5	11/13	3	0,06	13	13/14	3	0,06
	6	11/14	1	0,02	14	13/15	1	0,02
	7	11/17	4	0,08	15	13/17	2	0,04
	8	12/12	2	0,04	16	14/15	1	0,02

В локусе Т40 обнаружено 7 генотипов. По данному локусу наибольшее количество животных – гомозиготы, для которых выявлен генотип 13/13 с частотой встречаемости равной 0,44. Для особей с генотипом 13/21 выявлена наименьшая частота встречаемости равная 0,02 (табл. 14).

Таблица 14 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу Т40 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
Т40	1	11/13	4	0,08	5	14/14	2	0,04
	2	13/13	22	0,44	6	14/21	3	0,06
	3	13/14	1	0,02	7	21/21	8	0,16
	4	13/21	10	0,20				

Для локуса NVHRT16 обнаружено 15 генотипов (табл. 15). У животных с генотипами 10/25, 21/28, 22/26, 25/28 и 26/26 выявлена наименьшая частота встречаемости и составила 0,02. Набольшее число животных имеет генотип 21/25 с частотой встречаемости равной 0,24.

Таблица 15 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу NVHRT16 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
NVHRT16	1	10/21	2	0,04	9	22/25	5	0,10
	2	10/25	1	0,02	10	22/26	1	0,02
	3	21/21	3	0,06	11	25/25	6	0,12
	4	21/22	3	0,06	12	25/26	4	0,08
	5	21/25	12	0,24	13	25/28	1	0,02
	6	21/26	6	0,12	14	26/26	1	0,02
	7	21/28	1	0,02	15	26/31	2	0,04
	8	21/31	2	0,04				

Для локуса С276 выявлено 13 генотипов, из которых большее число животных является гетерозиготами с генотипом 49/53, для которого выявлена частота встречаемости 0,22. Наименьшая частота встречаемости (0,02) выявлена для особей с генотипами 34/49, 47/48 и 49/49 (табл. 16).

Таблица 16 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу С276 у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
С276	1	34/49	1	0,02	8	49/49	1	0,02
	2	34/53	5	0,10	9	49/53	11	0,22
	3	34/54	6	0,12	10	49/54	6	0,12
	4	45/53	2	0,04	11	53/53	4	0,08
	5	45/54	4	0,08	12	53/54	4	0,08
	6	47/48	1	0,02	13	54/54	3	0,06
	7	48/49	2	0,04				

В таблице 17 представлены данные по пол-специфичному локусу SRY, у 24 животных выявлен аллельY (0,77).

Таблица 17 – Количество и частота встречаемости генотипов по локусу SRY у северных оленей, разводимых в АО «Совхоз «Байдарацкий»

Локус	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа	№ пп	Генотип	Число голов	Частота генотипа
SRY	1	X/X	7	0,23	2	Y	24	0,77

Сравнение выборок популяций северного оленя, разводимого в АО «Совхоз «Байдарацкий» с чукотской (Чукотский АО) и эвенкийской (МУП «Жилиндинский») породами [15,16], представлено на рисунке 4.

Максимальное значение генетического разнообразия выявлено у оленей эвенкийской породы по локусам OheQ (19 аллелей) и BMS1788 (15 аллелей), несколько ниже – у чукотской породы в локусах BMS1788 (13 аллелей) и OheQ (12 аллелей). Минимальный уровень генетического разнообразия обнаружен у оленей чукотской породы по локусам Rt9 (10 аллелей) и OheQ (10 аллелей).

Таким образом, более высокая степень полиморфизма по микросателлитным локусам отмечена у оленей эвенкийской породы; можно предположить, что это связано с большим объемом выборки у исследуемых популяций.

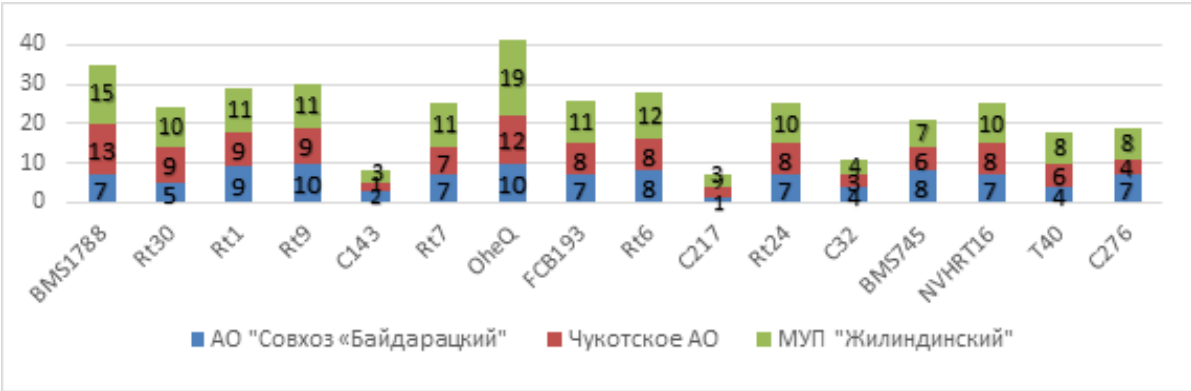


Рис. 4 – Сравнение количества аллелей изученных микросателлитных локусов северного оленя в АО «Совхоз «Байдарацкий», северных оленей чукотской породы (Чукотский АО) и северных оленей эвенкийской породы (МУП «Жилиндинский»)
(Comparison of the number of alleles studied microsatellite loci of the reindeer at JSC State Farm Baidaratsky, reindeer of the Chukchi breed (Chukotsky Autonomous District) and reindeer of the Evenk breed (MUP Zhilindinsky))

Очевидно, что в связи с освоением севера Тюменской области проведение исследований на основе молекулярно-генетического анализа является необходимым. Полученная информация по геному животных позволит применить знания об уникальных аллельных вариантах по микросателлитным маркерам при проведении грамотной селекционно-племенной работы и будет использо-

ваться при породной идентификации стад оленей, разводимых на различных предприятиях страны, а также в изучении филогении.[18]

Выводы

На основании полученных результатов молекулярно-генетического исследования поголовья северного оленя, разводимого в АО «Совхоз «Байдарацкий», были сделаны следующие выводы:

1) создан банк биологического материала и ДНК северного оленя в количестве 50 образцов животных;

2) выявлен полиморфизм 16 микросателлитных локусов в исследованной выборке животных. Наиболее полиморфными оказались локусы OheQ и Rt9 (по 10 аллелей), менее вариабельными оказались локусы C217 (1 аллель) и C143 (3 аллеля) при среднем показателе частоты аллелей 6,5±0,6;

3) выявлена высокая частота встречаемости генотипов $T40^{13/13}$ (0,44), $Rt30^{15/15}$ (0,46), $C143^{7/7}$ (0,48), $C217^{8/8}$(1,0) по изученным микросателлитным локусам северного оленя в АО «Совхоз «Байдарацкий»;

4) сравнение исследуемой выборки с оленями чукотской и эвенкийской пород показало более высокую степень полиморфизма в популяции чукотской породы.

Апробация

Исследования проведены в рамках НИР «Характеристика аллелофонда северных оленей по микросателлитным маркерам». Исследования отмечены первым местом и золотыми медалями на Всероссийских выставках «Агрорусь-2021» и «Золотая осень-2021» в номинации «Инновационные разработки в области агробиотехнологии».

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ «Разработка методики племенной ценности северных оленей», а также в рамках НИР «Характеристика аллелофонда северных оленей по микросателлитным маркерам».

Список источников

1. Методы изучения генетической структуры популяций Северного оленя (Rangifer tarandus) / Л. Д. Тараканец, Я. А. Кабицкая, Е. Г. Бойко, Л. А. Глазунова // Сборник трудов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Достижения аграрной науки для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации", Тюмень, 12 октября 2022 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – С. 406-411. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47986771

2. Genetic diversity and population structure of domestic and wild reindeer (Rangifer tarandus L. 1758): A novel approach using BovineHD BeadChip / V. R. Kharzinova, A. V. Dotsev, T. E. Deniskova [et al.] // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13. – No 11. – P. 0207944. – DOI 10.1371/journal.pone.0207944. – EDN TZIHRV.

3. Охрана окружающей среды в России/ Федеральной службы государственной статистики/ URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209

4. Брызгалов, Г. Я. Основные направления селекционно-племенной работы с чукотской породой северных оленей / Г. Я. Брызгалов // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 17 марта – 13 апреля 2017 года / Под общей редакцией С.С. Чернова. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Центр развития научного сотрудничества", 2017. – С. 55-64. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30603602&

5. Южаков, А. А. Северное оленеводство в XXI в.: генетический ресурс, культурное наследие и бизнес / А. А. Южаков // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 2(26). – С. 131-137. – DOI 10.25283/2223-4594-2017-2-131-137. – EDN YUPJXX.

6. Романенко, Т.М. Генетическая структура популяций северных оленей о. Колгуев Ненецкого автономного округа /Романенко Т.М., Калашникова Л.А., Филиппова Г.И., Лайшев К.А // Достижения науки и техники АПК. – 2014. - № 4. С. 68–70. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21499285

7. Генетическая характеристика региональных популяций ненецкой породы Северного оленя (Rangifer tarandus) / Т. Е. Денискова, В. Р. Харзинова, А. В. Доцев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 6. – С. 1152-1161. – DOI 10.15389/agrobiology.2018.6.1152rus.

8. Чесноков, Ю. В. Оценка меры информационного полиморфизма генетического разнообразия / Ю. В. Чесноков, А. М. Артемьева // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 571-578. – DOI 10.15389/agrobiology.2015.5.571rus. – EDN UXSRIX.

9. Zhai JC, Liu WS, Yin YJ, Xia YL, Li HP. Analysis on Genetic Diversity of Reindeer (Rangifer tarandus) in the Greater Khingan Mountains Using Microsatellite Markers. Zool Stud. 2017 May 16;56:e11. doi: 10.6620/ZS.2017.56-11. PMID: 31966210; PMCID: PMC6517736. DOI: 10.6620/ZS.2017.56-11

10. Тараканец, Л. Д. Возможности использования генетических технологий в ветеринарии / Л. Д. Тараканец, Я. А. Кабицкая, Л. А. Глазунова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LIV Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 10 ноября 2020 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – С. 24-31. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44432802

11. Genetic diversity and population structure of 20 north European cattle breeds / J. Kantanen [et al.] //J. Of Heredity. – 2000. – Vol. 91, № 6. – P. 446–457. DOI: 10.1093/jhered/91.6.446

12. Primorac, Dragan and Moses S. Schanfield. “Forensic DNA Applications: An Interdisciplinary Perspective – a new book in forensic science.” Croatian Medical Journal 55 (2014): 434 - 436.

DOI:10.3325/cmj.2014.55.434

13. DNA Fragment Analysis by Capillary Electrophoresis; Thermo Fisher Scientific Inc. 2014

14. Бакай, А. В. Генетика / Бакай А. В. , Кочиш И. И. , Скрипниченко Г. Г. - Москва : КолосС, 2013. - 448 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0648-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206488.html

15. Додохов В.В. Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК у оленей чукотской породы/ Додохов В.В., Павлова Н.И., Калашникова Л.А // Аграрный научный журнал. - 2020. - № 9. С. 49-53. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44032778

16. Додохов, В. В. Генетическая характеристика эвенкийской породы оленей по микросателлитным локусам ДНК / В. В. Додохов, М. В. Махатыров // Вестник АГАТУ. – 2021. – № 2(2). – С. 21-26. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46222488

17. Graham DE. The isolation of high molecular weight DNA from whole organisms or large tissue masses. Anal Biochem. V.85,N. 2. P 609-613. DOI: 10.1016/0003-2697(78)90262-2

18. Эволюция методов оценки биоразнообразия Северного оленя (Rangifer tarandus) (обзор) / В. Р. Харзинова, Т. Е. Денискова, А. А. Сермягин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 6. – С. 1083-1093. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.6.1083rus. – EDN YLSUZR.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Metody izucheniya geneticheskoj struktury populyacij Severnogo olenya (Rangifer tarandus) / L. D. Tarakanec, YA. A. Kabickaya, E. G. Bojko, L. A. Glazunova // Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh i specialistov "Dostizheniya agrarnoj nauki dlya obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii", Tyumen', 12 oktyabrya 2022 goda. – Tyumen': Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya, 2021. – S. 406-411. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47986771

2. Genetic diversity and population structure of domestic and wild reindeer (Rangifer tarandus L. 1758): A novel approach using BovineHD BeadChip / V. R. Kharzinova, A. V. Dotsev, T. E. Deniskova [et al.] // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13. – No 11. – P. 0207944. – DOI 10.1371/journal.pone.0207944. – EDN TZIHRV.

3. Ohrana okruzhayushchej sredy v Rossii/ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki/ URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209

4. Bryzgalov, G. YA. Osnovnye napravleniya selekcionno-plemennoj raboty s chukotskoj porodoj severnyh olenej / G. YA. Bryzgalov // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov: Sbornik materialov XIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Novosibirsk, 17 marta – 13 aprelya 2017 goda / Pod obshchej redakciej S.S. CHernova. – Novosibirsk: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Centr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva", 2017. – S. 55-64. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30603602&

5. YUzhakov, A. A. Severnoe olenevodstvo v HKHI v.: geneticheskij resurs, kul'turnoe nasledie i biznes / A. A. YUzhakov // Arktika: ekologiya i ekonomika. – 2017. – № 2(26). – S. 131-137. – DOI 10.25283/2223-4594-2017-2-131-137. – EDN YUPJXX.

6. Romanenko, T.M. Geneticheskaya struktura populyacij severnyh olenej o. Kolguev Neneckogo avtonomnogo okruga /Romanenko T.M., Kalashnikova L.A., Filippova G.I., Lajshev K.A // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. - № 4. S. 68–70. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21499285

7. Geneticheskaya harakteristika regional'nyh populyacij neneckoj porody Severnogo olenya (Rangifer tarandus) / T. E. Deniskova, V. R. Harzinova, A. V. Docev [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2018. – T. 53. – № 6. – S. 1152-1161. – DOI 10.15389/agrobiology.2018.6.1152rus.

8. CHesnokov, YU. V. Ocenka mery informacionnogo polimorfizma geneticheskogo raznoobraziya / YU. V. CHesnokov, A. M. Artem'eva // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2015. – T. 50. – № 5. – S. 571-578. – DOI 10.15389/agrobiology.2015.5.571rus. – EDN UXSRIX.

9. Zhai JC, Liu WS, Yin YJ, Xia YL, Li HP. Analysis on Genetic Diversity of Reindeer (Rangifer tarandus) in the Greater Khingan Mountains Using Microsatellite Markers. Zool Stud. 2017 May 16;56:e11. doi: 10.6620/ZS.2017.56-11. PMID: 31966210; PMCID: PMC6517736. DOI: 10.6620/ZS.2017.56-11

10. Tarakanec, L. D. Vozmozhnosti ispol'zovaniya geneticheskih tekhnologij v veterinarii / L. D. Tarakanec, YA. A. Kabickaya, L. A. Glazunova // Aktual'nye voprosy nauki i hozyajstva: novye vyzovy i resheniya: Sbornik materialov LIV Studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Tyumen', 10 noyabrya 2020 goda. – Tyumen': Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya, 2020. – S. 24-31. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44432802

11. Genetic diversity and population structure of 20 north European cattle breeds / J. Kantanen [et al.] //J. Of Heredity. – 2000. – Vol. 91, № 6. – P. 446–457. DOI: 10.1093/jhered/91.6.446

12. Primorac, Dragan and Moses S. Schanfield. “Forensic DNA Applications: An Interdisciplinary

Perspective – a new book in forensic science." Croatian Medical Journal 55 (2014): 434 - 436. DOI:10.3325/cmj.2014.55.434

13. DNA Fragment Analysis by Capillary Electrophoresis; Thermo Fisher Scientific Inc. 2014

14. Bakaj, A. V. Genetika / Bakaj A. V. , Kochish I. I. , Skripnichenko G. G. - Moskva : KolosS, 2013. - 448 s. (Uchebniki i ucheb. posobiya dlya studentov vyssh. ucheb. zavedenij) - ISBN 978-5-9532-0648-8. - Tekst : elektronnyj // EBS "Konsul'tant studenta" : [sajt]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206488.html

15. Dodohov V.V. Polimorfizm mikrosatellitnyh lokusov DNK u olenej chukotskoj porody/ Dodohov V.V., Pavlova N.I., Kalashnikova L.A //Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2020. - № 9. S. 49-53. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44032778

16. Dodohov, V. V. Geneticheskaya harakteristika evenkijskoj porody olenej po mikrosatellitnym lokusam DNK / V. V. Dodohov, M. V. Mahatyrov // Vestnik AGATU. – 2021. – № 2(2). – S. 21-26. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46222488

17. Graham DE. The isolation of high molecular weight DNA from whole organisms or large tissue masses. Anal Biochem. V.85,N. 2. P 609-613. DOI: 10.1016/0003-2697(78)90262-2

18. Evolyuciya metodov ocenki bioraznoobraziya Severnogo olenya (Rangifer tarandus) (obzor) / V. R. Harzinova, T. E. Deniskova, A. A. Sermyagin [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2017. – T. 52. – № 6. – S. 1083-1093. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.6.1083rus. – EDN YLSUZR.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Тараканец Любовь Дмитриевна, *студентка института биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, tarakanets.ld.s32@ibvm.gausz.ru*

Кабицкая Яна Александровна, *научный сотрудник Центра геномных технологийФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, kabitskaya@gausz.ru*

Глазунова Лариса Алесандровна*, д-р вет. наук, доцент, проректор по научной работе, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, glazunovala@gausz.ru*

Бойко Елена Григорьевна, *канд. биол. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, boyko@gausz.ru*

Information about the authors

Tarakanets Lyubov D., *Student FSBEI HE Northern Trans-Ural SAU, tarakanets.ld.s32@ibvm.gausz.ru*

Kabitskaya Yana A., *Researcher of Center for Genomic Technologies FSBEI HE Northern Trans-Ural SAU, kabitskaya@gausz.ru*

Glazunova Larisa A., *Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor FSBEI HE Northern Trans-Ural SAU, glazunovala@gausz.ru*

Boiko Elena G., *Ph.D. of Biological sciences, Associate Professor, Rector of FSBEI HE Northern Trans-Ural SAU, boyko@gausz.ru*

Статья поступила в редакцию 08.04.2022; одобрена после рецензирования 10.06.2022; принята к публикации 16.06.2022

The article was submitted 08.04.2022; approved after reviewing 10.06.2022; accepted for publication 16.06.2022

Вестник РГАТУ,2022, т14, №2, с109-116
Vestnik RGATU,2022,Vol.14, №2, pp 109-116

Научная статья
УДК 631.51
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.013

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Владимир ЕфимовичТориков[1], ✉Владимир Анатольевич Погонышев[2], Дина Алексеевна Погонышева[3]

[1,2] Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Россия
[3] Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск, Россия
[1] torikov@bgsha.com
[2]pog@bgsha.com
[3]dpogonysheva32@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью настоящего исследования является анализ состояния и перспектив цифровой трансформации сельского хозяйства.*
Методология. *Материалы и методы исследования представляют собой аналитический обзор цифровых решений, агроинноваций в растениеводстве, опирающихся на достижения науки и техники.*
Результаты. *В аграрной индустрии в бизнес-процессах участвуют территориально распределенные субъекты и объекты: сотрудники, сельхозтехника, живые организмы, присутствуют ситуации риска и неопределенности. Благодаря современному научно-техническому прогрессу аграрии на основе использования цифровых инноваций преобразуют сельское хозяйство в высокотехнологичную отрасль. В статье рассмотрена сущность «умного» сельского хозяйства как перспективного вектора развития аграрного сектора. Выявлено, что умные технологии (квантовые технологии, технологии дополненной и виртуальной реальности, искусственный интеллект, блокчейн, робототехника, Интернет вещей и др.) радикальным образом оказывают влияние на достижение высокой производительности труда в аграрной сфере. Использование отечественных цифровых платформ инициирует создание и внедрение новых моделей экономического поведения сельскохозяйственных организаций. Высокотехнологичное сельское хозяйство эффективно разрешает современные проблемы продовольственной безопасности, изменения погодно-климатических условий. Установлено, что цифровая трансформация отрасли, внедрение точного земледелия обеспечат прирост урожайности культур, позволят аграриям получить финансовую выгоду, снизят нагрузку на природу. Рассмотрено состояние цифровизации точного земледелия в Брянской области. По промышленному производству картофеля регион является лидером в РФ, по урожайности рапса область – мировой лидер. Высоки результаты в зерновом хозяйстве. Крупные предприятия области используют спутниковые технологии при обработке полей, проводится космический мониторинг сельхозугодий, сельхозтехника оснащена системами мониторинга, датчиками и пр. Выявлены причины и факторы, «тормозящие» внедрение цифровых технологий в аграрной сфере.*
Заключение. *Высокотехнологичные решения кардинальным образом трансформируют аграрную сферу экономики, способствуют росту производительности труда в отрасли. Использование российских цифровых платформ формирует новые модели экономического поведения сельскохозяйственных организаций. Цифровая трансформация аграрной индустрии имеет положительные как экономические, так и косвенные и социальные эффекты.*

Ключевые слова: *цифровизация, цифровые технологии, цифровая трансформация, сельское хозяйство, точное земледелие, умное земледелие*

Для цитирования: *Ториков В.Е., Погонышев В.А., Погонышева Д.А. Состояние и перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С109-116 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.013*

Original article

STATE AND PROSPECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE

Vladimir E. Torikov[1]✉, Vladimir A. Pogonyshev[2], Dina A. Pogonyshev[3]
[1.2] Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia
[3] Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, RussiaAbstract.

©Ториков В.Е., Погонышев В.А., Погонышева Д.А,.2022 г.

[1]torikov@bgsha.com
[2]pog@bgsha.com
[3]dpogonysheva32@mail.ru

Abstract.
Problem and purpose*. The purpose of this study is to analyse the state and prospects of the digital transformation of agriculture.*
Methodology. *The research materials and methods are an analytical overview of digital solutions, agroinnovations in crop production, based on the achievements of science and technology.*
Results. *In the agricultural industry, geographically distributed subjects and objects participate in business processes: employees, agricultural machinery, living organisms, there are situations of risk and uncertainty. Thanks to modern scientific and technological progress, farmers, based on the use of digital innovations, are transforming agriculture into a high-tech industry. The article considers the essence of smart agriculture as a promising vector for the development of the agricultural sector. It was revealed that smart technologies (quantum technologies, augmented and virtual reality technologies, artificial intelligence, blockchain, robotics, In-ternet of things, etc.) radically affect the achievement of high productivity in the agricultural sphere. The use of domestic digital platforms initiated the creation and introduction of new modes of economic behavior of agricultural organizations. High-tech agriculture effectively addresses the current problems of food security and climate change. It was established that the digital transformation of the industry, the introduction of precision agriculture would provide an increase in crop yields, allow farmers to receive financial benefits, and reduce the burden on nature. The state of digitalization of precision agriculture in the Bryansk region was considered. By industrial production of potatoes, the region is the leader-rum in the Russian Federation, by rapeseed yield, the region is a world leader. The results in grain farming are high. Large enterprises of the region use satellite technologies in field processing, space monitoring of farmland is carried out, agricultural machinery is equipped with monitoring systems, sensors, etc. Reasons and factors have been identified that "inhibit" the introduction of digital technologies in the agricultural sector.*
Conclusion. *High-tech solutions radically transform the agricultural sphere of the economy, contribute to the growth of labor productivity in the industry. The use of Russian digital platforms was shaping new models of economic behaviour among agricultural organizations. The digital transformation of the agricultural industry has positive both economic and indirect and social effects.*

Key words: *digitalization, digital technologies, digital transformation, agriculture, precision farming, smart farming*

For quotation: *Torikov V.E., Pogonyshev V.A., Pogonysheva D.A. The state and prospects of the digital transformation of agriculture//Bulletin of the Ryazan State Agricultural Technologist-University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No. 2. P.109-116.(in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.013*

Введение

Аграрная отрасль на высоком уровне обеспечивает продовольственную безопасность страны, одновременно создавая необходимые условия для формирования эффективного трудового и поселенческого потенциала. В современных реалиях цифровой трансформации сельского хозяйства проблема принятия решений является одной из ключевых в аграрной науке и практике, поскольку учитываются одновременно множественные факторы, для которых характерны многоаспектность, полиструктурность; охват различных периодов с учетом сезонности, складывающихся погодных условий; многомерность, наличие большого числа параметров и показателей, обладающих вероятностным характером; наличие сложных бизнес-процессов, состоящих из этапов, фаз, распадающихся на отдельные операции и др. Развитие аграрной отрасли обусловлено внедрением инвестиционных проектов в растениеводстве и животноводстве, применением научно обоснованных технологий. В условиях глобальных вызовов, необходимости внедрения новой модели экономического поведения сельских товаропроизводителей цифровая трансформация ключевых бизнес-процессов выступает перспективным вектором развития аграрной сферы, для которой цифровые платформы служат инструментом эффективной поддержки ее участников. Целью нашего исследования является анализ состояния и перспектив цифрового развития аграрной индустрии, интеграции цифровых решений в точном земледелии.

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования представляют собой аналитический обзор цифровых решений, агроинноваций в растениеводстве, опирающихся на достижения науки и техники.

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно данным FAO, около 25 % мировых сельскохозяйственных угодий по состоянию на 2011 г. оценивались как сильно деградированные, а 46 % – как умеренно или слабо деградированные. Интенсификация аграрной отрасли привела к сокращению биоразнообразия, истощению подземных водоносных слоев, распространению многочисленных форм вредителей и патогенов [1- 6].

Для аграрной отрасли характерно участие в бизнес-процессах территориально распределенных отслеживаемых субъектов и объектов: сотрудников, сельхозтехники, живых организмов, присутствие ситуаций риска и неопределенности [7-11]. Эксперты, обращая внимание на слабые позиции отечественных аграриев, одновременно отмечают необходимость более тесного сотрудничества государства, бизнеса, аграрной науки и образовательных организаций (рис. 1).

Рис. 1 – Доли патентных заявок российских резидентов в отдельных категориях [12]
(Shares of patent applications of Russian residents in certain categories)

Результаты опроса участников аграрного рынка экспертами ИСИЭЗ НИУ ВШЭ показывают, что в 2020 году спрос аграрного сектора на цифровые технологии оценивался на уровне около 20 млрд руб., а к 2030 году ожидается более 320 млрд руб. (рис. 2). По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, внедрение российскими аграриями цифровых инноваций приведет к снижению себестоимости продукции более чем на 15 % [9].

Рис. 2 – Спрос на цифровые решения в сельском хозяйстве в 2020 и 2030 гг. [13]
(Demand for digital solution in agriculture in 2020 and 2030)

Эксперты отмечают, что уже в 2021 году на ИТ-рынке присутствует большое число отечественных программ, представляющих собой преимущественно локальные программные решения, выстроенные на собственной платформе под специфические бизнес-процессы. Часто разработки находятся на пилотной стадии, готовых комплексных продуктов не так много [1-3]. В группу софтверных решений эксперты относят софт, позволяющий объединить технику различных производителей, осуществить автоматизацию процессов, собрать данные и провести аналитические исследования. «Cognitive Pilot» – разработчик систем искусственного интеллекта для беспилотного управления сельхозтехникой. Оснащенные датчиками комбайны самостоятельно составляют маршрут, объезжают препятствия, собирают урожай. Оборудование и технику преимущественно выпускают производители тракторов и комбайнов, например, «Ростсельмаш», Кировский

завод. В 2019 году ПАО Сбербанк и «Cognitive Technologies» создали совместное предприятие «Cognitive Pilot», занимающееся разработкой беспилотной техники, в том числе сельхозтехники и агроботов. Примерами цифровых бизнес-моделей являются: «Точное земледелие», как комплекс технологий точного посева, внесения удобрений, орошения с использованием автономной сельхозтехники; «Шеринг сельхозтехники» как сервис по совместному использованию сельхозтехники на базе цифровых платформ и др. По мнению ученых и практиков, комплексное применение агроинноваций приведет к росту урожайности до 70 %. [6, 8,10].

Согласно результатам опроса руководителей аграрных организаций Центром мониторинга, более 30% респондентов весьма сдержанно относятся к цифровым решениям в связи с предстоящими финансовыми вложениями, многие участники слабо представляют преимущества цифровизации, сомневаются в возможной совместимости инновационной техники с имеющимся машинно-тракторным парком.

В августе 2021 года Минцифры РФ предоставило рейтинг цифровой зрелости регионов, разделенных на три группы по уровню критерия: высокий (значение свыше 50 %), средний и низкий (меньше 25 %). В качестве критериев использовались численность специалистов, использующих ИКТ, расходы на цифровые решения организаций в сфере промышленности, строительства, энергетики, финансовых услуг, сельского хозяйства, здравоохранения и госуправления. Лидерами стали Москва, Санкт-Петербург, Московская, Белгородская, Нижегородская и Липецкая области и др. К регионам со средним уровнем «цифровой зрелости» отнесены 62 субъекта, включая Брянскую область, с низким – 14.

Согласно статистическим данным, в целом по РФ в растениеводстве около 10-12 % предприятий используют те или иные элементы точного земледелия, в животноводстве – около 13 %. В настоящее время технологии «умного земледелия» охватывают все агрохолдинги, становясь более доступными мелким товаропроизводителям. Согласно данным мониторинга научно-технического развития АПК, элементы точного земледелия, автоматизации и роботизации внедряют в 28 регионах. Лидерами выступают Липецкая область (812 сельхозпредприятий), Орловская (108 организаций) и Самарская области (75 предприятий), по площади хозяйств лидируют Липецкая (2352 тыс. га), Самарская (704 тыс. га) и Орловская (684 тыс. га) области. Также основными пользователями цифровых платформ выступает малый и средний бизнес.

В 2021 г. на укрепление производственных позиций АПК Брянской области показывает рост доли продукции отрасли в валовом региональном продукте до уровня 19 %. В АПК региона заняты 36 тыс. человек (рис. 3). В области функционируют 714 сельскохозяйственных организаций. В Брянской области зерновой рынок постепенно приобретает черты крупного современного производства с экспортно-ориентированным вектором развития [14, 15].

Рис. 3 – Структура сельского населения Брянской области
(Structure of the rural population of the Bryansk region

По промышленному производству картофеля регион является лидером в РФ. По урожайности рапса область является мировым лидером. Регион показывает высокие результаты в урожайности зерновых, кукурузы, сои, подсолнечника, овощей и других культур. Весомы достижения в животноводстве. Рост производства картофеля позволил поддержать экспортные поставки, освоить его переработку. По поголовью крупного рогатого скота область занимает 1-е место в ЦФО и 2-е место в РФ. В регионе площадь земель сельхозназначения составляет около 1 976 тыс. га, из них сельхозугодья занимают более 1 700 тыс. га, пашня – около 1 090 тыс. га, в том числе в сельхозпредприятиях – около 900 тыс. га. Доля продукции растениеводства в общем объеме выпуска в 2020 г. составила около 50 %. (рис. 4). Основными производителями продукции растениеводства выступают сельскохозяйственные организации (65,3 %); КФХ и индивидуальные предприниматели произвели 15,3 %. В сельхозорганизациях средняя урожайность зерновых составила более 54 ц с гектара [14].

Рис. 4 – Динамика производства сельскохозяйственной продукции (Dynamics of agricultural production

В Брянской области тенденция прироста посевных площадей присуща сельскохозяйственным организациям и КФХ. Для хозяйств населения характерно сокращение размеров посевных площадей. Расширение посевных площадей выступает условием обеспечения продовольственной безопасности страны. Заметно возросли объёмы внесения удобрений и объемы работ по химической мелиорации почв. Дальнейшее увеличение объёмов производства картофеля, зерна, овощей сопряжено с решением задачи по обеспечению их хранения. Строительство и модернизация хранилищ является приоритетным направлением в развитии этих отраслей. Всё отмеченное сказалось на установлении ряда положительных тенденций в отрасли растениеводства. Достижения в растениеводстве региона обусловлены государственной поддержкой, применением систем точного земледелия, внедрением цифровых решений.

В регионе при обработке полей используются спутниковые технологии. Проводится космический мониторинг состояния сельхозугодий. Уборочная техника оснащена системами мониторинга намолота, датчиками. Используются сеялки точного высева с внесением удобрений. Спутниковая навигация минимизирует риски, способствует росту урожайности зерновых. БПЛА предоставляют аграриям высокоточные карты полей, следят за состоянием почвы, урожая и появлением вредителей и болезней. Сенсоры и датчики оперативно передают большие данные для их дальнейшего анализа. Сбор, обработку, анализ и хранение данных осуществляют высокотехнологичные компании [16, 17, 18].

ГБУ Брянской области «Центр компетенций АПК Брянской области» в 2021 году проведено более 380 консультаций для субъектов малого и среднего бизнеса, подготовлено более 60 бизнес-планов для участия в конкурсе на гранты «Агростартап» и на развитие семейных ферм, привлечены в образовательный проект «Школа фермера» более 60 человек.

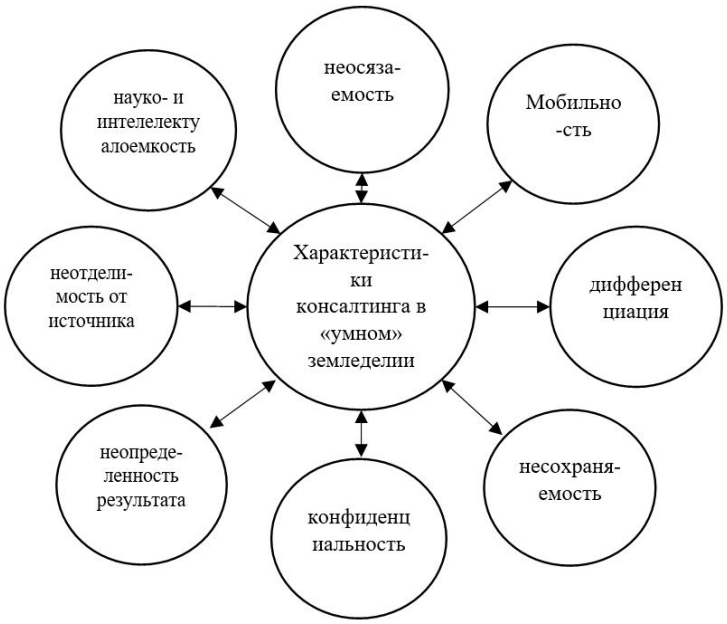


Рис. 5 – Характеристики консалтинговых услуг в «умном» земледелии (Characteristics of consulting services in smart agriculture

Государственная поддержка и реализация ряда программ по развитию аграрной отрасли позволили отечественным товаропроизводителям приобрести определенные конкурентные преимущества на мировом аграрном рынке. Однако существуют многочисленные примеры того, что аграрные предприятия внедряют цифровые инновации преимущественно за счёт собственных средств. Помимо трудностей при финансировании цифровых инноваций существуют и другие факторы, которые значительно влияют на сдерживание процесса цифровизации. В их число входят неразвитость инфраструктуры, отсутствие высококвалифицированных кадров, нарушения трудовой дисциплины, отсутствие знаний об эффективности цифровых решений и др.

Заключение

Таким образом, высокотехнологичные решения кардинальным образом трансформируют аграрную сферу экономики, способствуют росту производительности труда в отрасли. Использование российских цифровых платформ формирует новые модели экономического поведения сельскохозяйственных организаций. Высокотехнологичная аграрная индустрия успешно разрешает проблемы как продовольственной безопасности, так и изменения погодно-климатических условий. Цифровая трансформация отрасли, внедрение технологий точного земледелия обеспечат прирост урожайности культур, позволят аграриям получить прибыль, снизят нагрузку на экосистему.

В Брянской области происходит успешное развитие «умного» земледелия. При решении задач цифровой трансформации учитываются изменения потребительских предпочтений, перспективы развития новых экономических бизнес-моделей, решается важная задача максимального приближения к конечному потребителю. Для повышения уровня цифровой зрелости участников аграрного рынка необходимо повышать квалификацию сотрудников, разрабатывать современные образовательные программы с научно обоснованным контентом, демонстрировать эффекты цифровой трансформации через реальные кейсы.

Цифровая трансформация аграрной индустрии позволяет получить как экономические, так и косвенные и социальные эффекты, включающие снижение диспропорций качества и уровня жизни между городом и селом, обеспечение интеграции мелких сельхозпроизводителей в продовольственные системы.

Список источников

1. Генкин, А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра / А. Генкин, А. Михеев //. - М.: Альпина Паблишер, 2017. -592 с. - URL: https://vawilon.ru/wp-content/uploads/2018/03/Blokchejn-Kak-eto-rabotaet-i-chto-zhdet-nas-zavtra.pdf

2. Труфляк, Е. В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства в растениеводстве: курс лекций /Е.В. Труфляк//.- Краснодар: Кубанский ГАУ, 2015. -69 с.- URL: https://kubsau.ru/upload/iblock/f3c/f3c6fe726a0f0d811f4bfcc01b563b82.pdf

3.Менне, Т. Цифровое сельское хозяйство собирается революционизировать сельское хозяйство /Т. Менне// Лучшее Агрохимическая новостная платформа, 2017.- URL: http://news.agropages.com/News/ NewsDetail---22885.htm.

4. Блохина, С.Ю. Интеллектуальное земледелие на основе интернета вещей/ С.Ю. Блохина, Ю.И. Блохин // Земледелие. - 2020.- № 7. С. 7–13. -URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnoe-zemledelie-na-osnove-interneta-veschey

5.Плотников, А.В. Роль цифровой экономики для агропромышленного комплекса /А.В. Плотников // Московский экономический журнал.-2019.- № 7.- URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-tsifrovoi-ekonomiki-dlya-agropromyshlennogo-kompleksa/viewer

6. Фазылова, С.С. Цифровизация в сельском хозяйстве региона как инструмент развития / С.С. Фазылова, Т.М. Яркова // Креативная экономика. – 2020. – Том 14. – № 8. – С. 1737-1748.- URL: file:///C:/Users/USER/Downloads/Фазылова%20С.С.,%20Яркова%20Т.М.%20(2020)%20Цифровизация%20в%20сельском%20хозяйстве%20региона%20как%20инструмент%20...%20%20-%20CREATIVECONOMY.RU.pdf

7.Улезько, А.В. Трансформационные эффекты перехода к цифровой экономике / А.В. Улезько, М.А. Жукова, В.В. Реймер // Экономика сельского хозяйства России.- 2019.- № 2.- С. 14-21.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37033253

8.Ульянова, Н.Д. Практическое использование информационных технологий в аграрном производстве /Н.Д. Ульянова, Е.М. Милютина// Новые информационные технологии в образовании и аграрном секторе экономики: сб. материалов I междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2018.- С. 28-33.- URL: http://is.nkzu.kz/publishings/%7B3405B31D-8101-496C-A2A2-5F4B04B66962%7D.pdf

9.Федоренко, В. Ф. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. / В. Ф. Федоренко, В. И. Черноиванов, В. Я. Гольтяпин, И. В. Федоренко// ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.-URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35633299

10.Цифровая Россия. Новая реальность. Исследование компании McKinsey Global Inc. [Электронный ресурс]. – URL : http://www.tadviser.ru/images/c/c2/Digital-Russia-report.pdf.

11.Цифровизация сельскохозяйственного производства России на период 2018-2025 годы // Исследование кооперационного проекта «Германо-Российский аграрно-политический диалог» – Москва, 2018 [Электронный ресурс].–URL: https://agrardialog.ru/files/prints/apd_studie_2018_russisch_fertig_formatiert.pdf.

12.Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0: докл. к XXI Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. М.: Изд. дом Высшей школы экономики. 2020. 128 с.- URL: https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/361056435.pdf

13.Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам разви-

тия экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. М.: Изд. дом Высшей школы экономики. 2021. 239 с.- URL: https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf

14.Белоус, Н.М. Брянская область-регион с интенсивно развивающимся АПК / Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Е.Ториков, А.А. Осипов, В.В. Ковалев// Вестник Брянской ГСХА. -2022.- №1(89).- С.3-11.- URL: https://www.bgsha.com/download/education/library/v1-2022.pdf

15.Chirkov, E. P. The economic significance of information and consulting support / E.P. Chirkov, I.N. Belous, S. F. Chesalin, E. V. Smolsky, T. V. Drobyshevskaya// International Journal of Economic Prospects.- 2020.-. P.376-387.-URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45553234

16.Ториков, В.Е. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства / В.Е. Ториков, В.А.Погонышев, Д.А. Погонышева Д.А.//Аграрный вестник Верхневолжья. - 2021.- № 1 (34).- С. 24-32.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45489070

17.Ториков, В.Е. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства / В.Е. Ториков В.Е, В.А. Погонышев, Д.А. Погонышева, Г.Е. Дорных // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.- 2020.- №9. -С.6-13.- URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-tsifrovoy-transformatsii-selskogo-hozyaystva

18.Pogonyshev, V.A. Resource economy in agriculture / V.A. Pogonyshev, V.E. Torikov, I.A. Mokshin, D.A. Pogonysheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. Сер. 3. -2021.- P. 032-035.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45758194

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Genkin, A. Blokchejn. Kak eto rabotaet i chto zhdet nas zavtra / A. Genkin, A. Miheev //. - M.: Al'pina Pablisher, 2017. -592 s. - URL: https://vawilon.ru/wp-content/uploads/2018/03/Blokchejn-Kak-eto-rabotaet-i-chto-zhdet-nas-zavtra.pdf

2. Truflyak, E. V. Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva v rastenievodstve: kurs lekcij /E.V. Truflyak//.- Krasnodar: Kubanskij GAU, 2015. -69 s.- URL: https://kubsau.ru/upload/iblock/f3c/f3c6fe726a0f0d811f4bfcc01b563b82.pdf

3.Menne, T. Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo sobiraetsya revolyucionizirovat' sel'skoe hozyajstvo /T. Menne// Luchshee Agrohimicheskaya novostnaya platforma, 2017.- URL: http://news.agropages.com/News/NewsDetail---22885.htm.

4. Blohina, S.YU. Intellektual'noe zemledelie na osnove interneta veshchej/ S.YU. Blohina, YU.I. Blohin // Zemledelie. - 2020.- № 7. S. 7–13. -URL: https://Cyberleninka.ru/article/n/intellektualnoe-zemledelie-na-osnove-interneta-veschey

5.Plotnikov, A.V. Rol' cifrovoj ekonomiki dlya agropromyshlennogo kompleksa /A.V. Plotnikov // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal.-2019.- № 7.- URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-tsifrovoi-ekonomiki-dlya-agropromyshlennogo-kompleksa/viewer

6. Fazylova, S.S. Cifrovizaciya v sel'skom hozyajstve regiona kak instrument razvitiya / S.S. Fazy-lova, T.M. YArkova // Kreativnaya ekonomika. – 2020. – Tom 14. – № 8. – S. 1737-1748.- URL: file:///C:/Users/USER/Downloads/Fazylova%20S.S.,%20YArkova%20T.M.%20(2020)%20Cifrovizaciya%20v%20sel'skom%20hozyajstve%20regiona%20kak%20instrument%20...%20%20-%20CREATIVECONOMY.RU.pdf

7.Ulez'ko, A.V. Transformacionnye effekty perekhoda k cifrovoj ekonomike / A.V. Ulez'ko, M.A. ZHukova, V.V. Rejmer // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii.- 2019.- № 2.- S. 14-21.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37033253

8.Ul'yanova, N.D. Prakticheskoe ispol'zovanie informacionnyh tekhnologij v agrarnom proizvodstve /N.D. Ul'yanova, E.M. Milyutina// Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii i agrarnom sek-tore ekonomiki: sb. materialov I mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Bryansk, 2018.- S. 28-33.- URL: http://is.nkzu.kz/publishings/%7B3405B31D-8101-496C-A2A2-5F4B04B66962%7D.pdf

9.Fedorenko, V. F. Mirovye tendencii intellektualizacii sel'skogo hozyajstva: nauch. analit. ob-zor. / V. F. Fedorenko, V. I. CHernoivanov, V. YA. Gol'tyapin, I. V. Fedorenko// FGBNU «Rosinforma-grotekh», 2018. – 232 s.-URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35633299

10.Cifrovaya Rossiya. Novaya real'nost'. Issledovanie kompanii McKinsey Global Inc. [Elektronnyj resurs]. – URL : http://www.tadviser.ru/images/c/c2/Digital-Russia-report.pdf.

11.Cifrovizaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva Rossii na period 2018-2025 gody // Issledo-vanie kooperacionnogo proekta «Germano-Rossijskij agrarno-politicheskij dialog» – Moskva, 2018 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://agrardialog.ru/files/prints/apd_studie_2018_russisch_fertig_formatiert.pdf.

12.Innovacionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa v Rossii. Agriculture 4.0: dokl. k XXI Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 2020 g. M.: Izd. dom Vysshej shkoly ekonomiki. 2020. 128 s.- URL: https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/361056435.pdf

13.Cifrovaya transformaciya otraslej: startovye usloviya i prioritety: dokl. k XXII Apr. mezhdu-nar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 13–30 apr. 2021 g. M.: Izd. dom Vysshej

shkoly ekonomiki. 2021. 239 s.- URL: https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/pdf

14.Belous, N.M. Bryanskaya oblast'-region s intensivno razvivayushchimsya APK / N.M. Belous, S.A. Bel'chenko, V.E.Torikov, A.A. Osipov, V.V. Kovalev// Vestnik Bryanskoj GSKHA. -2022.- №1(89).- S.3-11.- URL: https://www.bgsha.com/download/education/library/v1-2022.pdf

15.Chirkov, E. P. The economic significance of information and consulting support / E.P. Chirkov, I.N. Belous, S. F. Chesalin, E. V. Smolsky, T. V. Drobyshevskaya// International Journal of Economic Prospects.- 2020.-. P.376-387.-URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45553234

16.Torikov, V.E. Resursosberezhenie v sfere sel'skogo hozyajstva / V.E. Torikov, V.A.Pogonyshev, D.A. Pogonysheva D.A.//Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. - 2021.- № 1 (34).- S. 24-32.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45489070

17.Torikov, V.E. Sostoyanie cifrovoj transformacii sel'skogo hozyajstva / V.E. Torikov V.E, V.A. Pogonyshev, D.A. Pogonysheva, G.E. Dornyh //Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii.- 2020.- №9. -S.6-13.- URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-tsifrovoy-transformatsii-selskogo-hozyaystva

18.Pogonyshev, V.A. Resource economy in agriculture / V.A. Pogonyshev, V.E. Torikov, I.A. Mokshin, D.A. Pogonysheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. Ser. 3. -2021.- P. 032-035.- URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45758194

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Торикov Владимир Ефимович, *д-р с.-х. наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, Брянский государственный аграрный университет, torikov@bgsha.com*

Погонышев Владимир Анатольевич, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматики, физики и математики, Брянский государственный аграрный университет, pog@bgsha.com*

Погонышева Дина Алексеевна, *д-р педагогических наук, доцент, профессор кафедры информатики и прикладной математики, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, dpogonysheva32@mail.ru*

Information about the authors

Torikov Vladimir E., *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Bryansk State University, torikov@bgsha.com*

Pogonyshev Vladimir A., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State University, pog@bgsha.com*

Pogonysheva Dina A., *Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, dpogonysheva32@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 23.03.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 23.03.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 117-124
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 117-124

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАКИ

Научная статья
УДК 637.12.04/.07
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.014

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЛОКА В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Галина Викторовна Уливанова[1], Ольга Александровна Карелина[2], Ольга Александровна Федосова[3] ✉, Ирина Юрьевна Быстрова[4], Анастасия Алексеевна Незаленова[5]

[1,2,3,4,5]Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

[1]darinelle@mail.ru
[2]olg90945056@yandex.ru
[3]fedosowa1986@mail.ru
[4]ibystrova66@mail.ru
[5]nezalenova22@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью настоящего исследования было комплексное изучение молочной продуктивности коров голштинской породы и физико-химических свойств молока в условиях интенсификации производства.*
Методология. *Для сравнительного анализа показателей молока, обуславливающих его качество, были сформированы группы коров, ранжированные по уровню продуктивности. Анализ физико-химических свойств молока провели на базе испытательного центра ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир. Оценивались следующие показатели: МДЖ, МДБ, СОМО, содержание Са и Р, кислотность, плотность, температура замерзания.*
Результаты. *В ходе исследования была выявлена высокая внутригрупповая изменчивость содержания жира в молоке, что не позволяет сделать достоверный вывод о межгрупповых различиях по данному параметру. Кроме того, обнаружена нелинейность взаимодействия между основными технологическими параметрами молочной продуктивности – удоем, МДЖ и МДБ, что приводит к пониманию необходимости индивидуального подхода при селекционно-племенной работе. Отношение МДЖ/МДБ было несколько ниже нормативных значений (0,96:1), что является косвенным признаком высокой метаболитической нагрузки. Уровень СОМО по всем группам коров был в пределах нормы. Содержание кальция в молоке отличалось высокой стабильностью и составило 0,16 % в среднем по исследуемым группам. Размах колебаний уровня фосфора составил от 8,98 % до 9,29 % с максимумом по группе высокопродуктивных коров. Такие физические параметры как плотность и температура замерзания молока также были достаточно стабильны во всех группах, колебания этого параметра незначительны.*
Заключение. *Результаты исследования показали, что для эффективного молочного скотоводства необходим комплексный и глубокий анализ взаимосвязи хозяйственно-полезных признаков, поскольку определение параметров качества молока только в целом по стаду не дает достоверной и ясной картины различий по качеству и хозяйственной ценности молока в разрезе уровня молочной продуктивности коров.*

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, молоко, продуктивность, химический состав*
Для цитирования*: Уливанова Г. В., Карелина О. А., Федосова О. А., Быстрова И. Ю., Незаленова А. А. Комплексное изучение молочной продуктивности коров голштинской породы и физико-химических свойств молока в условиях импортозамещения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №2. С117-124 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.014*

Original article

A COMPREHENSIVE STUDY OF THE MILK PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN COWS AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF MILK IN TERMS OF IMPORT SUBSTITUTION

Galina V. Ulivanova[1], Olga A. Karelina[2], Olga A. Fedosova[3] ✉, Irina Yu. Bystrova[4], Anastasia A. Nezalenova[5]

[1,2,3,4,5]Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

© Уливанова Г. В., Карелина О. А., Федосова О. А., Быстрова И. Ю., Незаленова А. А.2022 г.

[1]darinelle@mail.ru
[2]olg90945056@yandex.ru
[3]fedosowa1986@mail.ru
[4]ibystrova66@mail.ru
[5]nezalenova22@yandex.ru

Abstract
Problem and purpose. *The purpose of the research was a comprehensive study of the milk productivity of Holstein cows and the physical and chemical properties of milk under conditions of intensification of production.*
Methodology. *For a comparative analysis of milk indicators that determine its quality, groups of cows were formed, ranked according to the level of productivity. The analysis of physical and chemical properties of milk was carried out on the basis of the testing center of Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Animal Health", Vladimir. The following indicators were evaluated: MJ, MDB, SOMO, Ca and P content, acidity, density, freezing point.*
Results. *The study revealed a high intragroup variability in the content of fat in milk, which does not allow a reliable conclusion about intergroup differences in this parameter. In addition, the non-linear character of the interaction between the main technological parameters of milk productivity - milk yield, MJ and MDB was found, which leads to understanding the need for an individual approach in selection and breeding work. The MJ/MDB ratio was slightly below the standard values (0.96:1), which was an indirect sign of a high metabolic load. The level of SOMO in all groups of cows was within the normal range. The content of calcium in milk was highly stable and amounted to 0.16% on average for the studied groups. The range of fluctuations in the level of phosphorus was from 8.98% to 9.29% with a maximum in the group of highly productive cows. Such physical parameters as the density and freezing point of milk were also quite stable in all groups, the fluctuations of this parameter were insignificant.*
Conclusion. *The results of the research showed that effective dairy cattle breeding requires a comprehensive and in-depth analysis of the relationship between economically useful traits, since determining milk quality parameters only for the whole herd does not provide a reliable and clear picture of differences in the quality and economic value of milk in terms of the level of milk productivity of cows.*

Key words: *cattle, milk, productivity, chemical composition.*
For citation: *Ulivanova G. V., Karelina O. A., Fedosova O. A., Bystrova I. Yu., Nezalenova A. A. A comprehensive study of the milk productivity of Holstein cows and physical and chemical properties of milk in terms of import substitution // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.2. P.117-124 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.014*

Введение

Продовольственная проблема давно стоит в списке глобальных проблем человеческой цивилизации. Во многих регионах мира, в том числе и в России, уровень питания населения далек от оптимального. Остроту продовольственной проблемы в Российской Федерации повышает и современная политика европейских государств, постоянно усиливающих санкционное давление на нашу страну.

Одним из путей снижения остроты продовольственной проблемы является интенсификация сельскохозяйственной отрасли народного хозяйства и, в частности, животноводства. Наиболее пристальное внимание при этом уделяется молочному скотоводству, поскольку молоко и молочные продукты, имея высокую биологическую ценность, остаются доступными для широких кругов населения [1-6]. Поэтому именно молоко и молочная продукция составляют большую часть в валовом продукте сельского хозяйства [7-10].

Целью исследований стало комплексное изучение молочной продуктивности и физико-химических свойств молока коров голштинской породы.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа показателей молока, обуславливающих его качество, были сформированы группы коров, ранжированные по уровню продуктивности (рис. 1).

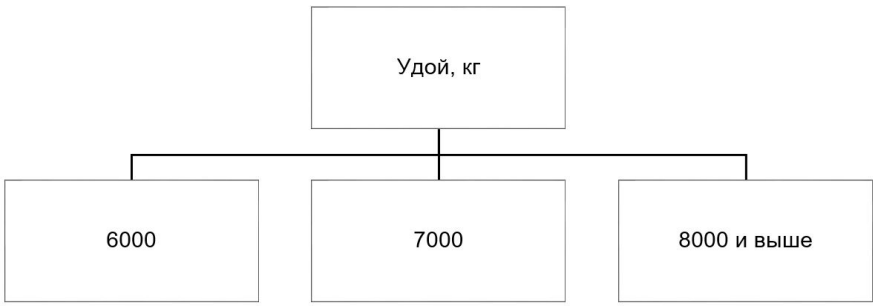


Рис. 1 – Комплектация групп
(Group configuration)

При оценке молочной продуктивности и физико-химических свойств молока были определены следующие показатели (рис. 2).

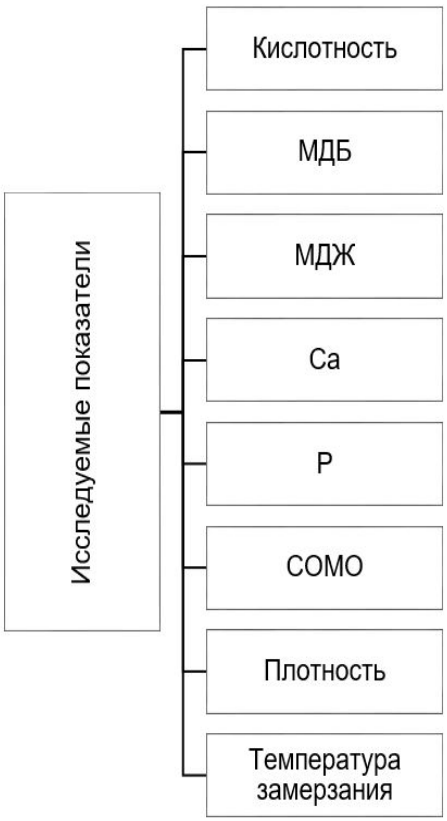


Рис. 2 – Исследуемые показатели
(The studied indicators)

Исследования провели на базе испытательного центра ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир. При анализе физико-химических свойств молока использовалось современное оборудование, представленное в испытательном центре – анализатор Молока «Клевер-2М», спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2АТ» с ртутно-гидритной приставкой, спектрофотометр «Shimadzu» UV-2450 PS.

Кроме вышеуказанных показателей для исследования использовали данные статистической отчетности и первичной документации базового хозяйства, в качестве которого выступало одно из крупных животноводческих предприятий Рязанского района Рязанской области.

Результаты исследований и их обсуждение

Группы коров были достаточно выравнены по продуктивности. Коэффициент вариации по удою в группе низкопродуктивных коров составил 5,25 %, у коров со средней продуктивностью – 0,40 % и у высокопродуктивных коров – 4,12 %. Подобные данные свидетельствую о низкой внутригрупповой изменчивости по изучаемому признаку, что является методически оправданным.

Содержание жира в молоке в среднем по исследуемому поголовью составило 3,502 %, содержание белка – 3,706 % (рис. 3).

Содержание жира и белка в молоке является основным технологическим показателем, характеризующим как качество молока, так и его пригодность к переработке и изготовлению разнообразной молочной продукции. Процентное содержание жира в молоке низкопродуктивных коров несколько выше, чем у коров с более высокой продуктивностью. Так, при среднем удое 6000 кг молока МДЖ по группе коров составило 3,68 %, тогда как при повышении удоя МДЖ в среднем по группе колебалось в пределах 3,44-3,45 %. Изменчивость данного признака внутри групп очень высока, что не дает оснований для утверждения о достоверных межгрупповых различиях по этому показателю.

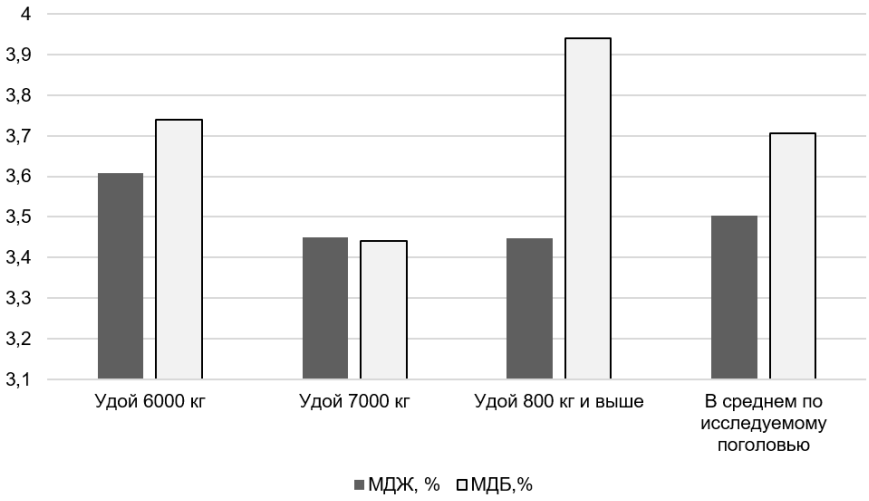


Рис. 3 – Содержание жира и белка в молоке
(Fat and protein content in milk)

Содержание белка в молоке исследуемых коров оказалось более стабильным показателем – уровень внутригрупповой изменчивости не превышал 10 %.

Сравнение показало, что наибольшим уровнем МДБ характеризуются высокопродуктивные коровы – среднее содержание белка по этой группе составило 3,94 % против 3,74 % в среднем по группе коров с удоем 6000 кг. При расчете коэффициента корреляции между уровнем удоя и МДЖ выявлена слабая отрицательная взаимосвязь (r = -0,142), но, если рассматривать взаимосвязь данных признаков в разрезе продуктивности, то по группе коров с удоем 7000 кг уровень рассчитанного коэффициента указывает на высокую отрицательную связь (r = -0,705) (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции, обуславливающие взаимосвязь величины удоя, содержания жира и белка в молоке

Показатель	Сравниваемые группы			
	по всем группам	6000 кг	7000 кг	8000 кг и выше
Удой/МДЖ	-0,142	-0,331	-0,705	-0,260
Удой/МДБ	0,411	0,415	-0,023	-0,154
МДЖ/МДБ	-0,370	-0,787	-0,573	-0,259

Рассматривая взаимосвязь содержания белка в молоке и величины удоя, можно выявить следующую тенденцию: если по группе коров, характеризующихся относительно низкой продуктивностью, корреляция составляет 0,415, что свидетельствует о высокой положительной взаимосвязи, то с повышением продуктивности взаимосвязь все больше склоняется в сторону отрицательной, хотя корреляция и достаточно невелика (r = от -0,023 до -0,154). Анализируя полученные результаты, необходимо сделать вывод о нелинейности взаимосвязи между основными технологическими показателями. Поэтому при ведении дальнейшей селекционной работы надо опираться не на общие тенденции связи между признаками, обнаруженными во всей популяции, а проводить более глубокий анализ взаимосвязи хозяйственно-полезных признаков по группам коров с разным уровнем продуктивности.

Для изучения полноценности кормления лактирующих коров часто предлагают использовать показатель соотношения МДЖ/МДБ, нормативными значениями которого считают 1,1:1 до 1,5:1. Ученые также отмечают, что увеличение соотношения свыше 1,5:1 считается критическим и является индикатором повышенного риска возникновения кетоза.

В целом по исследуемой группе коров данное соотношение составило 0,96:1, что свидетельствует об уклонении животных в сторону повышенной белковомолочности при несколько пониженном содержании жира в молоке. Если же рассматривать данное соотношение в разрезе продуктивности, то наибольшее отклонение от нормативных параметров в сторону белковомолочности характерно для высокопродуктивных коров, а вот по группе коров, характеризующихся продуктивностью 7000 кг, то есть средней по стаду, данное соотношение лишь чуть ниже нормы (1,01:1). Такое отношение МДЖ/МДБ, по мнению некоторых исследователей,служит признаком высокой нагрузки на обмен веществ [11- 14].

В современной зоотехнической практике о качестве молока судят не только по удою, содержанию жира и белка в молоке. Немаловажное значение имеют и другие показатели.

Так, уровень СОМО рекомендуется использовать для оценки натуральности молока, поскольку, по результатам исследований, в фальсифицированном молоке значение этого параметра, как правило, ниже 8 % (рис. 4)

.

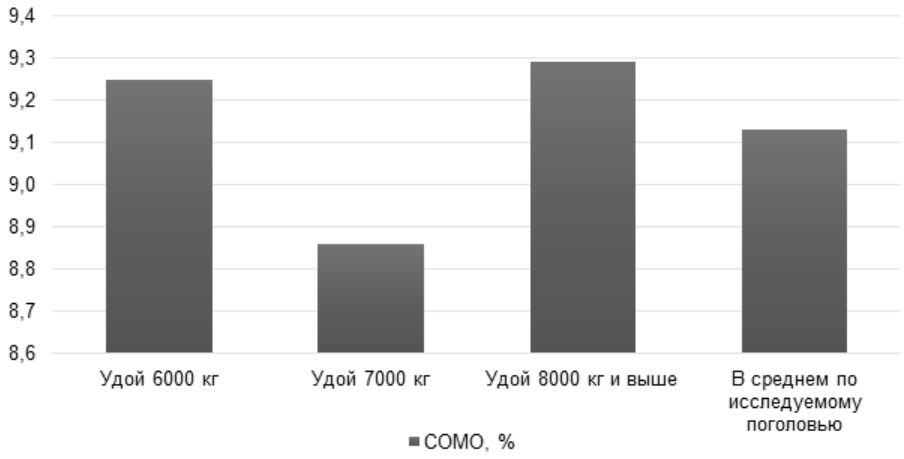


Рис. 4 – Уровень СОМО, % (SOMO level, %)

Учеными и специалистами-практиками выделено три основных фактора, влияющих на изменение величины сухого остатка (СОМО). Это, во-первых, фальсификация молока водой, во-вторых – заболевание животных маститом, при котором также отмечается понижение СОМО, и в-третьих – нарушение обмена веществ, которое отмечается при хронической нехватке питательных веществ в рационе.

Проведенные исследования показывают, что данный параметр по всем группам коров был в пределах нормы. Минимальным уровнем СОМО характеризовались животные с продуктивностью 7000 кг молока – 8,86 %. В среднем по всем изучаемым группам величина данного параметра составила 9,13 %.

О полноценности питания коров, по мнению специалистов, может свидетельствовать и содержание минеральных веществ в молоке (рис. 5) [15]. Но в данном случае необходимо сделать некоторые оговорки. Так, было установлено, что содержание кальция в молоке является очень стабильным показателем и не снижается даже при жестком дефиците этого макроэлемента в рационе. Поэтому даже незначительные колебания этого параметра считаются весьма существенными.

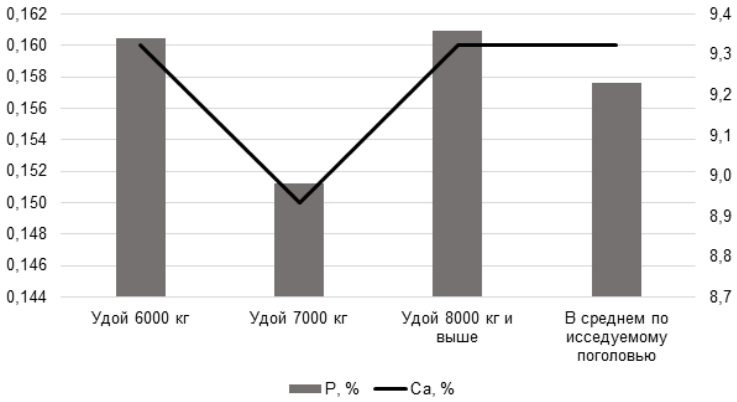


Рис. 5 – Содержание кальция и фосфора в молоке, %
(The content of calcium and phosphorus in milk, %)

В исследуемом случае выявлено, что уровень кальция в молоке коров со средней продуктивностью имел тенденцию к снижению и составил 0,15 % при уровне в среднем по изучаемым группам – 0,16%.

Необходимо добавить, что аналогичные исследования, проведенные нами в другом крупном агрохолдинге в 2021 году, показали, что содержание кальция в молоке коров оказалось несколько ниже – в среднем 0,13 %, но также характеризовалось значительной стабильностью. Увеличение данного параметра было отмечено лишь по группе новотельных коров – 0,15 % [16-20].

Уровень фосфора характеризовался более значительными колебаниями (от 8,98 % до 9,29 %), достигая максимального значения по группе коров с продуктивностью 8000 кг и выше. При сравнении с показателями другого хозяйства со сходным уровнем удоя на корову, уровень фосфора в молоке также оказался ниже.

Немаловажными параметрами, характеризующими качество молока и изготавливаемой из него молочной продукции, являются такие физические свойства, как его плотность и кислотность, а также температура замерзания.

Кислотность молока зависит от многих факторов – от состава белков, наличия и концентрации растворенного углекислого газа, количества фосфорнокислых, лимоннокислых солей. За нормативный показатель кислотности принимают значение 16-18 ºТ с размахом колебаний до 24 ºТ, что вполне сопоставимо с полученными результатами (табл. 2).

Таблица 2 – Физические свойства молока коров с разным уровнем продуктивности

Показатель	Сравниваемые группы			
	по всем группам	6000 кг	7000 кг	8000 кг и выше
Кислотность, ^{0}Т	17,78±0,19	17,78±0,15	18,26±0,18	18,24±0,19
Плотность, кг/м^3	1032,9±0,02	1033,6±0,81	1031,8±0,66	1033,4±1,03
Температура замерзания, ºС	-0,541±0,009	-0,542±0,002	-0,539±0,003	-0,542±0,002

Необходимо также отметить некоторую тенденцию увеличения уровня кислотности при повышении удоя. Так, минимальным уровнем данного параметра характеризовалась группа низкопродуктивных коров – 17,78 ºТ. В группах более высокопродуктивных животных кислотность молока повысилась до 18,24-18,26 ºТ.

Уровень плотности молока был достаточно стабилен во всех группах, колебания этого параметра незначительны. В среднем плотность молока составила 1032,9 кг/м^3.

Температура замерзания молока также может являться индикатором его фальсификации. Нормативным является значение в пределах -0,54 – -0,58 °С, то есть по всем исследуемым группам данный параметр был в пределах нормы, что сви-

детельствует об отсутствии фальсификации.

Заключение

С целью комплексного изучения молочной продуктивности коров голштинской породы и физико-химических свойств молока в условиях интенсификации производства все животные были ранжированы согласно их продуктивности. Были изучены и проанализированы такие показатели как МДЖ, МДБ, СОМО, содержание Са и Р, кислотность, плотность, температура замерзания молока.

Содержание жира в молоке в среднем по исследуемому поголовью составило 3,502 %, содержание белка – 3,706 % Процентное содержание жира в молоке низкопродуктивных коров несколько выше, чем у коров с более высокой продуктивностью (3,68 % против 3,44-3,45 %). Достоверных межгрупповых различий по параметру МДЖ выявлено не было из-за высокого уровня внутригрупповой изменчивости. Уровень изменчивости по параметру МДБ был несколько ниже – не более 10 %. Наибольшим содержанием белка в молоке характеризовались животные с продуктивностью более 8000 кг молока – 3,94 %. При расчете коэффициента корреляции между уровнем удоя и МДЖ выявлена слабая отрицательная взаимосвязь (r = -0,142), но при детальном изучении был сделан вывод о нелинейности взаимосвязи между основными технологическими показателями, что приводит к пониманию необходимости индивидуального подхода при селекционно-племенной работе. Отношение МДЖ/МДБ было несколько ниже нормативных значений, что является косвенным признаком высокой метаболитической нагрузки.

Уровень СОМО по всем группам коров был в пределах нормы. Минимальным уровнем СОМО характеризовались животные с продуктивностью 7000 кг молока – 8,86 %.

Содержание кальция в молоке отличалось высокой стабильностью и составило 0,16 % в среднем по исследуемым группам. Размах колебаний уровня фосфора составил от 8,98 % до 9,29 % с максимумом по группе высокопродуктивных коров.

Такие физические параметры как плотность и температура замерзания молока были достаточно стабильны во всех группах, колебания этого параметра незначительны. Отклонений от нормативных показателей также не обнаружено. Наблюдалась некоторая тенденция увеличения уровня кислотности при повышении удоя. Так, минимальным уровнем данного параметра характеризовалась группа низкопродуктивных коров – 17,78 ºТ. В группах высокопродуктивных животных кислотность молока повысилась до 18,24-18,26 ºТ.

Список источников

1. Конкина, В.С. Молочный рынок в контексте формирования агропродовольственной политики / В.С. Конкина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 4. – С. 44-51. – DOI 10.31442/0235-2494-2022-0-4-44-51.

2. Конкина, В.С. Текущее состояние молочной отрасли: факторы роста и дестабилизации / В.С. Конкина, А.Г. Красников, Е.А. Строкова // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 2. – С. 29-35. – DOI 10.17513/fr.43198.

3. Martynushkin, A.B. Measures To Minimize Biological Risks In Dairy Farming: Cost Analysis / A.B. Martynushkin, V.S. Konkina // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, Омск, 17-18 августа 2020 года. – Омск: European Publisher, 2021. – P. 52-59. – DOI 10.15405/epsbs.2021.07.7.

4. Nazarova, A.A. Influence of copper nanopowder on parameters of carbohydrate and lipid metabolism of holstein heifers / A.A. Nazarovaand [other] // International Journal of Nanotechnology. – 2019. – Т. 16. – № 1-3. – С. 122-132. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41685792.

5. Konkina, V.S. Russian milk export: Problems and development prospects / V.S. Konkina, A.G. Krasnikov, E.A. Strokova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15-16 октября 2021 года. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012022. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012022.

6. Konkina, V.S. Forecasting the size of the dairy market in anylogic environment / V.S. Konkina, A.B. Martynushkin // E3S Web of Conferences : International Conference «Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic» (EFSC2021), Doushanbe, Republic of Tadjikistan, 29-31 марта 2021 года. – Doushanbe, Republic of Tadjikistan: EDP Sciences, 2021. – P. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202128201002.

7. Перминова, О.В. Молочная продуктивность и качественный состав молока высокопродуктивных коров в зависимости от некоторых факторов : специальность 06.02.04 диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / О.В. Перминова. – Омск, 2005. – 166 с. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16061852

8. Цюпко, В.В. Состав молока и закономерности синтеза жира, белка и лактозы в молоке коров / В.В. Цюпко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина. – 2012. – Т. 3. – № 2. – С. 96-101. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18888100

9. Кузнецов, А. Содержание жира и белка в молоке коров / А. Кузнецов, С. Кузнецов // Комбикорма – 2010. – № 7. – С. 61-64. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16543179

10. Павлов, Д.Ю. Анализ продуктивности коров, методика и материал исследований / Д.Ю. Павлов, А.В. Майоров // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – №5-3. – С. 67-69. – DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10972

11. Ачкасова, Е.В. Влияние паратипических факторов на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров-первотелок черно-пестрой породы : специальность 06.02.04 диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Е.В. Ачкасова. – Ижевск, 2009. – 166 с. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19217558

12. Галичева, М.С. Технологический метод сохранения здоровья коров и обеспечения качества молока / М.С. Галичева, В.Т. Головань, Д.А. Юрин // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3(12). – С. 19-

21. – DOI 10.25930/2218-855X/002.3.12.2019.

13. Ефимова, Л.В. Влияние различных факторов на физико-химические свойства молока коров / Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина, О.В. Иванова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6(74). – С. 234-235. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36716474

14. Обуховский, В.М. Здоровье коров и качество молока / В.М. Обуховский, О.В. Никитюк, И.С. Давиденко // Наше сельское хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 2-6. – URL: http://nsh.by/arhiv/484/0115/

15. Абрамкова, Н.В. Влияние уровня кальция и фосфора в рационах лактирующих коров на молочную продуктивность / Н.В. Абрамкова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 8. – С. 128-131. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36707550

16. Кулаков, В.В. Анализ влияния паратипических факторов на физико-химические свойства молока коров в условиях интенсификации производства / В.В. Кулаков, О.А. Федосова, Г.В. Уливанова, О.А. Карелина, Э.О. Сайтханов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13 (3). – № 3. – С. 33-40. – DOI: 10.36508/RSATU.2021.45.42.005

17. Вильвер, Д.С. Зависимость физико-химических свойств молока от возраста телок при первом осеменении / Д.С. Вильвер // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 10-3(41). – С. 25-26. – DOI 10.18454/IRJ.2015.41.159.

18. Циновый, А.В. Физиологические изменения состава молока коров в зависимости от возраста, периода лактации и при первичных нарушениях функции молочной железы : специальность 03.00.13 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Циновый Алексей Васильевич. – Харьков, 2003. – 142 с. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19186088

19. Гриценко, С.А. Анализ показателей биохимического состава молока и крови коров молочного направления продуктивности с применением расчета генетических параметров / С.А. Гриценко, Ю.Р. Садыртдинова // БИО. – 2020. – № 6(237). – С. 22-24. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44075049

20. Lyashuk, A.R. Influence of the birth season of first-calf heifers on milk productivity and milk production efficiency in the conditions of the Orel region / A.R. Lyashuk // Bulletin of Agrarian Science. – 2021. – No 1(88). – P. 165-171. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.1.165.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Konkina, V.S. Molochnii rinok v kontekste formirovaniya agroprodovolstvennoi politiki / V.S. Konkina // Ekonomika selskohozyaistvennih i pererabativayush'ih predpriyatii. – 2022. – № 4. – S. 44-51. – DOI 10.31442/0235-2494-2022-0-4-44-51.

2. Konkina, V.S. Tekush'ee sostoyanie molochnoi otrasli: faktori rosta i destabilizacii / V.S. Konkina, A.G. Krasnikov, E.A. Strokova // Fundamentalnie issledovaniya. – 2022. – № 2. – S. 29-35. – DOI 10.17513/fr.43198.

3. Martynushkin, A.B. Measures To Minimize Biological Risks In Dairy Farming: Cost Analysis / A.B. Martynushkin, V.S. Konkina // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, Omsk, 17-18 avgusta 2020 goda. – Omsk: European Publisher, 2021. – P. 52-59. – DOI 10.15405/epsbs.2021.07.7.

4. Nazarova, A.A. Influence of copper nanopowder on parameters of carbohydrate and lipid metabolism of holstein heifers / A.A. Nazarovaand [other] // International Journal of Nanotechnology. – 2019. – T. 16. – № 1-3. – S. 122-132. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41685792.

5. Konkina, V.S. Russian milk export: Problems and development prospects / V.S. Konkina, A.G. Krasnikov, E.A. Strokova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15-16 oktyabrya 2021 goda. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012022. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012022.

6. Konkina, V.S. Forecasting the size of the dairy market in anylogic environment / V.S. Konkina, A.B. Martynushkin // E3S Web of Conferences : International Conference «Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic» (EFSC2021), Doushanbe, Republic of Tadjikistan, 29-31 marta 2021 goda. – Doushanbe, Republic of Tadjikistan: EDP Sciences, 2021. – P. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202128201002.

7. Perminova, O.V. Molochnaya produktivnost i kachestvennii sostav moloka visokoproduktivnih korov v zavisimosti ot nekotorih faktorov : specialnost 06.02.04 dissertaciya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata selskohozyaistvennih nauk / O.V. Perminova. – Omsk, 2005. – 166 s. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16061852

8. Cyupko, V.V. Sostav moloka i zakonomernosti sinteza zhira, belka i laktozi v moloke korov / V.V. Cyupko // Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Biologiya. Medicina. – 2012. – T. 3. – № 2. – S. 96-101. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18888100

9. Kuznecov, A. Soderzhanie zhira i belka v moloke korov / A. Kuznecov, S. Kuznecov // Kombikorma – 2010. – № 7. – S. 61-64. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16543179

10. Pavlov, D.YU. Analiz produktivnosti korov, metodika i material issledovanii / D.YU. Pavlov, A.V. Maiorov // Mezhdunarodnii zhurnal gumanitarnih i estestvennih nauk. – 2019. – №5-3. – S. 67-69. – DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10972

11. Achkasova, E.V. Vliyanie paratipicheskih faktorov na molochnuyu produktivnost i tehnologicheskie svoistva moloka korov-pervotelok cherno-pestroi porodi : specialnost 06.02.04 dissertaciya na soiskanie

uchenoi stepeni kandidata selskohozyaistvennih nauk / E.V. Achkasova. – Izhevsk, 2009. – 166 s. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19217558

12. Galicheva, M.S. Tehnologicheskii metod sohraneniya zdorovya korov i obespecheniya kachestva moloka / M.S. Galicheva, V.T. Golovan, D.A. YUrin // Novosti nauki v APK. – 2019. – № 3(12). – S. 19-21. – DOI 10.25930/2218-855X/002.3.12.2019.

13. Efimova, L.V. Vliyanie razlichnih faktorov na fiziko-himicheskie svoistva moloka korov / L.V. Efimova, T.V. Zaznobina, O.V. Ivanova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 6(74). – S. 234-235. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36716474

14. Obuhovskii, V.M. Zdorove korov i kachestvo moloka / V.M. Obuhovskii, O.V. Nikityuk, I.S. Davidenko // Nashe selskoe hozyaistvo. – 2015. – № 1. – S. 2-6. – URL: http://nsh.by/arhiv/484/0115/

15. Abramkova, N.V. Vliyanie urovnya kalciya i fosfora v racionah laktiruyush'ih korov na molochnuyu produktivnost / N.V. Abramkova // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskohozyaistvennoi akademii. – 2018. – № 8. – S. 128-131. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36707550

16. Kulakov, V.V. Analiz vliyaniya paratipicheskih faktorov na fiziko-himicheskie svoistva moloka korov v usloviyah intensifikacii proizvodstva / V.V. Kulakov, O.A. Fedosova, G.V. Ulivanova, O.A. Karelina, E.O. Saithanov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kosticheva. – 2021. – T. 13 (3). – № 3. – S. 33-40. – DOI: 10.36508/RSATU.2021.45.42.005

17. Vilver, D.S. Zavisimost fiziko-himicheskih svoistv moloka ot vozrasta telok pri pervom osemenenii / D.S. Vilver // Mezhdunarodnii nauchno-issledovatelskii zhurnal. – 2015. – № 10-3(41). – S. 25-26. – DOI 10.18454/IRJ.2015.41.159.

18. Cinovii, A.V. Fiziologicheskie izmeneniya sostava moloka korov v zavisimosti ot vozrasta, perioda laktacii i pri pervichnih narusheniyah funkcii molochnoi zhelezi : specialnost 03.00.13 : dissertaciya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata biologicheskih nauk / Cinovii Aleksei Vasilevich. – Harkov, 2003. – 142 s. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19186088

19. Gricenko, S.A. Analiz pokazatelei biohimicheskogo sostava moloka i krovi korov molochnogo napravleniya produktivnosti s primeneniem rascheta geneticheskih parametrov / S.A. Gricenko, YU.R. Sadirtdinova // BIO. – 2020. – № 6(237). – S. 22-24. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44075049

20. Lyashuk, A.R. Influence of the birth season of first-calf heifers on milk productivity and milk production efficiency in the conditions of the Orel region / A.R. Lyashuk // Bulletin of Agrarian Science. – 2021. – No 1(88). – P. 165-171. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.1.165.

Информация об авторах

Уливанова Галина Викторовна, *канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, darinelle@mail.ru*

Карелина Ольга Александровна, *канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, olg90945056@yandex.ru*

Федосова Ольга Александровна, *канд. биол. наук, доцент кафедры зоотехнии и биологии, fedosowa1986@mail.ru*

Быстрова Ирина Юрьевна, *д-р с.-х. наук, профессор кафедры зоотехнии и биологии, ibystrova66@mail.ru*

Незаленова Анастасия Алексеевна, *аспирант факультета ветеринарной медицины и биотехнологии, направления подготовки 36.06.01 Ветеринария и зоотехния, направленность (профиль) 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства, nezalenova22@yandex.ru*

Information about the authors

Ulivanova Galina V., *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, darinelle@mail.ru*

Karelina Olga A., *Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, olg90945056@yandex.ru*

Fedosova Olga A., *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Biology, fedosowa1986@mail.ru*

Bystrova Irina Yu., *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Zootechny and Biology, ibystrova66@mail.ru*

Nesolenova Anastasia A., *postgraduate student of the Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology, training direction 36.06.01 Veterinary and Animal Science, orientation (profile) 06.02.10 Private animal science, technology of animal products production, nezalenova22@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 13.05.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 13.05.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, № 2, с. 125-134
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, № 2, pp 125-134

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 619:[591.11]:636.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.015

ГЕНЕРАЦИЯ АФК В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ «IN VIVO» И «IN VITRO» СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Арина Сергеевна Федотова[1] ✉, Галина Владимировна Макарская[2], Светлана Вениаминовна Тарских[3]

[1]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия
[2]Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия
[3]МНЦ исследований экстремальных состояний организма, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск, Россия

[1]krasfas@mail.ru
[2]mgv@icm.krasn.ru
[3]s.tarskikh@inbox.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Цель исследования – сравнительная оценка активности генерации первичных и вторичных радикалов кислорода в венозной крови крупного рогатого скота при хроническом воздействии на организм поглощенной дозы 1,33 мГр/год и острого облучения венозной крови животных «in vitro» в дозе 1,33 мГр.*
Методология. *Объект исследования: кинетика продукции активных форм кислорода в образцах периферической крови крупного рогатого скота. Работа проведена в 2019-2021 годах в хозяйствах и частных подворьях центральных районов Красноярского края. Исследования проведены в научно-исследовательском испытательном центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ и Красноярском научном центре СО РАН.*
Результаты. *На основании сравнительного анализа параметров хемилюминесцентной кинетики генерации кислородных радикалов (амплитуды максимальной активности, времени достижения максимумов хемилюминесцентной кинетики, суммарной продукции первичных и вторичных радикалов за 180 минут) и расчетного индекса активации выявлено близкое сходство кинетики продукции первичных и вторичных радикалов в периферической крови крупного рогатого скота при поглощенной дозе внешнего облучения 1,33 мГр/год и облучении крови «in vitro» в дозе 1,33мГр. В периферической крови развивается одинаковый эффект изменения образования свободных радикалов кислорода. Установлено, что индекс активации генерации вторичных радикалов при облучении «in vivo» и «in vitro» статистически равнозначен. Идентичное течение процесса образования АФК позволяет проводить экстраполяцию данных кинетики генерации АФК при облучении крови «in vitro» в малых дозах на кинетику образования АФК в крови животных при воздействии на них радиации в диапазоне малых доз.*
Заключение. *Выявленные тесные корреляционные зависимости между генерацией активных форм кислорода в периферической крови при облучении «in vivo» в дозе 1,33 мГр/год и облучением «invitro» в дозе 1,33 мГр дают право применять облучение образцов крови «in vitro» в качестве модели естественных процессов.*

Ключевые слова: *АФК, периферическая кровь, свободные радикалы, малые дозы, крупный рогатый скот*

Для цитирования: *Федотова А.С., Макарская Г.В., Тарских С.В. Генерация АФК в периферической крови крупного рогатого скота под действием «in vivo» и «in vitro» сверхмалых доз ионизирующе-*

© Федотова А.С., Макарская Г.В., Тарских С.В., 2022 г.

го излучения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. Р 125-134 (in Russ.).https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.015

Original article

ROS GENERATION IN PERIPHERAL CATTLE BLOOD UNDER «IN VIVO» AND «IN VITRO» LOW DOSES IONIZING RADIATION

Arina S. Fedotova[1]✉, Galina V. Makarskaya[2] , Svetlana V. Tarskih[3]

[1]FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia,
[2]Senior Researcher of Environmental Monitoring technologies Department, Institute of Computational Modeling, Siberian Branch Academy of Science, Krasnoyarsk, Russia
[3]Institute of Extreme Conditions of the Body, Federal Research Centre «Krasnoyarsk Science Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science», Krasnoyarsk

[1]krasfas@mail.ru
[2]mgv@icm.krasn.ru
[3]s.tarskikh@inbox.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The aim is comparative evaluation of primary and secondary oxygen generation in cattle peripheral blood under chronic exposure of the absorbed dose 1,33 mGr/year and acute venous blood radiation 1,33 mGr/year «in vitro».*
Methods. *The object of study is the kinetics of generation of reactive oxygen forms in cattle peripheral blood samples. The study was held in 2019-2021in private farmsteads in central regions of Krasnoyarsk krai. The studies were carried out at the research and testing center of the Krasnoyarsk State Agrarian University and the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.*
Results. *On the basis of a comparative study of chemiluminescent kinetics of oxygen radicals generation (maximum activity amplitude, chemiluminescent kinetics peak time, total production of primary and secondary radicals in 180 minutes) and calculated activation index it has been established that there is a close similarity of the production kinetics of primary and secondary radicals in cattle peripheral blood under the absorbed dose 1,3 mGr/year of external radiation and blood radiation 1,33 mGr/year «in vitro». In peripheral blood there is the same effect of free oxygen radical formation alteration. It has been established that activation index of secondary radical generation under «in vivo» radiation equals to «in vitro» radiation. The identical process of ROS (reactive oxygen species) formation allows to hold extrapolation of the generation kinetics of ROS data under blood radiation «in vitro» in low doses to the generation kinetics of ROS in cattle blood under the impact of low doses radiation.*
Conclusion.*The identified close correlation between ROS generation in peripheral blood under 1,33 mGr/year «in vivo» radiation and 1,33 mGr/year «in vitro» radiation allows to apply the radiation of blood samples «in vitro» as a model of natural processes.*

Key words: *ROS, peripheral blood, free radicals, low doses, cattle.*
For citation: *Fedotova A.S., Makarskaya G.V., Tarskikh S.V. Generation of ROS in the peripheral blood of cattle under the influence of "in vivo" and "in vitro" ultra-low doses of ionizing radiation // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022.T14, No.2. With P 125- 134 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.015*

Введение

Изучение воздействия ионизирующих излучений на биологический объект является актуальным на протяжении более 100 лет. На заре становления науки радиобиологии учеными активно исследовалось воздействие ионизирующего излучения в дозах, способных вызвать патологические изменения в органах и тканях. В начале XX века советскими учеными были установлены поражающие дозы облучения, создана классификация лучевой болезни, выявлены закономерности обмена радиоактивных веществ в организме животных, разработаны средства и способы удаления радиоизотопов с шерстного покрова сельскохозяйственных животных, сформированы основы биологического действия радиоактивных излучений, описаны первичные процессы лучевого поражения высоких доз радиации. В последующее время создано представление о механизмах природной и модифицированной радиорезистентности, проведена разработка путей поиска эффективных радиозащитных препаратов, что имело колоссальное теоретическое и практическое значение для радиоэкологии.

Международное рассмотрение проблем радиобиологии в первый раз было осуществлено в 1955 г. на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии. К этому моменту общепланетарной проблемой явилось увеличение радиационного фона Земли. В связи с этим возникла необходимость изучения особенностей создавшейся радиационной обстановки, ее влияния на биосферу, изыскания мероприятий по обеспечению радиационной безопасности. Малые дозы

облучения воздействуют на значительную часть биосферы планеты с середины XX века, ученые все больше внимания уделяют вопросу воздействия малых доз облучения. Проблема воздействия низких доз радиации привлекает внимание медиков, радиоэкологов, ветеринарных врачей, радиобиологов. В настоящее время имеются разные взгляды ученых в оценке величины малых доз радиации по воздействию на биологический объект. Согласно данным третьей главы научного доклада «Краткое изложение проблемы воздействия радиации в малых дозах на состояние здоровья» научного Комитета Организации Объединённых Наций по действию атомной энергии, к малым дозам ионизирующего излучения относятся дозы: менее 200мГр для человека, меньше 500 мГр для млекопитающих; низкая дозовая мощность – 0,1 мГр/мин в среднем за один час для гамма и рентгеновских лучей [1].

Имеет место теория беспорогового воздействия ионизирующего излучения на биологический объект. Согласно теории при воздействии радиации в любой дозе увеличивается число злокачественных новообразований и генетических перестроек в организме. Часть ученых в своих исследованиях указывают на отсутствие влияния малых доз на гомеостаз животных. В некоторых работах есть данные об адаптации биоты в эволюционном процессе к действию малых доз радиации. Существует множество работ о стимулирующем действии на биологический объект ионизирующих излучений в значениях, принадлежащих диапазону малых доз. В 1980 г. Т.Д. Люкки предлагает понятие «радиационный гормезис» – процесс стимуляции и возникновения благоприятного эффекта при воздействии малых доз радиации. Радиационному гормезису посвящено множество работ [2].

При оценке малых доз радиации важно учитывать значение поглощенной дозы за единицу времени и пространственно-временное распределение ионизирующего излучения в биологическом объекте. При воздействии низких поглощенных доз в клетках и тканях организма одновременно с процессами повреждения идут восстановительные процессы, интенсивность этих процессов зависит от большого количества факторов, главным из которых является мощность поглощенной дозы. При хроническом облучении часть лучевых повреждений не восстанавливается, в результате происходит накопление патологических изменений в клетках, что приводит к изменению функций тканей и органов.

В настоящее время нет единого мнения о патогенезе малых доз ионизирующего излучения в клетках и тканях. Существует гипотеза, что при воздействии низких доз радиации дегенеративные процессы в клетках и тканях компенсируются репаративными, что закреплено в генотипе организма. Эта гипотеза может быть основой для определения границ воздействия низких поглощенных доз радиации на биологический объект.

В регионах с радиоактивным загрязнением территорий животные подвергаются хроническому комбинированному радиационному воздействию: внешнему и внутреннему облучению от поступающих в организм радионуклидов. Вопросам влияния радиации на гомеостаз организма, гематологические и биохимические показатели крови сельскохозяйственных и диких животных, обитающих на загрязненной территориях, посвящено достаточно много работ. Опасность низких поглощенных доз радиации можно оценить, рассчитав поглощенную дозу облучения. Однако оценить дозу облучения, воздействующую на организм, затруднительно, так как авторы приводят чаще всего плотность загрязнения техногенными радионуклидами или их удельную активность в объектах агробиоценозов [3, 4].

В настоящее время исследователи ведут работы по оценке влияния малых доз на состояние тканей, органов, систем организма. В исследованиях Александрова Ю.А. в 2017 г. по оценке влияния малых доз внешнего гамма-излучения на иммунологический статус организма овец определенно, что внешнее облучение овец в диапазоне 25-100 Р повышает уровень иммуноглобулинов класса IgM, снижает содержание антител класса IgG и IgA. Автором выявлено стимулирующее действие двукратного гамма-облучения в дозе 90 Р и 100 Р на иммунобиологическую реактивность организма овец [5]. Александровым Ю. А. в 2016 году установлен эффект радиационного гормезиса у овец при облучении в дозе от 25 до 75 Р, но дозы 75-100 Р снижают количество лейкоцитов в периферической крови овец [6].

Шевченко Т.С. с соавторами оценивали влияние значительных доз внешнего гамма-облучения на клинические и гематологические показатели крови овец. При действии поглощенной дозы в 2-4 Гр у животных возникла лучевая болезнь легкой, средней степени тяжести, при этом авторами установлено снижение количества лимфоцитов на 30 % при дозе 4 Гр, на 15 % при дозе 2 Гр [7].

Алесиной М.Ю. с соавторами выявлено отсутствие влияния внешнего облучения в дозе 0,07 Гр/сут на популяцию В- лимфоцитов в периферической крови крыс. При внешнем гамма-облучении в дозе 0,12;0,2 и 0,3 Гр/сут в течение 30-130 сут. снижается популяция В-лимфоцитов, уменьшается количество IgM и IgG, увеличивается содержание IgA в сыворотке крови крыс [12]. Этой же работой определенно отсутствие количественных изменений гемоглобина, СОЭ, эритроцитов и лейкоцитов у норок двух- и трехлетнего возраста при внешнем облучения в дозе 0,16 мР/ч-0,1 мР/час. Авторами отмечено, что в венозной крови коров, содержащихся в хозяйствах на границе зоны Чернобыльской атомной электростанции, уменьшается на 25 % уровень гематокрита, количество гемоглобина, незначительно (на 1 %) снижается содержание лейкоцитов и эритроцитов, понижается на 4 % количество общего белка. В крови отдельных коров были обнаружены атипичные клетки, на фоне нейтропении была выявлена устойчивая эозинофилия и базофилия, во всех пробах периферической крови регистрировались юные нейтрофилы [8].

Аклеевым А.А. с соавторами изучена адгезив-

ная способность нейтрофилов крови человека при воздействии внешнего гамма-излучения «in vitro» в дозах: 0,1; 0,25; 1 и 4 Гр. В результате работы констатировано, что облучение «in vitro» уменьшает адгезивную способность нейтрофилов пропорционально поглощенной дозе, минимальная доза при этом составляет 0,25 Гр [9].

Нами ранее были проведены исследования по оценке активности генерации активных форм кислорода (АФК) в крови крупного рогатого скота при облучении «in vivo» и «in vitro» в дозе 1,5 мГр [10].

В оценке влияния поглощенных доз в значениях, принадлежащих диапазону малых доз ионизирующих излучений, нужны экспериментальные данные и создание теоретических основ о принципах действия низких поглощенных доз радиации на всех уровнях организации организма.

При воздействии любого вида ионизирующего излучения на организм млекопитающих одним из адаптационных механизмов являются структурно-функциональные изменения, которые определяют метаболический гомеостаз организма. К основным структурно-функциональным изменениям относят процесс перекисного окисления липидов (ПОЛ). Процесс ПОЛ является основой изменений структуры и функции мембран клеток в рамках физиологической нормы и воздействии стрессовых факторов. Возможность ответной реакций организма определяется его адаптацией. Неизменность процесса перекисного окисления липидов в организме животных при физиологической норме создается физико-химической системой нормализации процессов окисления и восстановления в липидах мембран клеток. У лабораторных мышей изучено изменение в липидах печени при воздействии низкоинтенсивного рентгеновского излучения в низких дозах, выявлена значительная чувствительность значений системы регуляции ПОЛ к действию радиации в малых дозах [14].

В работах установлена противоположная зависимость между значениями ПОЛ и значением поглощенной дозы, определена разная восприимчивость и возможность к восстановлению значений физико-химической системы нормализации ПОЛ после действия повреждающих факторов [11].

Процессы генерации АФК клетками организма являются чувствительными к воздействию даже слабых доз ионизирующего излучения [15,16]. Высокочувствительные хемилюминесцентные методы позволяют адекватно отражать состояние свободнорадикальных процессов, это дает возможность выявить их незначительные изменения при различных физиологических состояниях. В настоящее время хемилюминесцентные методы широко используются для мониторинга антиоксидантных и прооксидантных свойств биологических систем. Хемилюминесцентным методом определены степень воздействия малых доз облучения на кинетику генерации свободных форм кислорода в периферической крови овец [17], трансгенерационное усиление продукции АФК клетками костного мозга белых крыс, обитающих в зоне отчуждения ЧАЭС. По хемилюминесцентной кинетике продукции АФК клетками венозной крови КРС выявлено сходство изменения функциональной активности клеток при действии 1,5 мГр облучения «in vivo» и «in vitro»[10].

Цель работы – сравнительная оценка активности генерации первичных и вторичных радикалов кислорода в венозной крови крупного рогатого скота при хроническом воздействии на весь организм поглощенной дозы 1,33 мГр/год и острого облучения венозной крови животных «in vitro» в дозе 1,3 мГр.

Для реализации цели поставлены задачи: отбор проб периферической крови у животных, находящихся при воздействии поглощенной дозы 1,33 мГр/год, с последующим определением продукции АФК в крови (воздействие «in vivo»); отбор проб периферической крови у животных, находящихся под воздействием глобального техногенного фона с последующим ее облучением в дозе 1,33 мГр, (облучение «in vitro») и определение уровня и интенсивности продукции АФК. Определение корреляционной зависимости между показателями хемилюминесценции в образцах «in vivo» и «in vitro».

Материалы и методы исследования

Работа проведена в 2019-2021 годах, материал для исследований – венозная кровь молочных коров, содержащихся на территории с повышенным радиационным гамма-фоном, обусловленным присутствием техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды. В этих условиях животные получали облучение «in vivo», поглощенная доза составляла 1,33 мГр/год. Контрольные пробы были отобраны от коров, содержащихся под воздействием фонового (естественного облучения), характерного для Красноярского края (доза 0,93 мГр/год). Для исследования образцов крови, облученной «in vitro» в дозе 1,3 мГр, отбирались пробы у крупного рогатого скота, содержащегося под воздействием естественного облучения с последующим облучением на установке, укомплектованной источником Cs-137. Оценку кинетики генерации активных форм кислорода выполняли хемилюминесцентным методом по В.М. Земскову с соавторами [12] в варианте для крови КРС [13]. Хемилюминесцентный анализ выполнен на 36-канальном аппаратурно-программном комплексе «Хемилюминометр 3604-ПЭВМ» (СКТБ «Наука», г. Красноярск СО РАН). В роли ХЛ-зондов использовали люцигенин и люминол. Исследовали хемилюминесцентную кинетику спонтанной продукции свободных кислородных радикалов клетками периферической крови и активированной in vitro частицами латекса, оценивая по параметрам: амплитуде максимальной активности (I_{max}, имп./с); времени достижения максимума (T_{max}, мин); светосумме (S, имп. за 180 мин); индексу активации (ИА = $S_{акт}/S_{спонт}$, усл. ед.). Время записи хемилюминесцентной кривой составляло180 мин., температура в регистрационной камере +38° С. Статистическая обработка цифрового материала проведена методом вариационной статистики с помощью прикладных программ Microsoft Office Excel 2007. Различия параметров ХЛ считали достоверными

при P ≤ 0, 05. Корреляционную зависимость устанавливали для кинетических кривых методом Пирсона и непараметрическим методом с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследований и их обсуждение

Хемилюминесцентным методом установлен достоверно (P<0,05) более короткий временной период формирования первого пика спонтанной генерации первичных люцигенинзависимых радикалов в пробах, облученных «in vitro» (рис. 1А). Время фиксации первого максимума спонтанной продукции первичных АФК клетками периферической крови при воздействии «in vivo» в дозе 1,33 мГр/год зарегистрировано на 24,83±2,02 мин, при облучении «in vitro» – на 16,33±2,03 мин. Время достижения второго максимума спонтанной хемилюминесценции «in vivo» и «in vitro» статистически не отличалось, Tmax(II) во всех пробах в среднем приходилось на 151±9,7 мин.

При антигенактивированной продукции люцигенинзависимых радикалов выявлено достоверное (P<0,05) ускорение формирования первого пика первичных радикалов в пробах «in vitro».При воздействии «in vitro» время достижения первого максимума хемилюминесценции регистрировалось на 19,67±0,33 мин., при облучении «in vivo» на – 27,33±2,65 мин. Статистически не различимо время формирования второго пика ХЛ при воздействии ионизирующего излучения «in vivo» и «in vitro», в среднем он регистрировался на 146,5±8,5 мин. Более короткое время образования первых пиков генерации люцигенинзависимых супероксидных радикалов при воздействии ионизирующего излучения на кровь «in vitro», очевидно, связано как с непосредственно ионизационным процессом, так и с активацией их ферментативного образования. При облучении «in vivo» воздействию меньших по мощности доз подвергается в целом весь многоклеточный сложно организованный организм и система крови в его составе.

Время образования пиков вторичных люминолзависимых радикалов имело такую же тенденцию (рис. 1Б). При спонтанной генерации выявлено достоверное (P<0,05) ускорение формирования Imax(I): при облучении «in vitro» – 14,33±4,3 мин, при воздействии «in vivo» – 23,73±1,9 мин. Статистически одинаково время формирования второго пика генерации вторичных радикалов в пробах «in vivo» и «in vitro» – 157,6±6,8 мин. При активации хемилюминесценции частицами латекса во всех пробах первый максимум регистрировался на 27,7±3,1 мин, второй – на 144,9±3,8 мин. Это свидетельствует об одинаковом течении процесса образования вторичных радикалов в периферической крови.

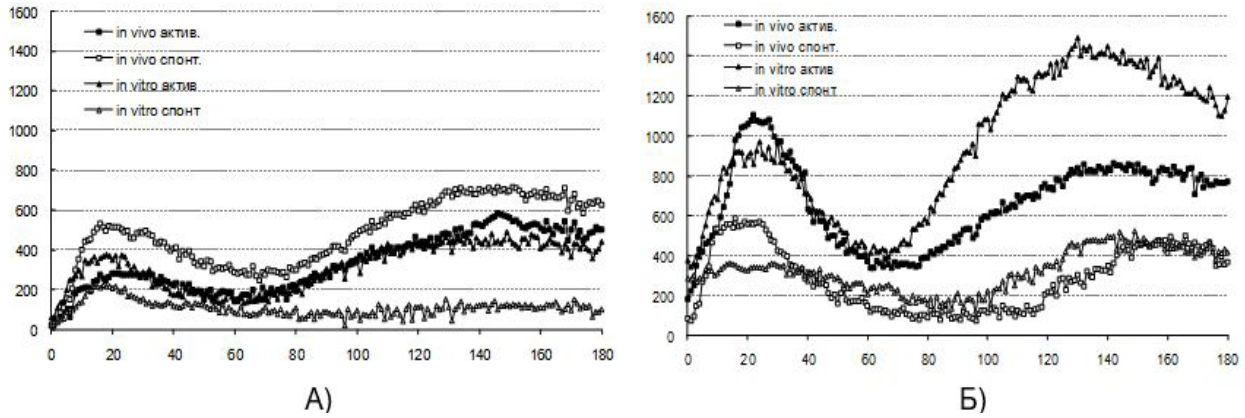


Рис. 1 – Хемилюминесцентная кинетика генерации первичных люцигенинзависимых (А) и вторичных люминолзависимых (Б) АФК клетками периферической крови коров при остром «in vitro» облучении крови в дозе 1,33 мГр и накопленной «in vivo» годовой дозе в 1,33 мГр/год

(Chemiluminescent kinetics of generation of primary lucigenin-dependent (A) and secondary luminol-dependent (B) ROS by peripheral blood cells of cows during acute "in vitro" blood irradiation at a dose of 1.33 mGy and accumulated "in vivo" annual dose of 1.33 mGy/year)

Амплитуда максимума (I_{max}(I),имп./с) спонтанной генерации первичных радикалов в крови при облучении «in vitro» была достоверно (P<0,01) ниже, чем в контрольных пробах и пробах *«in vivo»* (P<0,05) (рис. 2), что обуславливается резким увеличением активности супероксиддисмутазы в крови, сохраняющимся до 2-х суток после облучения [18]. При усилении фагоцитоза частицами латекса амплитуда максимумов (I_{max}, I_{Imax} имп./с) в пробах, облученных «in vitro», увеличивается, тогда как в пробах *«in vivo»* достоверно (P < 0,05) снижается, что может быть связано с более высокой активностью всего комплекса антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы и общего глутатиона) [18] при фагоцитарной активности клеток в крови животных, находящихся в под воздействием повышенного радиационного уровня.

Величина амплитуды (I_{max}, имп./с) максимумов спонтанной и активированной продукции люцигенинзависимых АФК в пробах контроля принадлежит диапазону нормальных значений и отражает реакцию клеток крови на антигенное воздействие.

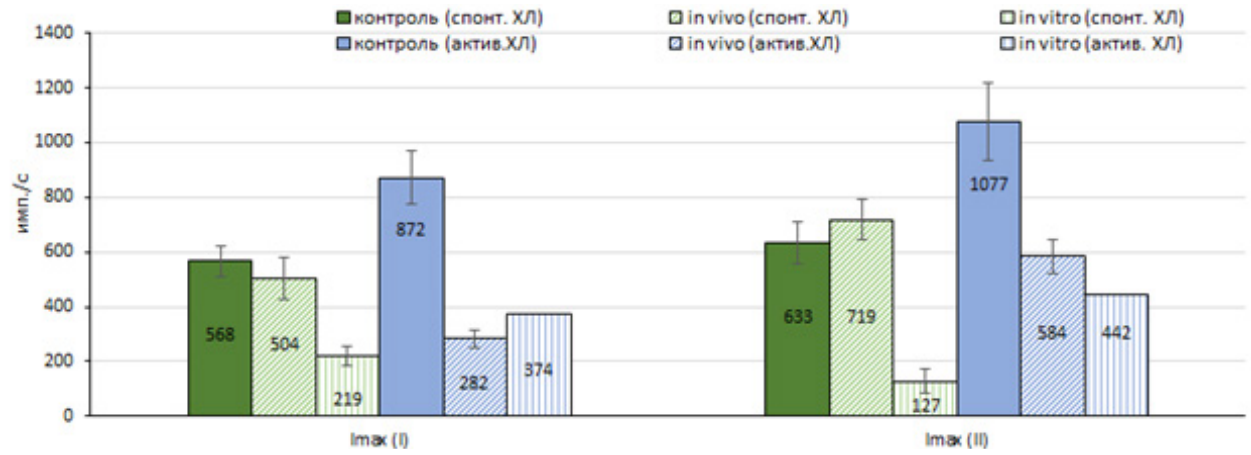


Рис. 2 – Значения амплитуды максимумов люцигенин усиленной хемилюминесцентной кинетики генерации АФК клетками крови
(Amplitude values of the maxima of lucigenin enhanced chemiluminescent kinetics of ROS generation by blood cells)

При генерации вторичных радикалов (таб.1) амплитуда первого пика (I_{max}(I),имп./с) при спонтанной и активированной ХЛ реакции в пробах *«in vitro»* и *«in vivo»* статистически не отличается. Высота первых пиков генерации антигенактивированной хемилюминесценции достоверно ниже в пробах *«in vivo»* (P < 0,05), в пробах *«in vitro»* (P < 0,01) по сравнению с контролем.

В пробах «in vitro» и «in vivo» значение амплитуды второго пика (I_{max}(II),имп./с) спонтанной генерации находилось в одном диапазоне изменчивости, при этом значение высоты амплитуд было достоверно выше по отношению к контролю.

При введении частиц латекса возрастает высота вторых пиков (I_{max}(II),имп./с) генерации вторичных радикалов; наиболее ярко это наблюдается в пробах контроля: высота пика при спонтанной ХЛ – 268,7±61, при активированной ХЛ – 1726,3±173,8. Высота вторых пиков антигенактивированной ХЛ реакции достоверно ниже в пробах «in vivo» (P < 0,01), в пробах *«in vitro»* (P < 0,5) по сравнению с контролем. Отмечено, что в образцах, облученных «in vitro», наблюдается статистически значимое (P < 0,01) увеличение амплитуды второго пика ХЛ кривой по сравнению с пробами «in vivo». Антиоксидантная система контроля в крови животных, пролонгировано облучающихся в малых дозах, более активна, что проявляется в сдерживании активности формирования второго максимума радикалообразования в их крови.

Таблица 1 – Значения амплитуды максимумов люминол усиленной хемилюминесцентной кинетики генерации АФК клетками крови

Хемилюминесцентная реакция	Проба	I_{max}(I),имп./с	I_{max}(II),имп./с
спонтанная	Контроль	463,4±67,5	268,7±61
	In vivo	570,3±97,2	457,2±88,9*
	In vitro	363,5±19,2	478,3±78,9**
активированная	Контроль	1474,6±171,5	1726,3±173,8
	In vivo	769,7±156,9***	855,6±224,6***
	In vitro	932,3±189,6**	1403,7±30,3*

Примечание: * – P < 0,1 ** – P < 0,05, *** – P < 0,01 по сравнению с контролем

В пробах «in vitro» спонтанно генерируется достоверно меньше (P < 0,01) первичных радикалов, чем в контрольных пробах и пробах *«in vivo»* острое внешнее воздействие радиации в малых дозах приводит к снижению функциональной активности клеток крови. При введении частиц латекса в контрольных пробах достоверно увеличивается продукция первичных радикалов, в пробах *«in vivo»* достоверно снижается (P < 0,05); суммарное количество сокращается на 30 % вслед за снижением активности первого максимума респираторного взрыва (рис. 1, 2). В пробах «in vitro» не выявлено статистически значимого изменения количестве первичных радикалов в ответ на антигенную стимуляцию. При воздействии малых поглощенных доз в периферической крови образуется достоверно (P < 0,01) меньше антиген активированных первичных радикалов по сравнению с пробами контроля, при этом в пробах *«in vivo»* и *«in vitro»*образуется статистически одинаковое количество АФК.

В пробах *«in vitro»* и *«in vivo»* спонтанно генерируется статистически одинаковое суммарное количество вторичных радикалов (рис 3). В про-

бах, подвергшихся воздействию малых доз облучения, спонтанно генерируется меньше АФК по сравнению с контролем, наиболее ярко этот процесс протекает в пробах *«in vitro»* (P < 0,5). При активации фагоцитарной деятельности клеток периферической крови введением частиц латекса суммарная генерация АФК в каждой пробе возрастает. При этом суммарное количество вторичных люминолзависимых радикалов в крови, облученной *«in vitro»*, достоверно (P < 0,05) выше его значения для крови животных, облученных *«in vivo»*

.

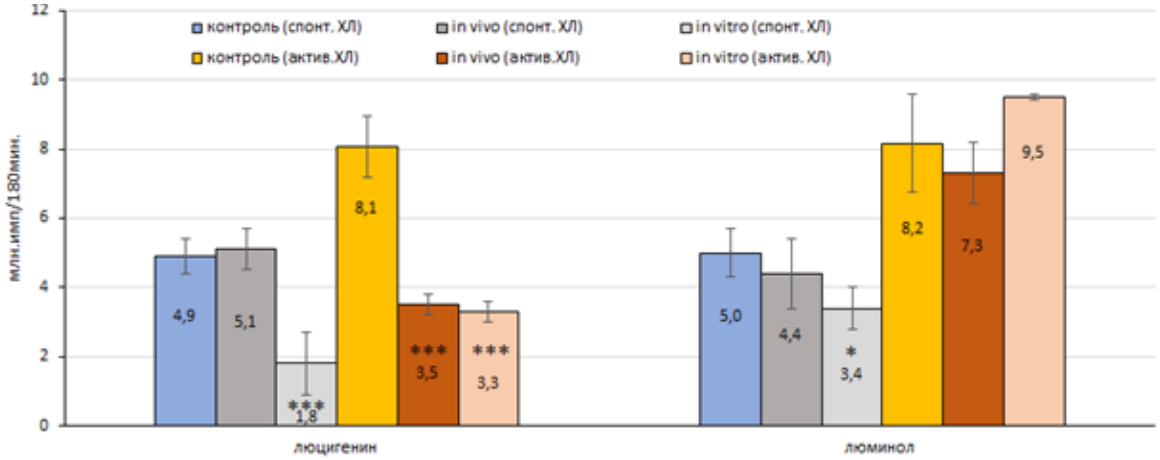


Рис. 3 – Светосумма хемилюминесценции первичных, вторичных радикалов кислорода при спонтанной и антигенактивированной генерации
(Light sum of chemiluminescence of primary, secondary oxygen radicals during spontaneous and antigen-activated generation)

По полученным данным рассчитан индекс активации (ИА), который отражает способность клеток крови (нейтрофилов, моноцитов) к увеличению генерации АФК в ответ на антигенную стимуляцию (табл. 2). Индекс активации при продукции люминолзависимых АФК в пробах крови при облучении *«in vivo»* и *«in vitro»* принадлежит одному диапазону изменчивости и статистически не различается. Аналогичное увеличение генерации первичных люцигенинзависимых АФК отмечалось только при облучении крови *«in vitro»*. Для животных, получавших годовую дозу облучения в 1,3 мГр/год, характерно снижение индекса активации первичных люцигенинзависимых АФК.

Таблица 2 – Значения индекса активации кинетики образования АФК клетками крови

Вид АФК	Вид облучения	Индекс активации, усл. ед
Люцигенин зависимые	Контроль	1,72 ± 0,17
	In vivo	0,75 ± 0,07
	In vitro	2,92 ± 1,19
Люминол зависимые	Контроль	6,46 ± 1,02
	In vivo	3,75 ± 1,13
	In vitro	3,16 ± 0,71

Оценка корреляционной связи между кинетикой генерации АФК (по 181 точке в каждой) в контрольных и опытных пробах (табл. 3) выявила снижение уровня скоррелированности между контролем и опытом как в *«in vivo»,* так и в *«in vitro»* вариантах в среднем на 0,2 единицы. При этом уровень корреляционной связи между кинетикой генерации АФК в крови при облучении «in vivo» и *«in vitro»* выше, чем с их собственными контролями. Исключение составляет достоверное отличие кинетики спонтанной генерации первичных люцигенинзависимых радикалов *«in vivo»* и *« in vitro».*

Между спонтанной, активированной генерацией вторичных радикалов и активированной продукцией первичных радикалов в венозной крови коров при облучении «in vivo» в дозе 1,33 мГр/год и облучением «in vitro» в дозе 1,33 мГр установлена высокая функциональная связь по шкале Чеддока; в результате расчета значение ранговой корреляции Спирмена установлена прямая высокая корреляционная зависимость (r – 0,9-1,0). Между спонтанной продукцией радикалов в венозной крови коров при облучении «in vivo» в дозе 1,3 мГр/год и облучением *«in vitro»* в дозе 1,3 мГр. выявлена умеренная (коэффициент ранговой корреляции Спирмена 0,5) прямая корреляционная связь.

Таблица 3 – Значения индекса корреляционной связи кинетики генерации АФК в крови коров из контрольной зоны (доза облучения 0,93 мГр/год), зоны с повышенным радиационным фоном (доза облучения 1,33 мГр/год), образцов крови коров контрольной зоны, облученных в дозе 1,33 мГр «in vitro»

				in vivo				in vitro			
				контроль				опыт			
				люминол		люцигенин		люминол		люцигенин	
				актив	спонт	актив	спонт	актив	спонт	актив	спонт
in vitro	контроль	люминол	актив	0,845				0,601			
			спонт		0,777				0,544		
		люцигенин	актив			0,876				0,850	
			спонт				0,838				0,492
in vivo	опыт	люминол	актив	0,649				0,698			
			спонт		0,482				0,708		
		люцигенин	актив			0,627				0,912	
							0,796				0,268

Заключение

В результате работы констатировано, что кинетика продукции люцигенин- и люминолзависимых АФК в пробах венозной крови крупного рогатого скота при поглощенной дозе 1,33 мГр/год и облучении проб «in vitro» 1,33 мГр имеет близкое сходство. В периферической крови развивается одинаковый эффект изменения образования свободных радикалов кислорода. Идентичное течение процесса генерации вторичных люминолзависимых АФК и антигенактивированной генерации первичных люцигенинзависимых, аналогичное их количество, дает возможность выполнять экстраполирование значений суммарной продукции АФК при облучении крови «in vitro» в низких поглощенных дозах на кинетику образования АФК в крови животных при облучении в диапазоне малых доз. Существование корреляционной связи между продукцией активных форм кислорода в периферической крови при облучении «in vivo» в дозе 1,33 мГр/год и облучении «in vitro» в дозе 1,33 мГр позволяет использовать облучение проб периферической крови «in vitro» как модель естественных процессов.

Список источников

1. Ионизирующее излучение: источников и биологические эффекты: доклад на Генеральной Ассамблее ООН. – 2010. – Т1.- С 61- 63.

2. Чукова Ю.П. Радиационный гормезис: физический смысл и значимость для естествознания / Ю.П. Чукова //Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 16–18 сентября 2020 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ. – 2020.– С. 103-109.

3. Михеева Е.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на показатели крови крупного рогатого скота / Е.А. Михеева // Зоотехния – 2006. – № 7. – С. 24-26

4. Орлов Д.Ю. Изучение особенностей гематологических показателей новорожденных телят в условиях техногенного загрязнения /Д.Ю. Орлов // Биотика – 2015. - № 6(7). – С. 93-98.

5. Александров Ю. А. Влияние малых доз ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность млекопитающих при многократных воздействиях / Ю.А. Александров // Вестник Марийского государственного университета – 2017. – Т. 3. – № 1 (9). – С. 7-12.

6. Александров Ю. А. Влияние малых доз коротковолновых электромагнитных излучений на продуктивные и гематологические показатели овец / Ю.А. Александров // Вестник Марийского государственного университета – 2016. Т. 2. № 2 (6) С. 7-9.

7. Шевченко Т.С. Влияние внешнего γ-облучения на общее содержание белка в лимфоцитах и тромбоцитах овец / Т.С. Шевченко // Сельскохозяйственная биология – 2013. - №4. – С 115-120.

8. Алесина М.Ю. Радиобиологические эффекты в различных органах и тканях животных в зоне радионуклидного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС / М.Ю. Алесина, В.И. Рясенко, П.И. Рымаренко // ЧПКП «Прогресс» г. Киев, НПО «Припять» г. Чернобыль. г. Киев. – 1994. – С 6-16.

9. Аклеев А. А. Влияние радиационного воздействия на показатели адгезивной способности нейтрофилов периферической крови / А.А. Аклеев, А.Н. Гребенюк, О.А. Глуминина // Вестник Челябинского государственного университета. – 2013. № 7 (298). – Биология. – Вып. 2. – С. 91–93.

10. Федотова А.С. Активные формы кислорода в периферической крови крупного рогатого скота при облучении «in vivo» и «in vitro» в дозе 1,5 мГр / А.С. Федотова, Г.В. Макарская, С.В. Тарских // Экологический мониторинг: методы и подходы: материалы Международной сателлитной конференции

«Экологический мониторинг: методы и подходы» и XX Международного симпозиума «Сложные системы в экстремальных условиях». Красноярск, 20-24 сентября 2021 г. – Электрон. дан. (4 Mb). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2021. – С 230-232.

11. Шишкина Л.Н. Формирование биологических последствий воздействия ионизирующего излучения в малых дозах на организм / Л.Н. Шишкина, М.А. Климович, М.В. Козлов // Материалы Международной конференции (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 17–21 марта 2014 г.). Сыктывкар. – 2014. – С. 270-274.

12. Земсков В.М. Изучение функционального состояния фагоцитов человека (кислородный метаболизм и подвижность клеток): Методические рекомендации / В.М. Земсков, А.А. Барсуков // М.: Институт иммунологии МЗ СССР. – 1988.– 20 с.

13. Еремина И.Ю., Макарская Г.В., Тарских С.В. Возрастные особенности кислородного метаболизма клеток крови крупного рогатого скота / И.Ю. Еремина, Г.В. Макарская, С.В. Тарских //Вестник КрасГАУ – 2010. – вып. 11. – С.128-135.

14. Klimovich M.A. Sensitive Indices of the Murine Liver Lipids to the Action of Low Intensity X-Ray Radiation at Low Doses / M.A. Klimovich, M.V. Kozlov, L.N. Shishkina // New Steps in Physical Chemistry, Chemical Physics and Biochemical Physics. N.-Y.: Nova Science Publishers. – 2013. – Chapter 27. – C. 239-263.

15. Alesina M.U. The formation of radio biological effects under chronic internal and external radiation in low doses of experimental animals /M.U. Alesina // International magazine of radiation medicine. – 1999. – T. 2. – C. 92-99.

16. Vladimirov Yu.A. Free radicals and cell chemiluminiscence / Yu.A. Vladimirov, E.V. Proskurnina Vladimirov U.A., Proscurnina E.V. // Biochemistry (Moscow). – 2009. – T. 74. – № 13. – C. 1545-1566.

17. Fedotova A.S. An impact of low doses radiation on the kinetics of reactive oxygen species generation in sheep peripheral blood / A.S. Fedotova, G.V. Makarskaya, S.V. Tarskikh, E.G. Turitcyna, V.A. Kolesnikov // IOPConf. Ser.: EarthEnviron. Sci. – 2020. – 412:052016

18. Kataoka T. Study of antioxidative effects and anti-inflammatory effects in mice due to low-dose X-irradiation or radon inhalation /T. Kataoka // Journal of Radiation Research. – 2013. – T.54. – S.587-596.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Ioniziruyushchee izluchenie: istochnikov i biologicheskie effekty: doklad na General'noj Assamblee OON. – 2010. – T1.- S 61-62

2. Chukova Yu.P. Radiacionnyj gormezis: fizicheskij smysl i znachimost' dlya estestvoznaniya / Yu.P. Chukova // YAderno-fizicheskie issledovaniya i tekhnologii v sel'skom hozyajstve: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Obninsk, 16–18 sentyabrya 2020 g. Obninsk: FGBNU VNIIRAE. – 2020. – S. 103-109.

3. Miheeva E.A. Vliyanie malyh doz ioniziruyushchego izlucheniya na pokazateli krovi krupnogo rogatogo skota / E.A. Miheeva // Zootekhniya – 2006. – № 7. – S. 24-26

4. Orlov D.YU. Izuchenie osobennostej gematologicheskih pokazatelej novorozhdennyh telyat v usloviyah tekhnogennogo zagryazneniya / D.YU. Orlov // Biotika – 2015. – № 6(7). – S. 93-98.

5. Aleksandrov YU. A. Vliyanie malyh doz ioniziruyushchih izluchenij na immunologicheskuyu reaktivnost' mlekopitayushchih pri mnogokratnyh vozdejstviyah / Yu. A. Aleksandrov // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta – 2017. – T. 3. – № 1 (9). – S. 7-12.

6. Aleksandrov YU. A. Vliyanie malyh doz korotkovolnovyh elektromagnitnyh izluchenij na produktivnye i gematologicheskie pokazateli ovec / Yu. A. Aleksandrov // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta – 2016. – T. 2. – № 2 (6). – S. 7-9

7. Shevchenko T.S. Vliyanie vneshnego γ-oblucheniya na obshchee soderzhanie belka v limfocitah i trombocitah ovec. / T.S. Shevchenko // Sel'skohozyajstvennaya biologiya – 2013. – №4. – S 115-120.

8. Alesina M.Yu. Radiobiologicheskie effekty v razlichnyh organah i tkanyah zhivotnyh v zone radionuklidnogo zagryazneniya v rezul'tate avarii na CHAES. / M.Yu. Alesina, V.I. Ryasenko, P.I. Rymarenko // CHPKP «Progress» g. Kiev, NPO «Pripyat'» g. CHernobyl'. Kiev. – 1994. – S 6-16.

9. Akleev A. A. Vliyanie radiacionnogo vozdejstviya na pokazateli adgezivnoj sposobnosti nejtrofilov perifericheskoj krovi / A. A.Akleev, A. N. Grebenyuk, O. A. Gluminina // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 7 (298). – Biologiya. – № 2. – S. 91–93.

10. Fedotova A.S. Aktivnye formy kisloroda v perifericheskoj krovi krupnogo rogatogo skota pri obluchenii «invivo» i «invitro» v doze 1,5 mGr / A.S. Fedotova, G.V. Makarskaya, S.V. Tarskikh S.V. // Ekologicheskij monitoring: metody i podhody: materialy Mezhdunarodnoj satellitnoj konferencii «Ekologicheskij monitoring: metody i podhody» i HKH Mezhdunarodnogo simpoziuma «Slozhnye sistemy v ekstremal'nyh usloviyah». Krasnoyarsk, 20-24 sentyabrya 2021 g. – Elektron. dan. (4 Mb). – Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t. – 2021. – S. 230-232.

11. Shishkina L.N. Formirovanie biologicheskih posledstvij vozdejstviya ioniziruyushchego izlucheniya v malyh dozah na organizm / L.N. Shishkina, M.A. Klimovich, M.V. Kozlov // Materialy Mezhdunarodnoj konferencii (Syktyvkar, Respublika Komi, Rossiya, 17–21 marta 2014 g.). Syktyvkar. – 2014. – S. 270-274.

12. Zemskov V.M. The studying of functional condition of human phagocytes (oxygen metabolism and cells mobility): method. recommendations /.V.M. Zemskov, A.A. Barsukov // M.: Institute of Immunology M3 USSR. – 1988. – 20 s.

13. Eremina I.YU., Makarskaya G.V., Tarskih S.V. Vozrastnye osobennosti kislorodnogo metabolizma kletok krovi krupnogo rogatogo skota / I.Yu. Eremina, G.V. Makarskaya, S.V. Tarskikh //Vestnik KrasGAU – 2010. – № 11. – S.128-135.

14. Klimovich M.A. Sensitive Indices of the Murine Liver Lipids to the Action of Low Intensity X-Ray Radiation at Low Doses / M.A. Klimovich, M.V. Kozlov, L.N. Shishkina // New Steps in Physical Chemistry, Chemical Physics and Biochemical Physics. N.-Y.: Nova Science Publishers. – 2013. – Chapter 27. – S. 239-263.

15. Alesina M.U. The formation of radio biological effects under chronic internal and external radiation in low doses of experimental animals / M.U. Alesina // International magazine of radiation medicine. – 1999. – № 2. – S. 92-99.

16. Vladimirov Yu.A. Free radicals and cell chemiluminiscence / Yu.A. Vladimirov, E.V. Proskurnina Vladimirov U.A., Proscurnina E.V. // Biochemistry (Moscow). – 2009. – T. 74. – № 13. – C. 1545-1566.

17. Fedotova A.S. An impact of low doses radiation on the kinetics of reactive oxygen species generation in sheep peripheral blood / A.S. Fedotova, G.V. Makarskaya, S.V. Tarskikh, E.G. Turitcyna, V.A. Kolesnikov // IOPConf. Ser.: EarthEnviron. Sci. – 2020. – 412:052016.

18. Kataoka T. Study of antioxidative effects and anti-inflammatory effects in mice due to low-dose X-irradiation or radon inhalation /T. Kataoka // Journal of Radiation Research. – 2013. – T.54. – S.587-596.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Федотова Арина Сергеевна, канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, krasfas@mail.ru

Макарская Галина Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела технологий мониторинга природной среды, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия, mgv@icm.krasn.ru.

Тарских Светлана Вениаминовна, вед. инженер МНЦ исследований экстремальных состояний организма, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», г. Красноярск, s.tarskikh@inbox.ru

Information about the authors

Fedotova Arina S., PhD of Biological Sciences, Associate Professor at the Department, FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia, krasfas@mail.ru.

Makarskaya Galina V., PhD of Biological Sciences, Senior Researcher of Environmental Monitoring technologies Department, Institute of Computational Modeling, Siberian Branch Academy of Science, Krasnoyarsk, Russia, mgv@icm.krasn.ru.

Tarskih Svetlana V., Chief Engineer in Research Institute of Extreme Conditions of the Body, Federal Research Centre «Krasnoyarsk Science Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science», Krasnoyarsk, s.tarskikh@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 20.03.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 20.03.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication10.06.2020.

Вестник РГАТУ,2022, т14, №2, с 135- 140
Vestnik RGATU,2022,Vol.14, №2, pp 135- 140

Научная статья
УДК 631.82:633.16
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.016

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Костин Яков Владимирович[1] ✉, Коняев Евгений Романович[2], Троц Наталья Михайловна[3], Жебраткина Ирина Яковлевна[4], Акулина Ирина Александровна[5]

[1,2,5] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
[3] Самарский государственный аграрный университет
[4] Академия ФСИН России
[1] ker-2019@yandex.ru
[2] yakov.kostin.52@mail.ru
[3] troz_shi@mail.ru
[4] miss.zhebratkina@mail.ru
[5] rinnays7@gmail.com

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью исследований было изучение эффективности обработки минеральных удобрений биопрепаратом при внесении их под яровой ячмень. Анализ ранее проводимых полевых опытов выявил положительное влияние совместного внесения перед посевом зерновой культуры биопрепарата и макроудобрений.*
В нашем опыте показано, что использование биопрепарата БисолБифит со сложными минеральными удобрениями повышало урожайность и показатели качества зерна ячменя.
Методология. Исследования проведены в 2021 году в ООО «Лаг-сервис АГРО» Захаровского района Рязанской области на трех участках агросерой среднесуглинистой почвы.
Результаты. *На основании полученных данных в полевом опыте можно утверждать о возможности использования биопрепарата БисолБифит в смеси с минеральными удобрениями для увеличения показателей качества зерна ячменя.*
Заключение. *Полевой опыт показал эффективность вышеуказанного агроприема и может быть использован в производственных условиях на агросерой среднесуглинистой почве.*
Ключевые слова: Ячмень яровой, биопрепарат, сельское хозяйство, полевой опыт, урожайность, минеральные удобрения, показатели качества зерна.
Для цитирования: *Костин Я.В., Коняев Е.Р., Троц Н.М., Жебраткина И.Я., Акулина И.А. Сравнительная оценка совместного применения минеральных удобрений и биопрепарата при возделывании ячменя // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, No 2. С135 - 140 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.016*

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF THE COMBINED USE OF MINERAL FERTILIZERS AND A BIOLOGICAL PRODUCT WHEN BARLEY GROWING

Kostin Yakov Vladimirovich[1] ✉, Konyaev Evgeny Romanovich[2], Trots Natalia Mikhailovna[3], Zhebratkina Irina Yakovlevna[4], Akulina Irina Alexandrovna[5]

[1,2,5] FSBEI HE “Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev”, Ryazan, Russia
[3] Samara State Agrarian University
[4]The Academy of the FPS of Russia.
[1] ker-2019@yandex.ru
[2] yakov.kostin.52@mail.ru
[3] troz_shi@mail.ru
[4] miss.zhebratkina@mail.ru
[5] rinnays7@gmail.com

Abstract.
Problem and purpose. *The purpose of the research was to study the efficiency of treating mineral fertilizers*

© Костин Я. В., Коняев Е. Р., Троц Н. М., Жебраткина И. Я., Акулина И. А. 2022 г.

with a biological product when they are applied under spring barley. An analysis of previous field experiments revealed a positive effect of the joint application of the biological product and microfertilizers before sowing a grain crop. The experiment shows that the use of BisolBifit biological product for treating complex mineral fertilizers increased the yield and quality of barley.

Methodology. *The studies were carried out in 2001 at Lag-service AGRO LLC on three plots of agro-gray medium loamy soil with different contents of mobile phosphorus.*

Results. Based on the data obtained in the field experiment, it can be argued that biological product BisolBifit can be used in a mixture with mineral fertilizers to increase the quality indicators of barley yield, regardless of soil fertility.

Conclusion. *Experimental data on treating mineral fertilizers with biological products have shown the efficiency of the above agricultural method and can be used in production conditions.*

Key words: *spring barley, microbiology, microfertilizers, field experiment, yield, mineral fertilizers, grain quality indicators.*

For citation: *Kostin Y. V., Konyaev E. R., Trots N. M., Zhebratkina I. Y., Akulina I.A. Comparative evaluation of the combined use of mineral fertilizers and a biological product when barley growing // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No 2. P 135-140 (in Russ.).https:// doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.016*

Введение

Разнообразие почв Рязанской области вызывает необходимость разработки мероприятий, максимально учитывающих почвенно-экологические условия региона. Основным звеном этого является научно-обоснованное применение удобрений с учетом действия комплекса агрохимических, агроэкологических и агротехнических факторов, определяющих уровень корневого питания и продуктивность растений [1,4,8,13,15-19].

Одним из приемов повышения отдачи от вносимых минеральных удобрений является использование микробиологических препаратов, причем многие исследования показывают синергетический эффект от их совместного действия [2,3,12]. Дозы минеральных удобрений можно уменьшить за счет биопрепарата и, как показывают наши исследования, это происходит за счет увеличения коэффициента использования элементов питания из почвы хорошо развитой корневой системой ячменя [9,10,11,14].

Основу биопрепаратов составляет штамм ризосферных бактерий Bacillus subtilis. Эти бактерии производят синтез веществ, которые позволят стимулировать рост растений [5-7]. Полевые опыты, проведенные в ООО «Красный маяк» Спасского района, Рязанской области, показали значительное повышение количества продуктивных стеблей, массы 1000 зерен, количество зерен в колосе, и урожайность ячменя возросла на 17-24% в зависимости от вида удобрений, которые применяли совместно с биопрепаратом БисолБифит.

Целью исследований было изучение эффективности совместного применения минеральных удобрений и биопрепаратах под яровой ячмень.

Полевой опыт выявил, что использование биопрепарата БисолБифит в смеси с минеральными удобрениями повышало урожайность и качество зерна ячменя.

Материалы и методы исследования

Полевой опыт был заложен в 2021 году в ООО «Лаг-сервис АГРО», которое расположено в Захаровском районе Рязанской области. Почва на опытном участке агросерая среднесуглинистая, агрохимические показатели которой определяли по общепринятым методам и ГОСТам (табл. 1)

Таблица 1 – Агрохимические показатели агросерой легкосуглинистой почвы

Почва	Гумус %	Nмин, мг\кг	Hг, мг-экв\100 г почвы	pHkcl, ед.	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
					мг\кг		мг-экв \100 г почвы	
Участок № 1	2,8	21	4,12	5,6	77	100	4,7	0,82
Участок № 2	2,8	18	4,07	5,6	88	104	4,7	0,84
Участок № 3	2,8	22	4,20	5,5	132	120	4,8	0,93

Таблица 2 – Схема полевого опыта

Вариант	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
1.Контроль	Малое содержание подвижного фосфора	Среднее содержание подвижного фосфора	Высокое содержание подвижного фосфора
2.БисолБифит			
3.$N_{12}P_{52}$			
4. $N_{12}P_{52}$+m			
5.$N_{16}P_{16}K_{16}$			
6. $N_{16}P_{16}K_{16}$+m			
7.$N_{10}P_{26}K_{26}$			
8. $N_{10}P_{26}K_{26}$+m			

В опыте изучали три вида комплексных удобрений: аммофос ($N_{12}P_{52}$), азофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и диаммофоска ($N_{10}P_{26}K_{26)}$ с использованием биопрепарата БисолБифит (m), который создан на основе микроорганизмов, принадлежащих к роду Bacillius subtilis. Опыт заложен в трехкратной повторности с рендомизированным размещением вариантов.

Культура - ячмень яровой сорта Маргарет. Норма посева 5 млн. всхожих зерен на гектар.

Дозы удобрений составили $N_{60}P_{60}K_{60}$, кроме аммофоса, где азот внесли в виде аммиачной селитрой из расчета 60 кг в д.в. Биопрепарат БисолБифит использовали из расчета 5 грамм на 1 кг удобрения. Климатические условия в 2021 году в Захаровском районе Рязанской были сложными для возделывания ячменя, что связано с сильным увлажнением почвы в начале вегетации культурных растений, а затем с засухой и сильным ветром, что не позволило в полной мере провести мероприятия по защите растений от болезней и вредителей.

Совместное внесение биопрепарата с удобрениями повышало урожайность ячменя на всех участках полевого опыта (Табл. 3). При использовании биопрепарата без минерального удобрения показатель урожайности ячменя остался на уровне контроля.

Таблица 3 – Урожайность ячменя ярового , г\м₂

Вариант	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
1.Контроль	280	276	324
2.БисолБифит	281	264	331
3.$N_{12}P_{52}$	292	301	334
4.$N_{12}P_{52}$+m	303	307	340
5.$N_{16}P_{16}K_{16}$	284	282	330
6.$N_{16}P_{16}K_{16}$+m	291	290	335
7.$N_{10}P_{26}K_{26}$	300	311	340
8.$N_{10}P_{26}K_{26}$+m	318	320	345

$НСР_{05}$ - 22,0 г\м²

Использование препарата БисолБифит совместно со сложными видами удобрений увеличило урожайность на 21,0-44,0% г\м², что на наш взгляд повышает экономические показатели при выращивании ячменя в производственных условиях.

В опыте определили основные элементы, формирующие урожайность: продуктивная кустистость, длина колоса, высота растений, и коэффициент хозяйственной эффективности. Все показатели кроме КХЭ, который остался в тех же рамках, увеличились. Повышение показателей продуктивности колосьев и величины колоса являлось следствием увеличения урожайности, высота же растения больше влияет на массу соломы (Табл.4).

Таблица 4 – Элементы, формирующие урожайность.

Вариант	Кхоз			Продуктивная кустистость			Длина колоса, см			Высота растений, см		
	Плодородие почвы											
	Уч. № 1	Уч. № 2	Уч. № 3	Уч. № 1	Уч. № 2	Уч. № 3	Уч. № 1	Уч. № 2	Уч. № 3	Уч. № 1	Уч. № 2	Уч. № 3
1.Контроль	0,43	0,45	0,44	1,1	1,3	1,2	6,2	6,9	6,5	37,1	45,1	39,8
2.Бисол-Бифит	0,43	0,45	0,44	1,3	1,4	1,3	7,0	7,3	7,1	39,2	49,1	42,1
3. $N_{12}P_{52}$	0,44	0,45	0,44	1,4	1,6	1,5	7,2	7,4	7,3	45,2	48,3	46,1
4.$N_{12}P_{52}$+m	0,45	0,46	0,45	1,6	1,9	1,7	7,3	7,9	7,5	48,2	52,0	50,1
5.$N_{16}P_{16}K_{16}$	0,42	0,45	0,43	1,3	1,5	1,4	7,5	7,7	7,6	44,2	49,1	46,2
6.$N_{16}P_{16}K_{16}$+m	0,44	0,45	0,44	1,5	1,9	1,6	8,0	8,4	8,1	50,1	55,6	52,1
7.$N_{10}P_{26}K_{26}$	0,44	0,46	0,44	1,4	1,6	1,5	7,9	7,5	7,7	46,3	49,1	48,5
8. $N_{10}P_{26}K_{26}$ + m	0,45	0,45	0,45	1,8	1,8	1,8	7,4	8,2	7,7	48,1	50,5	48,4

Исследования показали положительное воздействие биопрепарата и комплексных минеральных удобрений на содержание белка, экстрактивность и массу 1000 зерен ячменя (Табл.5), независимо от плодородия опытных участков.

Таблица 5 –Показатели качества ярового ячменя

Вариант	Масса 1000 зерен,г			Сырой белок,%			Экстрактивность,%		
	Плодородие почвы								
	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3
1.Контроль	35,1	40,9	37,2	9,0	10,0	9,4	79	81	80
2.БисолБифит	36,4	41,8	39,2	9,4	10,3	9,8	80	81	81
3. $N_{12}P_{52}$	39,8	41,8	40,8	9,1	9,4	9,2	81	81	81
4.$N_{12}P_{52}$+m	40,6	43,1	41,9	9,7	10,4	9,9	81	81	81
5.$N_{16}P_{16}K_{16}$	37,2	41,3	38,5	9,6	10,2	9,9	80	81	80
6.$N_{16}P_{16}K_{16}$+m	38,3	41,3	38,7	10,3	10,9	10,4	79	81	80
7.$N_{10}P_{26}K_{26}$	40,5	42,6	41,8	9,4	9,9	9,7	80	80	80
8.$N_{10}P_{26}K_{26}$+m	42,8	43,6	43,1	10,0	10,6	10,3	80	81	81

Содержание основных макроэлементов питания в зерне ячменя возросло. Что касается соломы – биопрепарат БисолБифит повысил содержание калия (Табл.6).

Таблица 6 – Содержание макроэлементов питания в зерне ярового ячменя,%

Вариант	Азот			Фосфор			Калий		
	Уровень плодородия почвы								
	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3	Уч.№ 1	Уч.№ 2	Уч.№ 3
1.Контроль	1,59	1,75	1,63	0,96	0,96	0,96	0,78	0,67	0,71
2.БисолБифит	1,68	1,80	1,74	1,05	1,01	1,03	0,77	0,73	0,75
3. $N_{12}P_{52}$	1,61	1,65	1,63	1,01	0,95	0,94	0,64	0,62	0,63
4.$N_{12}P_{52}$+m	1,75	1,77	1,76	1,02	0,97	0,99	0,64	0,64	0,64
5.$N_{16}P_{16}K_{16}$	1,73	1,77	1,75	0,95	0,95	0,95	0,74	0,67	0,70
6.$N_{16}P_{16}K_{16}$+m	1,81	1,91	1,85	1,01	1,02	1,01	0,64	0,66	0,65
7.$N_{10}P_{26}K_{26}$	1,65	1,72	1,68	0,96	0,88	0,90	0,67	0,66	0,66
8.$N_{10}P_{26}K_{26}$+m	1,76	1,88	1,80	0,96	0,96	0,96	0,68	0,70	0,68

Опыт по изучению эффективности биопрепарата со сложными минеральными удобрениями, который провели в ООО «Малинищи» Пронского района в 2020 году на агросерой среднесуглинистой почве, показал положительное влияние на урожайность ячменя.

Заключение

Проведение полевого опыта на агросерой среднесуглинистой почве в ООО «ЛАГ-сервис АГРО» Захаровского района Рязанской области на яровом ячмене установило, что совместное применение сложных минеральных удобрений и биопрепарата БисолБифил повышало урожайность зерна ячменя на 21,0-44,0 г\м2, качество продукции, и, на наш взгляд, является одним из важных агроприемов в современных условиях.

Список источников

1. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика: в 3 т. / А. А. Жученко // М.:ООО «Изд-во Агрорус» – 2008. – Т.I. – С. 814. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19513115

2. Злотников, А.К. Влияние инокуляции ризосферной бактериальной ассоциации Bacillus firmus – klebsiella terrigena на пораженность ярового ячменя фитопатогенными грибами / А.К. Злотников, М.М. Умаров // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии: тез. Международной научно-практич. Конф. – М., – 2014. – С. 302. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30720474

3. Завалин, А.А. Эффективность применения биопрепаратов в севообороте / А.А. Завалин, Н.С. Алметов, В.В. Бердников, Г.Г. Благовещенская // Агрохимия. – 2010. – №6 – С. 28-37. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=14870281

4. Костин, Я.В. Эколого-экономическая оценка многолетнего применения разных форм минеральных удобрений/ Я.В. Костин // Сборник научных работ молодых ученых Рязанской ГСХА (к 60-летию профессора П.А.Костычева посвящается). – Рязань: РГСХА, – 2005. – С. 561. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21147537

5. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии/ В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова // М.: Колос – 2011. – С. 416. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20144644

6. Комарицкая, Е.И. Эффективность применения биопрепаратов на яровом ячмене / Е.И. Комарицкая // Вестник Курской ГСХА – 2006.

– №5 – С. 1-11. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17704425

7. Куликова, А.Х. Применение биопрепаратов и диамитового порошка при возделывании ячменя / А.Х. Куликова // 2008 – С. 36-37. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12799715

8. Муха, Д.В. Агропочвоведение/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха// –М.: Колос, – 2010. – С. 480. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17705032

9. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь // М.:Россельхозакадемия – 2011. – С. 154. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17258502

10. Уразалиев, Р.А. Минеральное питание ярового ячменя в севообороте / Р.А.Уразалиев, А.К. Умбетов, Ж.И. Кожабаев // Зерновое хозяйство. – 2003. – №4 – С. 15. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42351705

11. Чеботарь, В.К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В.К.Чеботарь, А.А. Завалин, А.Г. Ариткин // М. : ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, – 2014. – С.142. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22853913

12. Чеботарь,В.К. Комплексное микробное удобрение «Бисолбимикс» / В.К Чеботарь, С.Наумкина, А.Ю.Борисов; под.ред. А.Ю.Борисова // ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии»; ФГБНУ «ВНИИ зернобобовых и крупяных культур». - СПб. : «Реноме», – 2015. – С. 240. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29091995

13. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник для вузов/ Б.А. Ягодин // М.: Колос, – 2022.– С. 584. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21722826

14. Veremeenko S., Tkachuk S., Trusheva S. THE INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS AND PLANT GROWTH REGULATORS ON THE YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING BARLEY. Наукові горизонти. 2020. – № 1. – С. 14-21. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47518963

15. Shcatula Y., Barsky T. FEATURES OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN THE GROWING OF WINTER BARLEY // Sciences of Europe. – 2021. – №64-3 – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44750375

16. D'yachenko, E & Shevelev, A. (2020). Meteorological conditions, mineral fertilizers and lime aftereffect influence on the barley grain yield and quality in the Irkutsk region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548. 052013. 10.1088/1755-1315/548/5/052013. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43968985

17. Ischenko V.A., Gyrka T.V., Andreichenko O.G., Gyrka A.D. EFFICIENCY OF FERTILIZER APPLICATION UNDER SPRING BARLEY GROWING IN AGROCENOSES OF NORTHERN STEPPE – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27160921

18. Al-Ghzawi A.L.A., Bsoul E.Y., Al-Ajlouni Z.I., Aldwairi Y., Al-Saqqar H., Al Sane K.O., Musallam I., Khalaf Y.B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A.R. YIELD STABILITY AND ADAPTATION OF FOUR SPRING BARLEY (HORDEUM VULGARE L.) CULTIVARS UNDER RAINFED CONDITIONS. Research on Crops. – 2019. – T. 20. – № 1. – С. 10-18. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39088720

19. Rötter R.P., Palosuo T., Kersebaum K.C., Nendel C., Angulo C., Ewert F., Bindi M., Ferrise R., Hlavinka P., Trnka M., Moriondo M., Olesen J.E., Patil R.H., Ruget F., Takáč J. SIMULATION OF SPRING BARLEY YIELD IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES OF NORTHERN AND CENTRAL EUROPE: A COMPARISON OF NINE CROP MODELS. Field Crops Research. – 2012. – T. 133. – С. 23-36. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18507878

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. ZHuchenko, A.A. Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy). Teoriya i praktika: v 3 t. /A.A.ZHuchenko // M.:OOO «Izd-vo Agrorus» – 2008. – T.I. – S. 814. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19513115

2. Zlotnikov, A.K. Vliyanie inokulyacii rizosfernoj bakterial'noj associacii Bacillus firmus – klebsiella terrigena na porazhennost' yarovogo yachmenya fitopatogennymi gribami/ A.K. Zlotnikov, M.M. Umarov// Sovremennye problemy mikologii, al'gologii i fitopatologii: tez. Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. Konf. – M., – 2014. – S. 302. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30720474

3. Zavalin, A.A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov v sevooborote/ A.A. Zavalin, N.S. Almetov, V.V. Berdnikov, G.G. Blagoveshchenskaya// Agrohimiya. – 2010. – №6 – S. 28-37. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=14870281

4. Kostin, YA.V. Ekologo-ekonomicheskaya ocenka mnogoletnego primeneniya raznyh form mineral'nyh udobrenij/ YA.V. Kostin// Sbornik nauchnyh rabot molodyh uchenyh Ryazanskoj GSKHA (k 60-letiyu professora P.A.Kostycheva posvyashchaetsya). – Ryazan': RGSKHA, – 2005. – S. 561. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21147537

5. Kovrigo, V.P. Pochvovedenie s osnovami geologii/ V.P. Kovrigo, I.S. Kaurichev, L.M. Burlakova // - M.: Kolos – 2011. – S. 416. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20144644

6. Komarickaya, E.I. Effektivnost' primeneniya biopreparatov na yarovom yachmene/ E.I. Komarickaya // Vestnik Kurskoj GSKHA – 2006. – №5 – S. 1-11. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17704425

7. Kulikova, A.H. Primenenie biopreparatov i diamitovogo poroshka pri vozdelyvanii yachmenya / A.H. Kulikova // 2008 – S. 36-37. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12799715

8. Muha, D.V. Agropochvovedenie/ V.D. Muha , N.I. Kartamyshev, D.V. Muha// –M.: Kolos, – 2010. – S. 480. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17705032

9. Tihonovich, I.A. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve / I.A. Tihonovich, A.P. Kozhemyakov, V.K. CHebotar'// M.:Rossel'hozakademiya – 2011. – S. 154. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17258502

10. Urazaliev, R.A. Mineral'noe pitanie yarovogo yachmenya v sevooborote/ R.A.Urazaliev, A.K.Umbetov, ZH.I.Kozhabaev //Zernovoe hozyajstvo – 2003. – №4. – S.15. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42351705

11. CHebotar', V.K. Primenenie biomodificirovannyh mineral'nyh udobrenij/V.K.CHebotar', A.A.Zavalin, A.G.Aritkin // M. : NIIA; Ul'yanovsk: UlGU, – 2014. – S.142. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22853913

12. CHebotar',V.K. Kompleksnoe mikrobnoe udobrenie «Bisolbimiks» /V.KCHebotar', S.Naumkina, A.YU. Borisov; pod.red. A.YU.Borisova// FGBNU «VNII sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii»;FGBNU «VNII zernobobovyh i krupyanyh kul'tur». – SPb. : «Renome», 2015. – S. 240. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29091995

13. YAgodin, B.A. Agrohimiya: uchebnik dlya vuzov/ B.A. YAgodin// M. : Kolos, – 2022. – S. 584. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21722826

14. Veremeenko S., Tkachuk S., Trusheva S. THE INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS AND PLANT GROWTH REGULATORS ON THE YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING BARLEY. Naukovi gorizonti. –2020. – № 1. – S. 14-21. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47518963

15. Shcatula Y., Barsky T. FEATURES OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS IN THE GROWING OF WINTER BARLEY // Sciences of Europe. – 2021. – №64-3 – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44750375

16. D'yachenko, E & Shevelev, A. (2020). Meteorological conditions, mineral fertilizers and lime aftereffect influence on the barley grain yield and quality in the Irkutsk region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 548. 052013. 10.1088/1755-1315/548/5/052013. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43968985

17. Ischenko V.A., Gyrka T.V., Andreichenko O.G., Gyrka A.D. EFFICIENCY OF FERTILIZER APPLICATION UNDER SPRING BARLEY GROWING IN AGROCENOSES OF NORTHERN STEPPE – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27160921

18. Al-Ghzawi A.L.A., Bsoul E.Y., Al-Ajlouni Z.I., Aldwairi Y., Al-Saqqar H., Al Sane K.O., Musallam I., Khalaf Y.B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A.R. YIELD STABILITY AND ADAPTATION OF FOUR SPRING BARLEY (HORDEUM VULGARE L.) CULTIVARS UNDER RAINFED CONDITIONS. Research on Crops. – 2019. – T. 20. – № 1. – S. 10-18. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39088720

19. Rötter R.P., Palosuo T., Kersebaum K.C., Nendel C., Angulo C., Ewert F., Bindi M., Ferrise R., Hlavinka P., Trnka M., Moriondo M., Olesen J.E., Patil R.H., Ruget F., Takáč J. SIMULATION OF SPRING BARLEY YIELD IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES OF NORTHERN AND CENTRAL EUROPE: A COMPARISON OF NINE CROP MODELS. Field Crops Research. – 2012. – T. 133. – S. 23-36. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18507878

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Костин Яков Владимирович, *д-р. с\х. наук, профессор, Рязанский государственный Агротехнический университет им. П.А.Костычева, yakov.kostin.52@mail.ru*

Коняев Евгений Романович, *аспирант кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ker-2019@yandex.ru*

Троц Наталья Михайловна, *д-р. с\х. наук, профессор, Самарский государственный аграрный университет, troz_shi@mail.ru*

Жебраткина Ирина Яковлевна, *кандидат фил. наук, доцент, Академия ФСИН России, miss.zhebratkina@mail.ru*

Акулина Ирина Александровна, *лаборант кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А.Костычева, rinnays7@gmail.com*

Information about the authors

Kostin Yakov V.*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnical University named after P.A.Kostychev, yakov.kostin.52@mail.ru*

Konyaev Evgeny R., *Postgraduate student of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, keg-2019@yandex.ru*

Trots Natalia M, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Samara State Agrarian University, troz_shi@mail.ru*

Zhebratkina Irina Y. *Candidate of Phil. sciences, Associate Professor, Academy of the Federal Penal Service of Russia, miss.zhebratkina@mail.ru*

Akulina Irina A., *Laboratory assistant of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A.Kostychev, rinnays7@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 15.05.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 15.05.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication0.06.2022

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 141-148
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 141-148

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.369.258/638.178
DOI:10.36508/RSATU.2022.54.2.017

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СУШКИ ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВа

Сергей Николаевич Борычев[1], Дмитрий Евгеньевич Каширин [2]✉, Константин Евгеньевич Гобелев [3], Павел Эдуардович Бочков [4] , Павел Борисович Скрипкин [5]

[1,2,3,4 ,5]Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

[1] 89066486088@mail.ru
[2] kadm76@mail.ru
[3] rulezzz7@mail.ru
[4] pav.bochkov@yandex.ru
[5] p_skripkin@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Одним из важнейших этапов производства в пчеловодстве является сушка. Перга, пчелиная обножка, пчелиный подмор – это продукция, которую необходимо сушить при дальнейшем хранении или переработке. Цель исследования – теоретическое обоснование инфракрасной энергосберегающей сушки продукции пчеловодства.*
Методология. *Объект исследования: инфракрасные сушильные установки, использующие конвективный и вакуумный способы влияния излучения на продукт иссушения. Диапазон рассматриваемых излучателей находился в пределах 5,6-100 мкм. При использовании вакуумной установки остаточное давление составляло 58-59 кПа. Рассматривалось условие, при котором нагрев продукции не превышал 40-45° С. Для теоретического исследования процесса вакуумной инфракрасной сушки перги вводится ряд допущений: температура окружающей среды постоянна; мощность нагревателя постоянна; слой перги имеет вид неограниченной пластины толщиной, равной удвоенной средней высоте перговой гранулы; вся жидкость сразу превращается в пар при достижении температуры кипения.*
Результаты. *Эффективность результата сушки обрабатываемой продукции оценивали по остаточной влажности, скорости иссушения и органолептическим свойствам. Учитывали особенности установок по сложности изготовления, экономическим характеристикам и применимости их для различных хозяйств. Выявлено по техническим характеристикам, что для промышленной сушки перги и пчелиной обножки целесообразно использовать инфракрасную вакуумную установку.*
Заключение. *В ходе теоретического исследования по полученным уравнениям можно сделать вывод, что в результате отсутствия теплоносителя при вакуумной сушке изменение мощности излучателя фактически не влияет на уменьшение влагосодержания продукта, поэтому скорость иссушения ограничена коэффициентом массопередачи. В среднем уменьшение влажности слоя перги до 14 % за 2 часа вакуумной инфракрасной сушки подтверждает ранее высказанное предположение о высокой эффективности рассматриваемой технологии.*

Ключевые слова: *перга, печелиная обножка, инфракрасная вакуумная сушка, конвективная сушка, массопередача, влагосодержание, теплоноситель, облучатель, пчеловодство, сушильная камера, остаточное давление.*

© Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Гобелев К. Е., Бочков П. Э., Скрипкин П. Б., 2022 г.

Для цитирования: *Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Гобелев К. Е., Бочков П. Э., Скрипкин П. Б. Теоретическое обоснование инфракрасной энергосберегающей сушки продуктов пчеловодства // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №2. С 141 -148 https://doi.org/ DOI:10.36508/RSATU.2022.54.2.017*

Original article

THEORETICAL JUSTIFICATION OF INFRARED ENERGY-SAVING DRYING OF BEE PRODUCTS

Sergey N. Borychev[1], Dmitry E. Kashirin[2]✉, Konstantin E. Gobelev[3], Pavel E. Bochkov[4], Pavel B. Skripkin[5]

[1,2,3,4] Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
[1] 89066486088@mail.ru
[2] kadm76@mail.ru
[3] rulezzz7@mail.ru
[4] pav.bochkov@yandex.ru
[5] p_skripkin@mail.ru

Annotation.
Problem and purpose. *Drying is one of the most important production steps in beekeeping. Perga, bee pollen, bee subpestilence are products that need to be dried during further storage or processing. The purpose of the study is the theoretical substantiation of infrared energy-saving drying of bee products.*
Methodology. *Object of study: infrared dryers using convective and vacuum methods of radiation influence on the drying product. The range of emitters under consideration was in the range of 5.6-100 μm. When using a vacuum unit, the residual pressure was 58-59 kPa. The condition was considered under which the product heating did not exceed 40-45°C. For a theoretical study of the process of vacuum infrared drying of bee bread, a number of assumptions are introduced: the ambient temperature is constant; heater power is constant; the bee bread layer has the form of an unlimited plate with a thickness equal to twice the average height of the bee bread granule; all liquid immediately turns into vapor when the boiling point is reached.*
Results. *The effectiveness of the result of drying the processed products was evaluated by residual moisture, drying rate and organoleptic properties. We took into account the features of the installations in terms of manufacturing complexity, economic characteristics and their applicability for various farms. It was revealed according to the technical characteristics that it is advisable to use an infrared vacuum installation for industrial drying of bee pollen and bee pollen.*
Conclusion. *In the course of a theoretical study, according to the equations obtained, it can be concluded that as a result of the absence of a heat carrier during vacuum drying, a change in the emitter power does not actually affect the decrease in the moisture content of the product, therefore, the drying rate is limited by the mass transfer coefficient. On average, the decrease in the humidity of the bee bread layer to 14% for 2 hours of vacuum infrared drying confirms the previously stated assumption about the high efficiency of the technology under consideration.*

Key words: *beebread, oven lining, infrared vacuum drying, convective drying, mass transfer, moisture content, heat carrier, irradiator, beekeeping, drying chamber, residual pressure.*

For citation: *Borychev S. N., Kashirin D. E., Gobelev K. E., Bochkov P. E. Theoretical justification of infrared energy-saving drying of bee products. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(2). P 141- 148 (in Russ.). https://doi.org/ DOI:10.36508/RSATU.2022.54.2.017*

Введение

В настоящее время, в связи с импортозамещением, встает вопрос о продовольственной безопасности нашей страны, поэтому в сельском хозяйстве проводятся различные мероприятия по созданию собственной базы, которая должна в перспективе ее обеспечить. Наряду с основными крупными отраслями сельского хозяйства необходимо рассматривать наращивание производства продукции пчеловодства [1-5]. Все богатство данной отрасли используется не только в пищевой промышленности, но и фармацевтике, косметологии и других отраслях [6, 7]. В этой связи получение качественной продукции и ее сохранение является основным направлением не только научных исследований, но и практического применения накопившегося опыта, связанного с разработкой новых установок и технологий в данной отрасли [8-15]. Одним из важнейших этапов производства в пчеловодстве является сушка [10, 11, 16, 17]. Перга, пчелиная обножка, пчелиный подмор – это продукция, которую необходимо сушить при дальнейшем хранении или переработке. Известны два основных способа инфракрасной сушки – конвективный и вакуумный [16, 17]. Исходя из этого, в статье рассмотрены основные параметры и способы воздействия инфракрасного излучения на данные продукты, а именно – на пергу и пчелиную обножку.

Анализ способов сушки перги

При извлечении свежей перги из ульев ее влажность составляет 22-26 %. При хранении данного продукта с такой влажностью на нем образуется

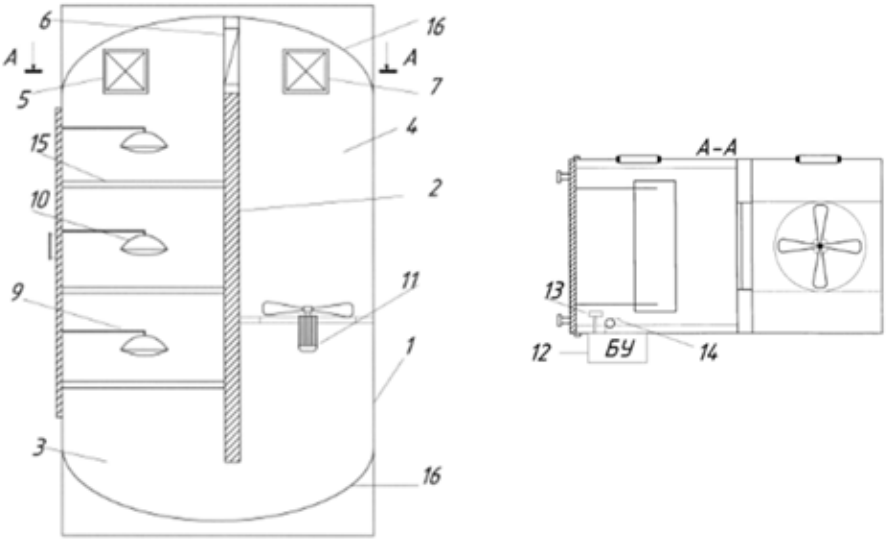
плесень, проявляются факты гниения, и заводятся мучные клещи и перговая моль. Иссушение перги естественным способом неэффективно, так как приводит к порче продукта или потере биологически активных веществ, находящихся в ней. В результате этого необходимо сушить пергу в специальных установках, доводя влажность до 14-15 % (требования ТУ 10 РФ 505-92 «Перга сушеная»).

В результате анализа литературных источников известны наиболее распространенные способы инфракрасной сушки перги – конвективный и вакуумный [11, 16, 17]. В первом случае проводится сушка либо перговых сот, либо извлеченной перги посредствам воздействия горячего воздуха на продукт иссушения. Во втором случае в вакуумной камере под воздействием инфракрасного излучения перговые соты подвергаются нагреву до 40-45° С [6, 16, 17].

Материалы и методы исследования

Конвективная сушка в большинстве установок работает по принципу подвода к иссушаемому объекту нагретого воздуха и отвода увлажненного воздуха из сушильной камеры с последующим выбросом в окружающую среду или пропуска его через сорбенты и испарители.

Известна установка для конвективной сушки перги, в которой применяется способ воздействия на извлечённую пергу инфракрасным излучением (рис. 1).



1 – корпус; 2 – перегородка; 3 – сушильная камера; 4 – воздухопровод; 5, 7 – внешние пневмоклапаны; 6 – внутренний пневмоклапан; 8 – загрузочная дверь; 9 – кронштейны; 10 – ИК-излучатели; 11 – вентилятор; 12 – блок управления; 13 – датчик влажности; 14 – датчик температуры; 15 – противень; 16 – направляющая воздуховода

Рис. 1 – Установка для сушки перги с подвесными ИК-излучателями

(1 – housing; 2 – partition; 3 – drying chamber; 4 – air duct; 5, 7 – external pneumatic valves; 6 – internal pneumatic valve; 8 – loading door; 9 – brackets; 10 – IR emitters; 11 – fan; 12 – control unit; 13 – humidity sensor; 14 – temperature sensor; 15 – baking tray; 16 – air duct guide)

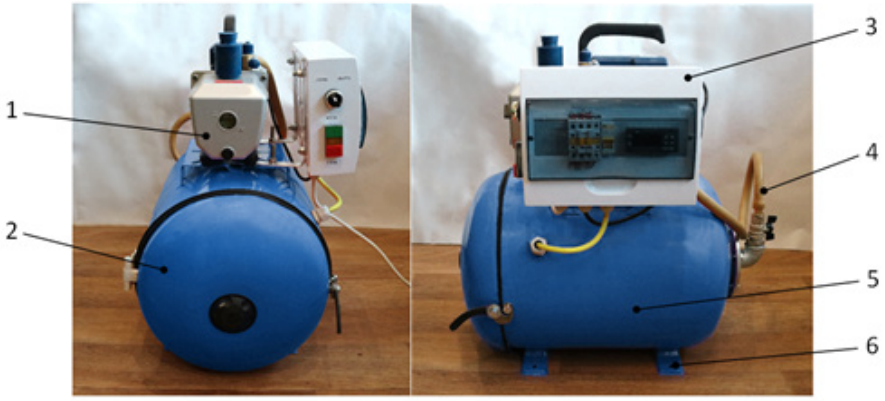
(Installation for drying parchment with suspended IR emitters)

В сушильной камере на сетчатые лотки помещается перга, над которой размещаются инфракрасные излучатели. При нагреве иссушаемого объекта до 40-45° С с поверхности его происходит выделение влаги в воздух, который посредством принудительного перемещения отводится в канал с клапанами. Через первый клапан происходит выброс увлажнённого воздуха в окружающую среду, через второй клапан происходит подсос свежего воздуха, после чего он поступает в сушильную камеру и тем самым происходит смена увлажнённого воздуха на сухой. В результате опытов было выявлено, что для достижения необходимой влажности необходимо 35 часов работы установки при мощности 4,5 кВт [11, 16, 17]. У данной установки можно выделить следующие недостатки: необходимо постоянно осуществлять нагрев воздуха, который поступает из окружающей среды; нет возможности точно определять температуру на поверхности продукта, что может привести к его перегреву и потере качества перги.

Известна установка (рис. 2), в которой сушка перги осуществляется в псевдокипящем слое под воздействием инфракрасного излучения [10, 11, 17]. Данная установка работает по следующему принципу: пергу помещают в сушильную камеру, дно которой выполнено из сетки радиально-волновой формы. Это позволяет исключить закупоривание замкнутого воздуховода, верхняя часть сушильной камеры закрывается конусообразным фильтром. Инфракрасные гибкие излучатели устанавливаются на стенках камеры, что позволяет снизить сопротивление воздуха. Замена насыщенного влагой теплоносителя происходит также посредством открытия клапанов и выброса его в окружающую среду. Недостатком являются затраты энергии для дополнительного нагрева чистого воздуха.

При рассмотрении вакуумного способа сушки следует обратить внимание на установку, изобра-

женную на рисунке 3. Сушку осуществляют следующим образом. Извлеченную пергу размещают на противне, поверхность которого покрыта гибким ИК-излучателем. На внутренней стенке сушильной камеры также закреплен ИК-излучатель. При помощи вакуумного насоса создают остаточное давление величиной 58-59 кПа. Включают ИК-излучатель, который осуществляет нагрев перги до 40° С. Как известно, при таком остаточном давлении скорость преобразования воды в пар увеличивается, поэтому скорость иссушения продукта также увеличивается. В данном опыте можно добиться уменьшение времени сушки и мощности установки в целом, по сравнению с ранее рассмотренными установками. В ходе проведения опыта выяснилось, что время, которое необходимо для уменьшения влажности перги до 14 %, составило 2 часа.



1 – вакуумный насос; 2 – дверца вакуумной сушильной камеры; 3 – блок управления; 4 – вакуумный трубопровод; 5 – вакуумная сушильная камера; 6 – опоры

Рис. 3 – Общий вид производственной установки для вакуумной инфракрасной сушки:
а – вид спереди; б – вид сбоку
(1 – vacuum pump; 2 – door of the vacuum drying chamber; 3 – control unit; 4 – vacuum pipeline; 5 – vacuum drying chamber; 6 – supports)
(General view of the production plant for vacuum infrared drying: a – front view; b – side view)

В дальнейшем было предложено с использованием данной установки осуществлять процесс иссушения пчелиной обножки, что также должно ускорить процесс получения качественного продукта.

Для теоретического исследования процесса вакуумной инфракрасной сушки перги вводится ряд допущений: температура окружающей среды постоянна; мощность нагревателя постоянна; слой перги имеет вид неограниченной пластины толщиной, равной удвоенной средней высоте перговой гранулы; вся жидкость сразу превращается в пар при достижении температуры кипения [18, 19, 20].

Отклонение влагосодержания продукта от влагосодержания окружающей среды примем как:

$$\theta(x,t)=T(x,t)-T_{сред} \quad (1)$$

Граничное условие в центре пластины равно нулю:

$$\frac{\partial\theta(0,t)}{\partial x}=0, t>0 \quad (2)$$

Второе граничное условие определяется разностью влагосодержания на внешней границе:

$$\frac{\partial\theta(h,t)}{\partial x}+\lambda\theta(h,t)=0, t>0, \quad (3)$$

где $\lambda=\frac{k\cdot v\cdot p_{п}(\hat{T})}{D\cdot p_{п}(T_{сред})}$ – коэффициент внешнего массообмена, $\frac{1}{м}$;

k – безразмерный коэффициент тепло- массообмена;

v – постоянная скорость набегающего потока воздуха, м/сек;

$p_{п}$ – давление насыщенного пара, $\frac{кг\cdot\frac{м}{сек^2}}{м^2}$;

D – коэффициент диффузии, $\frac{м^2}{сек}$.

Тогда система уравнений влагообмена примет вид

$$\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial t}=a^2\frac{\partial^2\theta(x,t)}{\partial x^2}+a^2\delta\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, 0<x<h, t>0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial\theta(0,t)}{\partial x}=0, t>0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial\theta(h,t)}{\partial x}+\lambda\theta(h,t)=0, t>0; \quad (6)$$

$$\theta(x,0)=\theta_0=T_0-T_{сред}, 0<x<h, \quad (7)$$

где $a^2=\frac{D}{c}$ коэффициент массопередачи, $\frac{м^2}{сек}$;

с – толщина условного пограничного слоя, $\frac{кг}{м^3 \cdot K}$;

δ – коэффициент пористости.

В силу линейности краевой задачи, её решение представимо в виде суммы вспомогательных задач

$$\theta(x,t) = \theta^{(1)}(x,t) + \theta^{(2)}(x,t). \quad (8)$$

Решением первой задачи является система уравнений с однородным уравнением и неоднородным начальным условием

$$\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2\theta(x,t)}{\partial x^2}, 0 < x < h, t > 0; \quad (9)$$

$$\frac{\partial\theta(0,t)}{\partial x} = 0, t > 0; \quad (10)$$

$$\frac{\partial\theta(h,t)}{\partial x} + \lambda\theta(h,t) = 0, t > 0; \quad (11)$$

$$\theta(x,0) = \theta_0, 0 < x < h \quad (12)$$

Решением первой задачи является система уравнений с неоднородным уравнением и однородным начальным условием

$$\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2\theta(x,t)}{\partial x^2} + a^2\delta\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, 0 < x < h, t > 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial\theta(0,t)}{\partial x} = 0, t > 0; \quad (14)$$

$$\frac{\partial\theta(h,t)}{\partial x} + \lambda\theta(h,t) = 0, t > 0. \quad (15)$$

Применив метод разделения переменных, представим решение этих задач в виде:

$$\theta(x,t) = X(x) \cdot T(t). \quad (16)$$

Тогда решения для пространственной составляющей примет вид:

$$\mathrm{T}'' + \gamma^2\mathrm{T} = 0, 0 < x < h; \quad (17)$$

$$\mathrm{T}'(0) = 0; \quad (18)$$

$$\mathrm{T}'(h) + \lambda\mathrm{T}(h) = 0. \quad (19)$$

После проведения преобразований нетривиальное решение задачи будет выглядеть как

$$\int_0^h \mathrm{T}_k(x) \cdot \mathrm{T}_l(x)dx = \frac{h(2\mu_k + \sin 2\mu_k)}{4\mu_k} \cdot \delta_{kl}, \quad (20)$$

где δ_{kl} – символ Кронекера,

$\mu = \gamma h$.

Уравнение для решения временной составляющей

$$\theta_k(x,t) = \cos\frac{\mu_k}{h}x \cdot e^{-\frac{{\mu_k}^2 a^2}{h^2}t}. \quad (21)$$

Решение находится методом непосредственного интегрирования.

Решение временной составляющей для единственного значения k:

$$T' + a^2\gamma^2 T = 0. \quad (22)$$

Для решения основной задачи воспользуемся функцией источника (функцией Грина):

$$G(x,\xi,t,\tau) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{4\mu_k}{h(2\mu_k + \sin 2\mu_k)} \cos\frac{\mu_k}{h}x \cdot \cos\frac{\mu_k}{h}\xi \cdot e^{-\frac{{\mu_k}^2 a^2}{h^2}(t-\tau)}. \quad (23)$$

Таким образом, решение первой вспомогательной задачи определяется функцией

$$\theta^{(1)}(x,t) = \theta_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{4\sin\mu_k}{2\mu_k + \sin 2\mu_k} \cdot \cos\frac{\mu_k}{h}x \cdot e^{-\frac{{\mu_k}^2 a^2}{h^2}t}. \quad (24)$$

Решение второй вспомогательной задачи:

$$\theta^{(2)}(x,t) = \int_0^h \left(\int_0^t G(x,\xi,t,\tau)a^2\delta\frac{\partial^2 T(\xi,\tau)}{\partial x^2}d\tau\right)d\xi. \quad (25)$$

Тогда окончательный вид решения уравнения влагообмена примет вид

$$T(x,t) = \theta^{(1)}(x,t) + \theta^{(2)}(x,t) + T_{\text{сред}}. \quad (26)$$

В результате отсутствия теплоносителя при вакуумной сушке изменение мощности излучателя фактически не влияет на уменьшение влагосодержания продукта, поэтому скорость иссушения ограничена коэффициентом массопередачи.

В среднем уменьшение влажности слоя перги до 14 % за 2 часа вакуумной инфракрасной сушки подтверждает ранее высказанное предположение о более высокой эффективности рассматриваемой технологии по сравнению с конвективным способом сушки.

Заключение

Производство продукции пчеловодства является важным направлением в сельском хозяйстве, которое обеспечивает необходимым сырьем такие отрасли как фармацевтика, пищевая промышленность. Для увеличения качества данной продукции необходимо внедрение высокотехнологичных процессов по получению и хранению продукции в размерах промышленного производства. Большим потенциалом обладает вакуумная инфракрасная сушка продуктов пчеловодства. Видно по полученным математическим зависимостям, что процесс выноса влаги из внутренних слоев происходит гораздо медленнее по сравнению с поверхностными слоями. Скорость иссушения ограничена коэффициентом массопередачи и не зависит от изменения мощности излучателей.

В результате теоретических исследований технологического процесса вакуумной инфракрасной сушки как перги, так и пчелиной обножки выявилась потенциальная энергоэффективность рассматриваемой технологии, так как в среднем влажность уменьшилась до 14 % за 2 часа.

Список источников

1. Повышение качества перги путем механической очистки / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, В. В. Павлов, В. В. Коченов // Проблемы и решения современной аграрной экономики : Материалы конференции, п. Майский, 23–24 мая 2017 года. – п. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2017. – С. 19-

20. – EDN YQGTFJ.

2. Павлов, В. В. Исследование процесса вытопки пчелиного воска из воскового сырья, загрязненного органическими примесями / В. В. Павлов // Материалы 65-й студенческой научно-практической конференции инженерного факультета ФГБОУ ВО Самарский ГАУ : Сборник научных трудов, Кинель, 27 мая 2020 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2020. – С. 148-152. – EDN ZDLGLP.

3. Максимов, Н. М. Анализ оборудования для получения пчелиного воска на пасеках / Н. М. Максимов // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 1(6). – С. 66-71. – EDN UOBJEK.

3. Павлов, В. В. К вопросу обоснования параметров штифтового измельчителя воскового сырья / В. В. Павлов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции посвящённой 40-летию со дня организации студенческого конструкторского бюро (СКБ), Рязань, 11 февраля 2020 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 70-73. – EDN ACGTTO.

4. Максимов, Н. М. К вопросу о переработке воскосырья на пасеке / Н. М. Максимов // Пчеловодство холодного и умеренного климата : МАТЕРИАЛЫ V-й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва-Псков, 19–20 октября 2021 года. – Псков: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 166-174. – EDN ADAARR.

5. Максимов, Н. М. Увеличение выхода воска на пасеке за счёт внедрения новых агрегатов / Н. М. Максимов // Пчеловодство и апитерапия: современные подходы и развитие : Материалы Международной научно-практической конференции, Рыбное, 03–04 декабря 2021 года / Под редакцией А.З. Брандорф, Р.Е. Калинина, А.В. Бородачева, Л.Н. Савушкиной, Н.В. Будниковой. – Рыбное: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пчеловодства", 2021. – С. 104-110. – DOI 10.51759/fncp_bee_2021_20. – EDN OBJJAV.

6. Cyclic convective drying of bee pollen / D. E. Kashirin, I. A. Uspensky, M. Y. Kostenko [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2019. – Vol. 14. – No 4. – P. 916-920. – EDN MASHAK.

7. Максимов, Н. М. Оценка использования сушилок напольного типа для семян рапса / Н. М. Максимов // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 17-19. – EDN TILIOJ.

8. Максимов, Н. М. Повышение эффективности сушки семян рапса путём совершенствования конструктивных и технологических параметров бункера активного вентилирования : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Максимов Николай Михайлович. – Великие Луки, 2011. – 165 с. – EDN QFICJT.

9. Патент на полезную модель № 126562 U1 Российская Федерация, МПК A01F 25/00. Устройство для сушки и активного вентилирования зерновых культур : № 2012107083/13 : заявл. 27.02.2012 : опубл. 10.04.2013 / В. В. Морозов, Н. М. Максимов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN LGCZTB.

10. Морозов, В. В. Сравнительный анализ конструкций бункерных зерносушилок зарубежного и отечественного производства / В. В. Морозов, Н. М. Максимов // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2. – С. 29-35. – EDN TJWCBV.

11. Максимов, Н. М. Вентилируемый бункер для поточной сушки семян / Н. М. Максимов // Сельский механизатор. – 2016. – № 7. – С. 23. – EDN WFQVIH.

12. Максимов, Н. М. Повышение эффективности сушки мелкосеменных масличных культур в бункерных сушилках / Н. М. Максимов // Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России : Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 8-ми томах, Благовещенск, 19 апреля 2017 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. – С. 47-49. – EDN YOFSBY.

13. Бочков, П. Э. Исследование процесса сушки воскового сырья перед проведением его механизированной очистки / П. Э. Бочков, Д. Р. Горшков // Техническое обеспечение сельского хозяйства. – 2020. – № 1(2). – С. 107-110. – EDN LSPJCK.

14. Морозов, В. В. Технология производства и сушки семян рапса / В. В. Морозов, Н. М. Максимов. – Великие Луки : Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 184 с. – ISBN 978-5-8047-0043-1. – EDN TRWQHD.

15. Патент на полезную модель № 161411 U1 Российская Федерация, МПК A01F 25/14, E04H 7/22. Вентилируемый бункер для сушки семян : № 2015141666/13 : заявл. 30.09.2015 : опубл. 20.04.2016 / В. В. Морозов, Н. М. Максимов ; заявитель Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN OMBCOF.

16. Максимов, Н. М. Упрощённый способ извлечения перги из пчелиных сот / Н. М. Максимов, Е. В. Лосякова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(66). – С. 57-61. – EDN YVOGUM.

17. Pilot study findings of the vibration cleaning process of honeycombs / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. D. Kashirin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15–16 октября 2021 года. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012033. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012033. – EDN UMNZAZ.

18. Methodology for assessing the energy efficiency of separating methods for wax raw materials

/ Y. A. Ivanov, S. N. Borychev, D. N. Byshov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. – Zernograd, Rostov Region, 2021. – P. 012070. – DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012070. – EDN MUQNHD.

19. Павлов, В. В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / В. В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 4(36). – С. 126-132. – EDN YKHLQZ.

20. Study of the temperature regime effect on the process of cheeses vacuum drying / V. A. Ermolaev, I. A. Kechkin, A. I. Romanenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 032040. – DOI 10.1088/1755-1315/640/3/032040. – EDN ZOTKZU.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Povyshenie kachestva pergi putem mekhanicheskoj ochistki / D. N. Byshov, D. E. Kashirin, V. V. Pavlov, V. V. Kochenov // Problemy i resheniya sovremennoj agrarnoj ekonomiki : Materialy konferencii, p. Majskij, 23–24 maya 2017 goda. – p. Majskij: Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.YA. Gorina, 2017. – S. 19-20. – EDN YQGTFJ.

2. Pavlov, V. V. Issledovanie processa vytopki pchelinogo voska iz voskovogo syr'ya, zagryaznennogo organicheskimi primesyami / V. V. Pavlov // Materialy 65-j studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii inzhenernogo fakul'teta FGBOU VO Samarskij GAU : Sbornik nauchnyh trudov, Kinel', 27 maya 2020 goda. – Kinel': Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. – S. 148-152. – EDN ZDLGLP.

3. Maksimov, N. M. Analiz oborudovaniya dlya polucheniya pchelinogo voska na pasekah / N. M. Maksimov // Vestnik Soveta molodyh uchenyh Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2018. – № 1(6). – S. 66-71. – EDN UOBJEK.

3. Pavlov, V. V. K voprosu obosnovaniya parametrov shtiftovogo izmel'chitelya voskovogo syr'ya / V. V. Pavlov // Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii posvyashchyonnoj 40-letiyu so dnya organizacii studencheskogo konstruktorskogo byuro (SKB), Ryazan', 11 fevralya 2020 goda. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2020. – S. 70-73. – EDN ACGTTO.

4. Maksimov, N. M. K voprosu o pererabotke voskosyr'ya na paseke / N. M. Maksimov // Pchelovodstvo holodnogo i umerennogo klimata : MATERIALY V-j MEZHDUNARODNOJ NAUCHNO-PRAKTICHESKOJ KONFERENCII, Moskva-Pskov, 19–20 oktyabrya 2021 goda. – Pskov: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj zaochnyj universitet, 2021. – S. 166-174. – EDN ADAARR.

5. Maksimov, N. M. Uvelichenie vyhoda voska na paseke za schyot vnedreniya novyh agregatov / N. M. Maksimov // Pchelovodstvo i apiterapiya: sovremennye podhody i razvitie : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rybnoe, 03–04 dekabrya 2021 goda / Pod redakciej A.Z. Brandorf, R.E. Kalinina, A.V. Borodacheva, L.N. Savushkinoj, N.V. Budnikovoj. – Rybnoe: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie "Federal'nyj nauchnyj centr pchelovodstva", 2021. – S. 104-110. – DOI 10.51759/fncp_bee_2021_20. – EDN OBJJAV.

6. Cyclic convective drying of bee pollen / D. E. Kashirin, I. A. Uspensky, M. Y. Kostenko [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2019. – Vol. 14. – No 4. – P. 916-920. – EDN MASHAK.

7. Maksimov, N. M. Ocenka ispol'zovaniya sushilok napol'nogo tipa dlya semyan rapsa / N. M. Maksimov // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2013. – № 1. – S. 17-19. – EDN TILIOJ.

8. Maksimov, N. M. Povyshenie effektivnosti sushki semyan rapsa putyom sovershenstvovaniya konstruktivnyh i tekhnologicheskih parametrov bunkera aktivnogo ventilirovaniya : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskih nauk / Maksimov Nikolaj Mihajlovich. – Velikie Luki, 2011. – 165 s. – EDN QFICJT.

9. Patent na poleznuyu model' № 126562 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 25/00. Ustrojstvo dlya sushki i aktivnogo ventilirovaniya zernovyh kul'tur : № 2012107083/13 : zayavl. 27.02.2012 : opubl. 10.04.2013 / V. V. Morozov, N. M. Maksimov ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Velikolukskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya". – EDN LGCZTB.

10. Morozov, V. V. Sravnitel'nyj analiz konstrukcij bunkernyh zernosushilok zarubezhnogo i otechestvennogo proizvodstva / V. V. Morozov, N. M. Maksimov // Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2014. – № 2. – S. 29-35. – EDN TJWCBV. 11. Maksimov, N. M. Ventiliruemyj bunker dlya potochnoj sushki semyan / N. M. Maksimov // Sel'skij mekhanizator. – 2016. – № 7. – S. 23. – EDN WFQVIH.

12. Maksimov, N. M. Povyshenie effektivnosti sushki melkosemennyh maslichnyh kul'tur v bunkernyh sushilkah / N. M. Maksimov // Problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii :

Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 8-mi tomah, Blagoveshchensk, 19 aprelya 2017 goda. – Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017. – S. 47-49. – EDN YOFSBY.

13. Bochkov, P. E. Issledovanie processa sushki voskovogo syr'ya pered provedeniem ego mekhanizirovannoj ochistki / P. E. Bochkov, D. R. Gorshkov // Tekhnicheskoe obespechenie sel'skogo hozyajstva. – 2020. – № 1(2). – S. 107-110. – EDN LSPJCK.

14. Morozov, V. V. Tekhnologiya proizvodstva i sushki semyan rapsa / V. V. Morozov, N. M. Maksimov. – Velikie Luki : Velikolukskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2014. – 184 s. – ISBN 978-5-8047-0043-1. – EDN TRWQHD.

15. Patent na poleznuyu model' № 161411 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 25/14, E04H 7/22. Ventiliruemyj bunker dlya sushki semyan : № 2015141666/13 : zayavl. 30.09.2015 : opubl. 20.04.2016 / V. V. Morozov, N. M. Maksimov ; zayavitel' Federal'noe Gosudarstvennoe Byudzhetnoe Obrazovatel'noe Uchrezhdenie Vysshego Obrazovaniya "Velikolukskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya". – EDN OMBCOF.

16. Maksimov, N. M. Uproshchyonnyj sposob izvlecheniya pergi iz pchelinyh sot / N. M. Maksimov, E. V. Losyakova // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 2(66). – S. 57-61. – EDN YVOGUM.

17. Pilot study findings of the vibration cleaning process of honeycombs / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, D. D. Kashirin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15–16 oktyabrya 2021 goda. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012033. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012033. – EDN UMNZAZ.

18. Methodology for assessing the energy efficiency of separating methods for wax raw materials / Y. A. Ivanov, S. N. Borychev, D. N. Byshov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27–28 avgusta 2020 goda. – Zernograd, Rostov Region, 2021. – P. 012070. – DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012070. – EDN MUQNHD.

19. Pavlov, V. V. Issledovanie processa rastvoreniya zagryaznyayushchih primesej voskovogo syr'ya v vode pri intensivnom mekhanicheskom peremeshivanii / V. V. Pavlov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2017. – № 4(36). – S. 126-132. – EDN YKHLQZ.

20. Study of the temperature regime effect on the process of cheeses vacuum drying / V. A. Ermolaev, I. A. Kechkin, A. I. Romanenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 fevralya 2020 goda. – Voronezh, 2021. – P. 032040. – DOI 10.1088/1755-1315/640/3/032040. – EDN ZOTKZU.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Борычев Сергей Николаевич, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, 89066486088@mail.ru*

Каширин Дмитрий Евгеньевич, *д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой электроснабжения, kadm76@mail.ru*

Гобелев Константин Евгеньевич, *аспирант кафедры электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rulezzz7@mail.ru*

Бочков Павел Эдуардович, *аспирант кафедры электроснабжения, pav.bochkov@yandex.ru*

Скрипкин Павел Борисович, *аспирант кафедры электроснабжения, p_skripkin@mail.ru*

Information about the authors

Borychev Sergey N., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, 89066486088@mail.ru*

Kashirin Dmitry E., *Doctor of Technical Sciences, associate Professor, Head of the Department of Electricity Supply, kadm76@mail.ru*

Gobelev Konstantin E., *graduate student, rulezzz7@mail.ru*

Bochkov Pavel E., *graduate student, pav.bochkov@yandex.ru*

Skripkin Pavel B., *graduate student, p_skripkin@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 27.05.2022; одобрена после рецензирования 08.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 27.05.2022; approved after reviewing 08.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 149-156
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 149-156

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.356.4
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОУДАРЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ПРУТКАМИ ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Сайфиддин Тухтасинович Кодиров[1], Георгий Константинович Рембалович[2] ✉, Светлана Дмитриевна Полищук[3] , Надежда Владимировна Симонова[4], Наталья Алексеевна Костенко[5]

[1,2,3,4,5] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
[1]romario345830@yandex.ru
[2] rgk.rgatu@yandex.ru
[3] svpolishuk@mail.ru
[4] naden4ever@mail.ru
[5] kn340010@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Сепарирующие элеваторы картофелеуборочных машин в оптимальных условиях хорошо просеивают почву и транспортируют клубненосный ворох практически без повреждений клубней. Применение эластичных защитных покрытий прутков элеватора приводит к снижению «живого сечения решета» и уменьшению полноты сепарации почвы прутковыми элеваторами. Возникает противоречие между количеством повреждений и сепарирующей способностью элеватора. Поэтому на прутки основного элеватора устанавливают подвижные полиэтиленовые трубки со значительным зазором, которые увеличивают площадь контакта с клубнем, снижая повреждения. Целью исследования является обоснование параметров сепарирующего элеватора с комбинированными прутками для снижения повреждений картофеля.*
Методология. *При подбрасывании клубненосного пласта ускорения нарастают плавно, а между клубнями и прутками элеватора находится прослойка почвы. Поэтому основной причиной повреждений клубней в картофелеуборочных машинах является падение клубней на прутки элеватора. Для оценки эффективности гашения скорости клубней при падении на комбинированные прутки проведена серия экспериментов. В ходе экспериментов варьировались начальная скорость клубня, направление движения клубня, угол наклона полотна элеватора; отскок клубня фиксировали по высоте и длине.*
Результаты. *Теоретическими исследованиями установлено, что скорость отскока клубня после соударения его с комбинированным прутком зависит от угла падения клубня и в большей степени определяется скоростью клубня до соударения. Анализ выражений для скорости и длины отскока клубней показал, что наибольшую значимость имеет начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками.*
Заключение. *В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наибольшую значимость имеет фактор – начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками. Минимальные значения высоты отскока около 0,06 м и длины отскока клубня около 0,10 м наблюдаются в диапазоне рациональных значений: угла наклона полотна элеватора – 20-25º при угле направления движения клубня 20-25º.*

Ключевые слова: *картофель, сепарация, прутковый элеватор, комбинированные прутки, повреждения.*

Для цитирования: *Кодиров С. Т., Рембалович Г. К., Полищук С.Д., Симонова Н. В., Костенко Н. А. Исследование процесса соударения клубней картофеля с комбинированными прутками элеватора картофелеуборочной машины // Вестник Рязанского государственного агротехнологиче-*

© Кодиров С. Т., Рембалович Г. К., Полищук С. Д., Симонова Н. В., Костенко Н. А. 2022 г.

ского университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С149-156 https://doi.org/DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.018

Original article

STUDY OF THE PROCESS OF COLLISION OF POTATO TUBERS WITH COMBINED BARS OF A POTATO HARVESTER ELEVATOR

Saifiddin T. Kodirov [1], Georgy K. Rembalovich[2]✉, Svetlana D. Polishchuk[3], Nadezhda V. Simonova[4], Natalia A. Kostenko[5]

[1,2,3,4,5] Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia
[1]romario345830@yandex.ru
[2] rgk.rgatu@yandex.ru
[3] svpolishuk@mail.ru
[4] naden4ever@mail.ru
[5] kn340010@yandex.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The separating elevators of potato harvesters in optimal conditions sift the soil well and transport the tuberous heap with little or no damage to the tubers. The use of elastic protective coatings for elevator rods leads to a decrease in the "sieve live section" and a decrease in the completeness of soil separation by rod elevators. There is a contradiction between the amount of damage and the separating capacity of the elevator. Therefore, movable polyethylene tubes with a significant gap are installed on the bars of the main elevator, which increase the contact area with the tuber, reducing damage. The purpose of the study is to substantiate the parameters of the separation elevator with combined rods to reduce damage to potatoes.*
Methodology. *When the tuberous layer is thrown up, the accelerations increase smoothly, and there is a layer of soil between the tubers and the elevator bars. Therefore, the main cause of damage to tubers in potato harvesters is the fall of tubers on the elevator bars. A series of experiments was carried out to evaluate the efficiency of dampening the speed of tubers when falling onto combined rods. In the course of the experiments, the initial speed of the tuber, the direction of movement of the tuber, the angle of inclination of the elevator web were varied, and the rebound of the tuber was recorded in height and length.*
Results. *Theoretical studies have established that changes in the rebound speed after the impact of a tuber with a combined rod from the angle of incidence can be seen to a greater extent determined by the speed of the tuber before the impact, as well as the angle of incidence of the tuber. The analysis of tuber rebound dependencies showed that the most significant factor is the initial speed of the tuber before it hits the surface of the elevator with combined rods.*
Conclusion. *As a result of theoretical and experimental studies, it was found that the most important factor is the initial speed of the tuber before it hits the surface of the elevator with combined rods. The minimum values of the rebound height of about 0.06 m and the rebound length of the tuber of about 0.10 m are observed in the range of rational values: the angle of inclination of the elevator web is 20-25º, the angle of the direction of movement of the tuber is 20-25º.*

Key words: *potatoes, separation, rod elevator, combined rods, damage.*
For citation: *Kodirov S. T., Rembalovich G. K., Polishchuk S. D., Simonova N. V., Kostenko N. A. Study of the process of impact of potato tubers with combined bars of a potato harvester elevator. Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022.T14, No.2. P 150 -156 (in Russ.) https://doi.org/DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.018/*

Введение

Сепарирующие элеваторы картофелеуборочных машин в оптимальных условиях хорошо просеивают почву (до 80-92 %), и транспортируют клубненосный ворох практически без повреждений клубней. При отклонении условий от оптимальных значений показатели работы, естественно, ухудшаются. Для повышения сепарирующей способности в конструкции элеваторов большинства картофелеуборочных машин применяют различные встряхиватели и интенсификаторы, что увеличивает повреждения клубней [1,2,8,12]. На прутки сепарирующего элеватора надевают резиновые или силиконовые трубки для снижения повреждений.

Применение эластичных защитных покрытий прутков элеватора приводит к снижению «живого сечения решета» и уменьшению полноты сепарации почвы прутковыми элеваторами [3,7]. Возникает противоречие между количеством повреждений и сепарирующей способностью элеватора. Эластичные защитные покрытия прутков ведут к снижению повреждений клубней, что уменьшает сепарирующую способность элеватора [4,5,10,14].

Поэтому на прутки основного элеватора устанавливают подвижные полиэтиленовые трубки со значительным зазором, которые увеличивают площадь контакта с клубнем, снижая повреждения [3,7]. В то же время подвижность трубок способствует просеву почвы и увеличению сепарирующей способности (рис. 1).

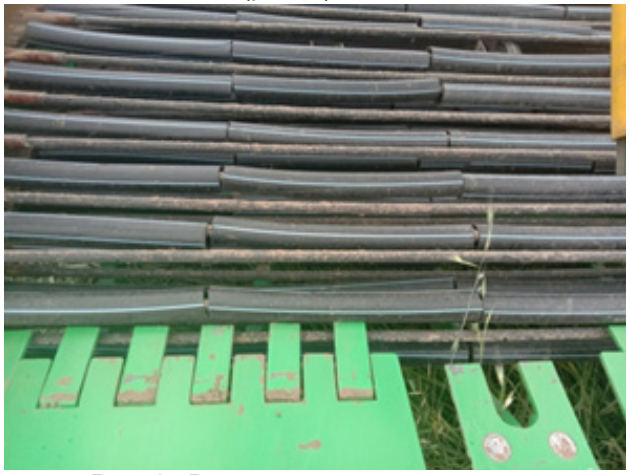


Рис. 1– Вид сепарирующего элеватора с комбинированными прутками
(View of the separating elevator with combined bars rod)

Целью исследования является обоснование параметров сепарирующего элеватора с комбинированными прутками для снижения повреждений картофеля.

Материалы и методы исследования

При подбрасывании клубненосного пласта ускорения нарастают плавно, а между клубнями и прутками элеватора находится прослойка почвы [9,11,13,17]. Поэтому основной причиной повреждений клубней в картофелеуборочных машинах является падение клубней на прутки элеватора [15,18]. После подскока клубень ударяется о комбинированные прутки. Рассмотрим проекции скоростей клубня и трубки комбинированного прутка после удара (рис. 2).

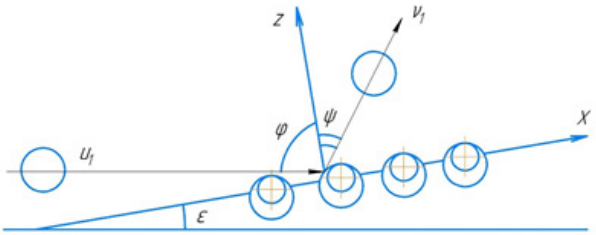


Рис. 2 – Расчетная схема к определению параметров соударения клубня с комбинированным прутком
(Calculation scheme for determining the parameters of the impact of a tuber with a combined rod)

На основании закона изменения количества движения точки в проекции на плоскость (ось x) при ударе запишем уравнение скорости клубня [6,16]. Допустим, что поверхность комбинированных прутков гладкая, тогда изменение скорости определяется законом сохранения энергии:

$$m_1(\overrightarrow{u_{x1}} - \overrightarrow{v_{x1}}) = 0 \quad (1)$$

где m_1 – масса клубня, кг;

u_{x1} – проекция на ось 0x скорости клубня до удара, м/с;

v_{x1} – проекция на ось 0x скорости клубня после удара, м/с.

Проекции скоростей до удара и после удара можно записать в виде

$$u_{x1} = u_1 \sin\varphi \quad (2)$$

$$v_{x1} = v_1 \sin\psi \quad (3)$$

где u_1 – скорость клубня до удара, м/с;

v_1 – скорость клубня после удара, м/с;

φ – угол падения клубня;

ψ – угол отскока клубня после удара.

С учетом формул (1), (2) и (3), получим

$$u_1 \sin\varphi = v_1 \sin\psi \quad (4)$$

Модули проекций скоростей клубня до удара и после удара связаны коэффициентом восстановления

$$k = \frac{u_1 \sin\varphi}{v_1 \sin\psi} \quad (5)$$

где k – коэффициент восстановления клубня.

Используя формулы (4) и (5), мы можем определить зависимость угла отскока от угла падения клубня

$$tg\psi = (1/k)\, tg\varphi \quad (6)$$

Скорость клубня после удара можно определить исходя из формул (5) и (6)

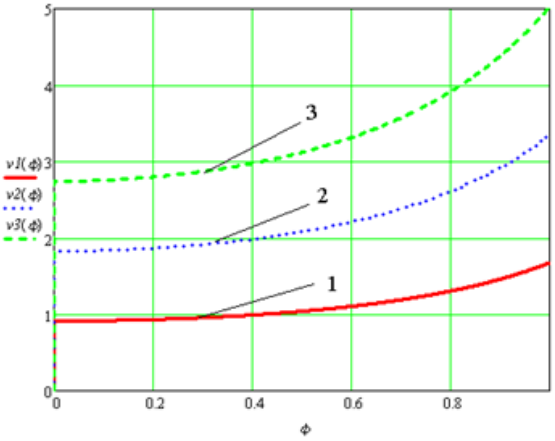
$$v_1 = \frac{u_1 \sin\varphi}{k \sin(\frac{\varphi}{\operatorname{arctg}(k)})} \quad (7)$$

На основании формулы (7) построим в программе Mathcad график изменения скорости отскока клубня (рис. 3)

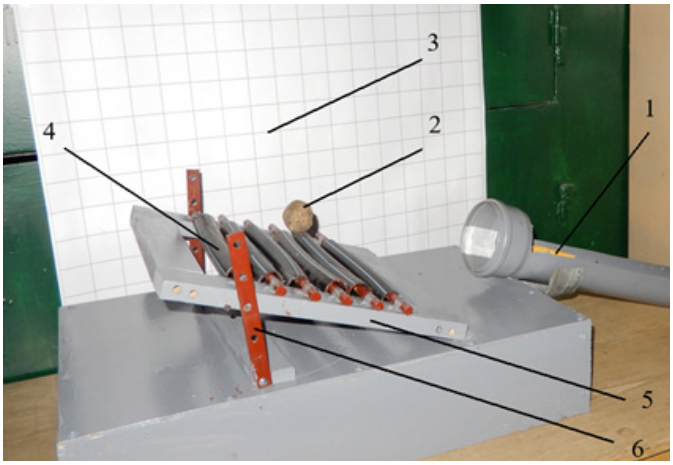
Анализируя зависимость скорости отскока после соударения клубня с комбинированным прутком от угла падения, можно видеть, что скорость отскока клубней в большей степени определяется скоростью клубня до соударения, а также углом падения клубня. Так, при угле падения около 300 и скорости падения 2 м/с скорость отскока составляет 2,2 м/с.

В ходе исследования изучалось влияние начальной скорости клубня, направления его движения и угла наклона полотна на величину отскока клубня. Параметры эксперимента приведены в матрице планирования (таблица).

Установка включает кинетическую трубу для придания необходимой скорости клубню и направления его движения под нужным углом. Полотно элеватора с комбинированными прутками закреплено неподвижно с возможностью установки нужного угла наклона (рис. 4).



1 – при скорости клубня до соударения 1 м/с,
2 – при скорости клубня до соударения 2 м/с,
3 – при скорости клубня до соударения 3 м/с
Рис. 3 – Зависимость изменения скорости отскока после соударения клубня с комбинированным прутком от угла падения
(1 - at tuber speed before impact 1 m/s,
2 - at tuber speed before impact 2 m/s,
3 - at tuber speed before impact 3 m/s
Dependence of the change in the rebound speed after the impact of the tuber with the combined rod on the angle of incidence)



1 – кинетическая труба; 2 – клубень; 3 – масштабная сетка; 4 – комбинированные прутки;
5 – полотно элеватора; 6 – фиксатор для регулирования угла наклона полотна
Рис. 4 – Общий вид установки для изучения траектории движения клубней при отскоке от комбинированных прутков
(1 - kinetic tube; 2 - tuber; 3 - scale grid; 4 - combined bars;
5 - elevator canvas; 6 - clamp for adjusting the angle of inclination of the canvas
General view of the installation for studying the trajectory of the movement of tubers when rebounding from the combined rods)

Таблица – Матрица планирования эксперимента. Величины отскока клубня в зависимости от начальной скорости клубня, направления его движения и угла наклона полотна элеватора

Уровни варьирования факторов	Факторы эксперимента						Функция оптимизации
	Начальная скорость клубня		Направление движения клубня		Угол наклона полотна элеватора		Отскок клубня после соударения
Виды значений	кодир. знач.	натур. знач., м/с	кодир. знач.	натур. знач., градусы	кодир. знач.	натур. знач., градусы	м
Верхний уровень	+1	3,0	+1	30	+1	30	S_1
Нулевой уровень	0	2,0	0	25	0	25	S_2
Нижний уровень	-1	1,0	-1	20	-1	20	S_3

Результаты исследований

Для оценки эффективности гашения скорости клубней при падении на комбинированные прутки проведена серия экспериментов. В ходе экспериментов варьировались начальная скорость клубня, направление движения клубня, угол наклона полотна элеватора; отскок клубня фиксировали по высоте и длине. В результате обработки опытных данных в программе STATISTICA -8 были получены уравнения регрессии. Высота отскока клубней Sh представлена следующим уравнением:

$$Sh = 3{,}2222 - 0{,}6111\cdot\gamma + 4{,}0000\cdot u_1 - 65{,}9500\cdot\varepsilon + 6{,}5000\cdot u_1\cdot\varepsilon - 1{,}0833\,\gamma\cdot u_1 - 0{,}0833\cdot\gamma\cdot\varepsilon + 2{,}5000\cdot\gamma^2 + 0{,}3333\cdot u_1^2 + 67{,}7833\,\varepsilon^2 \quad (8)$$

где u_1 – начальная скорость клубня, м/с;
γ – направление движения клубня, град;
ε – угол наклона полотна элеватора, град.

Анализ адекватности уравнения опытным данным показал, коэффициент детерминации $R^2=0{,}782$, значимость всех факторов варьирования высокая.

Аналогичное уравнение получено для длины

отскока клубней Sl:

$$Sl=15,1852 - 0,5000\cdot\gamma+8,6111\cdot u_1 - 59,0353\cdot \varepsilon + 8,6667\cdot u_1\cdot \varepsilon + 0,3333\cdot\gamma\cdot u_1 + ,0833\ \gamma\cdot\varepsilon - -0,3889\cdot\gamma^2 - 6,0556\cdot u^{12} + 62,9797\cdot \varepsilon^2 \quad (9)$$

где u_1 – начальная скорость клубня, м/с;

γ – направление движения клубня, град;

ε – угол наклона полотна элеватора, град.

Анализ адекватности уравнения опытным данным показал, коэффициент детерминации $R^2 = 0,771$, значимость всех факторов варьирования высокая.

На основании полученных опытных данных были построены графики зависимостей высоты и длины отскока от различных факторов (рисунки 5-8). Анализ зависимостей отскока клубней показал, что наибольшую значимость имеет начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками.

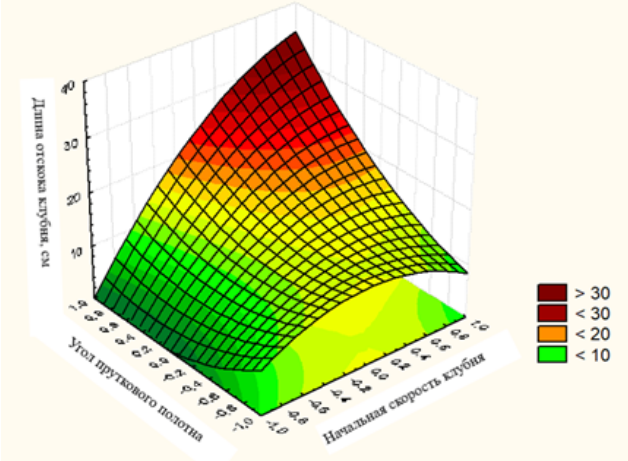


Рис. 5 – Зависимость длины отскока клубня от начальной скорости клубня и угла наклона пруткового полотна элеватора
(The dependence of the length of the rebound of the tuber on the initial speed of the tuber and the angle of inclination of the elevator)

Из рисунка 5 видно, что длина отскока клубней определяется начальной скоростью клубня до соударения, также существенное влияние оказывает угол наклона полотна элеватора с комбинированными прутками. При этом рациональное значение длины отскока около 0,15 м наблюдается при начальной скорости клубня 2,1 м/с и угле наклона полотна элеватора 21º.

Из рисунка 6 видно, что высота отскока клубней определяется начальной скоростью клубня до соударения, также существенное влияние оказывает угол наклона полотна элеватора с комбинированными прутками. При этом рациональное значение высоты отскока около 0,06 м наблюдается при начальной скорости клубня 2,2 м/с и угле наклона полотна элеватора 22º. Таким образом, минимальные значения отскока клубня наблюдаются в диапазоне рациональных значений начальной скорости клубня 2,1-2,2 м/с и при угле наклона полотна элеватора 21º-22º.

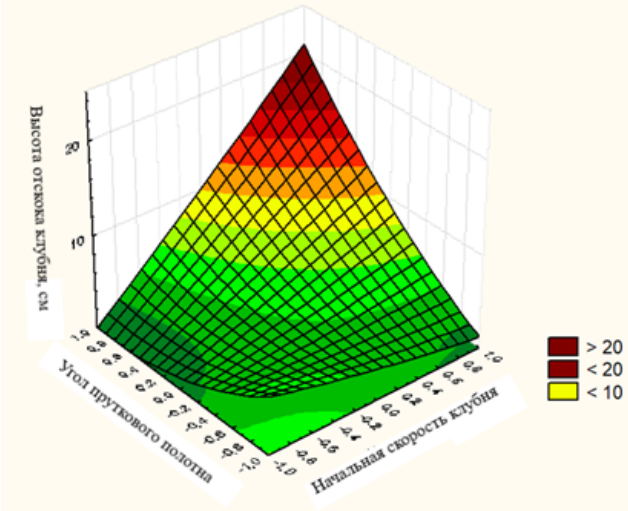


Рис. 6 – Зависимость высоты отскока клубня от начальная скорости клубня и угла наклона пруткового полотна элеватора
(The dependence of the height of the rebound of the tuber on the initial speed of the tuber and the angle of inclination of the elevator)

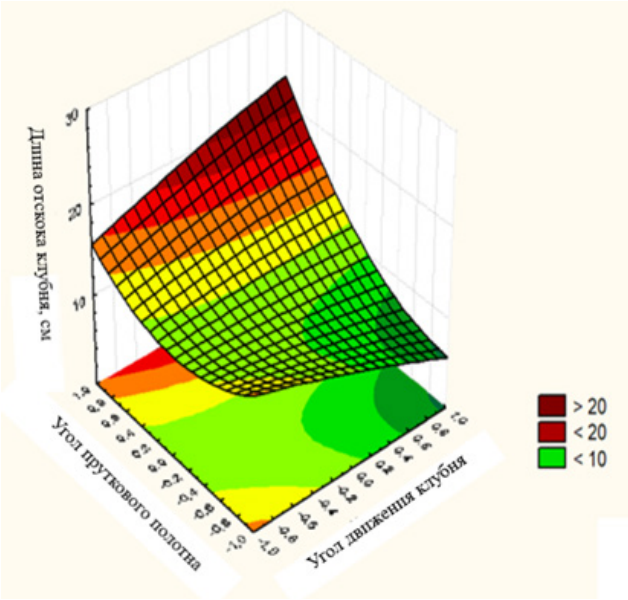


Рис. 7 – Зависимость длины отскока клубня от угла направления движения клубня и угла наклона пруткового полотна элеватора
(The dependence of the length of the rebound of the tuber on the angle of the direction of movement of the tuber and the angle of inclination of the elevator)

Из рисунка 7 видно, что длина отскока клубней определяется углом наклона пруткового полотна элеватора; в меньшей степени на длину отскока оказывает влияние угол направления движения клубня. При этом рациональное значение длины отскока около 0,10 м наблюдается при угле наклона полотна элеватора 25º и угле направления движения клубня 20º.

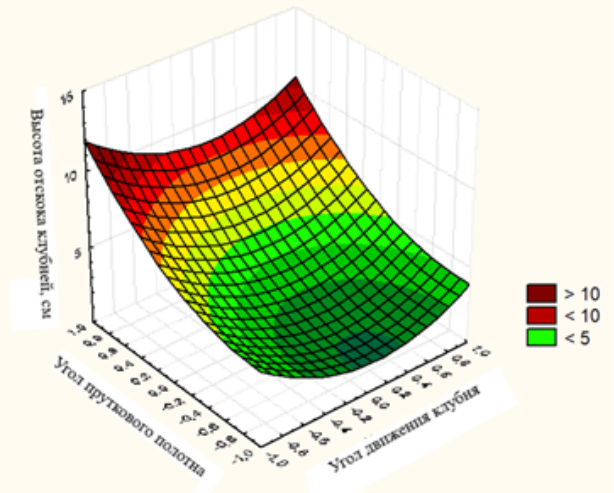


Рис. 8 – Зависимость высоты отскока клубня от угла направления движения клубня и угла наклона прутkового полотна элеватора
(The dependence of the height of the rebound of the tuber on the angle of the direction of movement of the tuber and the angle of inclination of the elevator)

Из рисунка 8 видно, что высота отскока клубней определяется углом наклона прутkового полотна элеватора; в меньшей степени на высоту отскока оказывает влияние угол направления движения клубня. При этом значение высоты отскока менее 0,06 м наблюдается при угле наклона полотна элеватора 20º и угле направления движения клубня 25º. Таким образом, минимальные значения отскока клубня около 0,06 м наблюдаются в диапазоне рациональных значений: угла наклона полотна элеватора 20-25º и угла направления движения клубня 20-25º.

В исследованиях использованы комбинированные прутки, представляющие сочетание металлического прутка диаметром 0,011 м и трубки внутренним диаметром 0,025 м, с шагом расстановки 0,41 м. На основании проведенных исследований получены рациональные параметры элеватора с комбинированными прутками, способствующие снижению повреждений клубней: скорость элеватора 2,1 м/с, угол наклона полотна элеватора 20-25º, угол падения клубня на поверхность элеватора 20-25º. Полученные рациональные значения могут быть рекомендованы для оборудования существующих картофелеуборочных машин, имеющих элеваторы, соответствующие приведенным параметрам.

Заключение

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наибольшую значимость имеет фактор – начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками. Минимальные значения высоты отскока около 0,06 м и длины отскока клубня около 0,10 м наблюдаются в диапазоне рациональных значений: скорости элеватора – 2,1 м/с, угла наклона полотна элеватора – 20-25º, угла падения клубня на поверхность элеватора – 20-25º.

Список источников

1. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А.А. Симдянкин, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного универ ситета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2015. - №10(114). С. 985 - 1000. - IDA [article ID]: 1141510075. - URL: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/75.pdf

2. Борычев, С.Н Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей погрузчиков и комбайнов. [Текст] : дис. докт. техн. наук / Рязань, 2008. - 484а-URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004396227

3. Костенко, М. Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин : дис. ... доктора технических наук : 05.20.01 / Костенко Михаил Юрьевич; [Место защиты: Рязан. гос. агротехнолог. ун-т им. П.А. Костычева]. - Рязань, 2011. - 462 с. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004843963

4. Михеев, В.В. Технико-экономическое обоснование направлений совершенствования машинных технологий возделывания картофеля и овощей/ В.В. Михеев, П.С. Звягинцев, А.Г. Пономарев // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России : сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механи¬ки академика В.П. Горячкина. - М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2013. - С. 179-184.- URL: https://www.elibrary.ru/item. asp?id=23349070

5. Основные задачи и направления НИР по снижению повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях их производства/ В.Н. Зернов, С.Н. Петухов, А.Г. Аксенов [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. 2019. - № 4 (25). - С. 6-16.- URL: https://www.elibrary.ru/item. asp?id=41725882

6. Рембалович, Г.К. Повышение эффективности функционирования и надежности сепарирующей горки картофелеуборочных машин / Г. К. Рембалович. Дис. канд. техн. наук. - Саранск, 2005.-167 с.- URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01005101723

7. Суздалева, Г. Ф. Технология сепарации почвенно-картофельного вороха с обоснованием конструктивно-режимных параметров элеватора с комбинированными прутками и интенсификатором : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01./ Суздалева Галина Федоровна; [Место защиты: Рязан. гос. сельскохоз. акад.]. - Рязань, 2005. - 169 с. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01002972447

8. Успенский, И.А. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна [Текст] / И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк // Статья в журнале: Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. –Волгоград, 2018. –

№ 49 – С. 262-269. - URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=37094704

9. Якутин, Н.Н. Результаты экспериментальных исследований машинной уборки картофеля усовершенствованным копателем КТК-2В / Н.Н. Якутин, Н.В. Бышов, Г.К. Рембалович [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - №99 (05). - С. 1052 - 1061.- URL: http://ej.kubagro.ru/ 2014/05/pdf/72.pdf.

10. Baritelle, A. A classification system for impactrelated defects in potato tubers /A. Baritelle, G. Hide, R. Thornton, R. Bajema // American Journal Of Potato Research. - 2000 (Vol. 77). - P. 143.- URL: https:// www.researchgate.net/publication/225910070 A classification_system for impact-related defects in potato tubers

11. Borychev S.N. The ways of solving the problem of mechanized gathering potato by using different technologies / S.N. Borychev, A.V. Parshkov, Y.K. Rembalovich // Materiali IV mezinarodrnvedeckoPrakticka conference. Veda a technologie: krok do budoucnosti 2008. - Praha: Publishing House «Education and Science», 2008. - S. 16-17.- URL: http://www.rusnauka.com/8 NIT 2008/Tethis/ Tecnic/23736.doc.htm

12. Edna P. Hasson. Separation and Characterization of Potato Lipid Acylhydrolases/ Edna P. Hasson, George G. Laties // Plant Physiol. - 1976. - № 57(2).s. 142-147.

13. Liske P. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmesrteke bei schwierigen Einsatzbedigungen [Text] / P. Liske, L. Fischer // Agrartechnik. - Bd. 37. - Jg. 8. - 1987. - s. 352 - 353

14. Potato production and innovation technologies. Edited by A.J. Haverkort, B.V. Anisimov, Wageningen Academic Pablishers, the Netherlands. 2007, s.422.- URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24255192

15. Schulze, P. Root Crop Harvesting / P. Schulze, O. Roller, R. Peters. - JahrbuchAgrartechnik 2011, Band 23, DLG - Verlag, s. 87 - 89.

16. The Results of Laboratory Studies of the Device for Evaluation of Suitability of Potato Tubers for Mechanized Harvesting / A. Dorokhov, A. Ponomarev, V. Zernov [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12. – No 4. – DOI 10.3390/app12042171. – EDN WJUMHY.

17. Wustman R., Carnegie S.F. Assesstent of new potato cultivars in Europe: a survey. // Potato Research. - 2000 (Vol. 43). - p. 97.- URL: https:// www.researchgate.net/publication/225807341 Assessment of new potato cultivars in Europe A survey

18. Zhbanov N.S. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials [text] / N.S. Zhbanov, N.V. Byshov, G.C. Rembalovich, M.Y. Kostenko / BIO Web of Conferences 17. 2020 URL: https://www. bio-conferences.org/articles/ bioconf/pdf/2020/01/ bioconf fies2020 00191.pdf

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya kartofeleuborochnoj tekhniki / A.A. Simdyankin, M.YU. Kostenko, G.K. Rembalovich i dr. // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer siteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. - Krasnodar: KubGAU, 2015. - №10(114). S. 985 - 1000. - IDA [article ID]: 1141510075. - URL: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/75.pdf

2. Borychev, S.N Mashinnye tekhnologii uborki kartofelya s ispol'zovaniem usovershenstvovannyh kopatelej, kopatelej pogruzchikov i kombajnov. [Tekst] : dis. dokt. tekhn. nauk / Ryazan', 2008. - 484a-URL: https://search.rsl.ru/ru/ record/01004396227

3. Kostenko, M. YU. Tekhnologiya uborki kartofelya v slozhnyh polevyh usloviyah s primeneniem innovacionnyh reshenij v konstrukcii i obsluzhivanii uborochnyh mashin : dis. ... doktora tekhnicheskih nauk : 05.20.01 / Kostenko Mihail YUr'evich; [Mesto zashchity: Ryazan. gos. agrotekhnolog. un-t im. P.A. Kostycheva]. - Ryazan', 2011. - 462 s. URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01004843963

4. Miheev, V.V. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie napravlenij sovershenstvovaniya mashinnyh tekhnologij vozdelyvaniya kartofelya i ovoshchej/ V.V. Miheev, P.S. Zvyagincev, A.G. Ponomarev // Sistema tekhnologij i mashin dlya innovacionnogo razvitiya APK Rossii : sbornik nauchnyh dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii, posvyashchennoj 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoj mekhani¬ki akademika V.P. Goryachkina. - M.: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 2013. - S. 179-184.- URL: https://www.elibrary.ru/item. asp?id=23349070

5. Osnovnye zadachi i napravleniya NIR po snizheniyu povrezhdenij kartofelya i ovoshchej v mashinnyh tekhnologiyah ih proizvodstva/ V.N. Zernov, S.N. Petuhov, A.G. Aksenov [i dr.] // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2019. - № 4 (25). - S. 6-16.- URL: https://www.elibrary.ru/item. asp?id=41725882

6. Rembalovich, G.K. Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya i nadezhnosti separiruyushchej gorki kartofeleuborochnyh mashin / G. K. Rembalovich. Dis. kand. tekhn. nauk. - Saransk, 2005.-167 s.- URL: https:// search.rsl.ru/ru/record/01005101723

7. Suzdaleva, G. F. Tekhnologiya separacii pochvenno-kartofel'nogo voroha s obosnovaniem konstruktivno-rezhimnyh parametrov elevatora s kombinirovannymi prutkami i intensifikatorom : dissertaciya ... kandidata tekhnicheskih nauk : 05.20.01./ Suzdaleva Galina Fedorovna; [Mesto zashchity: Ryazan. gos. sel'skohoz. akad.]. - Ryazan', 2005. - 169 s. - URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01002972447

8. Uspenskij, I.A. Ocenka perspektivnoj tekhnologicheskoj skhemy kartofeleuborochnogo kombajna

[Tekst] / I.A. Uspenskij, G.K. Rembalovich, M.YU. Kostenko, R.V. Beznosyuk // Stat'ya v zhurnale: Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. –Volgograd, 2018. – № 49 – S. 262-269. - URL: https://elibrary.ru/contents.asp?id=37094704

9. YAkutin, N.N. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij mashinnoj uborki kartofelya uso-vershenstvovannym kopatelem KTK-2V / N.N. YAkutin, N.V. Byshov, G.K. Rembalovich [i dr.] // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2014. - №99 (05). - S. 1052 - 1061.- URL: http://ej.kubagro.ru/ 2014/05/pdf/72.pdf.

10. Baritelle, A. A classification system for impactrelated defects in potato tubers /A. Baritelle, G. Hide, R. Thornton, R. Bajema // American Journal Of Potato Research. - 2000 (Vol. 77). - P. 143.- URL: https:// www. researchgate.net/publication/225910070_A_ classification_system_for_impact-related_defects_ in_potato_ tubers

11. Borychev S.N. The ways of solving the problem of mechanized gathering potato by using different technologies / S.N. Borychev, A.V. Parshkov, Y.K. Rembalovich // Materiali IV mezinarodrnvedeckoPrakticka conference. Veda a technologie: krok do budoucnosti 2008. - Praha: Publishing House «Education and Science», 2008. - S. 16-17.- URL: http://www.rusnauka.com/8_NIT_2008/Tethis/ Tecnic/23736.doc.htm

12. Edna P. Hasson. Separation and Characterization of Potato Lipid Acylhydrolases/ Edna P. Hasson, George G. Laties // Plant Physiol. - 1976. - № 57(2).s. 142-147.

13. Liske P. Baugruppen zur Verminderung der Kartoffellbelastungen in der Annahmesrteke bei schwierigen Einsatzbedigungen [Text] / P. Liske, L. Fischer // Agrartechnik. - Bd. 37. - Jg. 8. - 1987. - s. 352 - 353

14. Potato production and innovation technologies. Edited by A.J. Haverkort, B.V. Anisimov, Wageningen Academic Pablishers, the Netherlands. 2007, s.422.- URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24255192

15. Schulze, P. Root Crop Harvesting / P. Schulze, O. Roller, R. Peters. - JahrbuchAgrartechnik 2011, Band 23, DLG - Verlag, s. 87 - 89.

16. The Results of Laboratory Studies of the Device for Evaluation of Suitability of Potato Tubers for Mechanized Harvesting / A. Dorokhov, A. Ponomarev, V. Zernov [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12. – No 4. – DOI 10.3390/app12042171. – EDN WJUMHY.

17. Wustman R., Carnegie S.F. Assesstent of new potato cultivars in Europe: a survey. // Potato Research. - 2000 (Vol. 43). - p. 97.- URL: https:// www.researchgate.net/publication/225807341_ Assessment_of_new_ potato_cultivars_in_ Europe_A_survey

18. Zhbanov N.S. Improvement of the working bodies of the harvesting machines by means of the use of composite materials [text] / N.S. Zhbanov, N.V. Byshov, G.C. Rembalovich, M.Y. Kostenko / BIO Web of Conferences 17. 2020 URL: https://www. bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2020/01/ bioconf_fies2020_00191.pdf

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Кодиров Сайфиддин Тухтасинович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, romario345830@yandex.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, зав. кафедры технологии металлов и ремонта машин, rgk.rgatu@yandex.ru

Полищук Светлана Дмитриевна, д-р техн. наук, профессор кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, svpolishuk@mail.r

Симонова Надежда Владимировна, аспирант кафедры строительства инженерных сооружений и механики, naden4ever@mail.ru

Костенко Наталья Алексеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, kn340010@yandex.ru

Information about the authors

Kodirov Sayfiddin T., Postgraduate Student, Department of Metal Technology and Machine Repair, romario345830@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Engineering. sciences, head. Department of Metal Technology and Machine Repair, rgk.rgatu@yandex.ru

Polishchuk Svetlana D., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, svpolishuk@mail.ru

Simonova Nadezhda V., post-graduate student of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, naden4ever@mail.ru

Kostenko Natalya A., Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, kn340010@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 18.05.2022 одобрена после рецензирования 06.01.2022; принята к публикации10.06.2022

The article was submitted 18.05.2022; approved after reviewing 06.01.2022; accepted for publication0.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 157-165
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №2, pp 157-165

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.436.1
DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.019

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТОЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОСТАВОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Сергей Александрович Плотников[1] ✉, Павел Яковлевич Кантор[2], Анатолий Веславович Пляго[3], Юлия Александровна Плотникова [4]

[1,2,3] Вятский государственный университет, г. Киров, Россия
[4] Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
[1]Plotnikovsa@bk.ru
[2] shawl@list.ru
[3] Tom.PAV@mail.ru
[4] japlotnikova@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью исследований является способ точного регулирования состава высококонцентрированных альтернативных жидких топлив, приготавливаемых непосредственно перед подачей порции в цилиндр дизельного двигателя.*
Методология.Для достижения поставленной цели был проведен анализ конструктивных особенностей представленных вариантов смесителей-дозаторов отечественного и зарубежного производства. Объектом исследования являются представленные в открытых источниках смесители и дозаторы жидких топлив. Исследования были проведены в научной лаборатории ФГБОУ ВО Вятский ГУ, г. Киров.
Результаты. *В ходе исследования был уточнен способ точного регулирования высококонцентрированных составов альтернативных топлив. В результате проработки задачи исследования получено теоретическое обоснование метода точного регулирования высококонцентрированных составов альтернативных топлив. Математическими расчетами определены варианты точных зависимостей расхода добавочного топлива, установлен характер изменения скорости потока при изменении угла открытия заслонки. Разработана конструкция высокоточного насоса-дозатора для любых жидких альтернативных топлив.*
Заключение. *Получены зависимости для точной оценки расхода и регулировки любого состава добавочного топлива, уточнено равенство оценки характера изменения скорости потока при изменении угла открытия заслонки. Анализируя изменение коэффициента пропорциональности k(α) в зависимости от угла открытия заслонки, приходим к выводу, что при входных параметрах l=50 мм, b=80 мм, h=2 мм, взятых в качестве одного из вариантов, зависимость коэффициента k(α) от угла носит характер, практически близкий к линейному. Конструкция позволяет изменять состав смесового топлива в широких пределах.*

Ключевые слова: *Дизельное топливо, этанол, регулирование состава, заслонка, насос-дозатор.*
Для цитирования: *Плотников С. А., Кантор П. Я., Пляго А.В., Плотникова Ю.А. Обоснование и разработка метода точного регулирования высококонцентрированных составов альтернативных топлив для автотракторного дизеля //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.2022.Т14, №2. С.157- 165 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.019*

© Плотников С. А., Кантор П. Я., Пляго А.В., Плотникова Ю.А., 2022 г.

Original article

SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF A METHOD FOR PRECISE REGULATION OF HIGHLY CONCENTRATED ALTERNATIVE FUEL COMPOSITIONS FOR AUTOMOTIVE DIESEL

Sergey A. Plotnikov [1], Pavel Ya. Kantor [2] ✉, Anatoly V. Plago [3], Yulia A. Plotnikova [4]
[1,2,3] Vyatka State University, Kirov, Russia

[4] D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia
[1]PlotnikovSA@bk.ru
[2] shawl@list.ru
[3] Tom.PAV@mail.ru
[4] japlotnikova@yandex.ru

Annotation.
The problem and the goal. *The aim of the research is a method of precise regulation of the composition of highly concentrated alternative liquid fuels prepared immediately before feeding a portion into the cylinder of a diesel engine.*
Methodology. *To achieve this goal, an analysis of the design features of the presented variants of mixers-dispensers of domestic and foreign production was carried out. The object of the study is the mixers and dispensers of liquid fuels presented in open sources. The research was carried out in the scientific laboratory of the Vyatka State University, Kirov.*
Results. *In the course of the study, the method of precise regulation of highly concentrated alternative fuel compositions was clarified. Working through the research task, a theoretical justification of the method of precise regulation of highly concentrated alternative fuel compositions was obtained. Mathematical calculations have determined the variants of the exact dependences of the additional fuel consumption, the nature of the change in the flow velocity with a change in the opening angle of the flap has been established. The design of a high-precision metering pump for any liquid alternative fuels has been developed.*
Conclusion. *Dependences for accurate estimation of the flow rate and adjustment of any composition of the additional fuel are obtained, the equality of the estimation of the nature of the change in the flow velocity with a change in the opening angle of the flap is clarified. Analyzing the change in the proportionality coefficient k (α) depending on the opening angle of the flap, we come to the conclusion that with the input parameters l=50 mm, b=80 mm, h=2 mm, taken as one of the options, the dependence of the coefficient k(α) on the angle is almost close to linear. The design allows you to change the composition of the mixed fuel in a wide range.*

Key words: *Diesel fuel, ethanol, composition regulation, damper, metering pump.*
For citation*: Plotnikov S. A., Kantor P. Ya., Plyago A.V., Plotnikova Yu. A. Justification and Development of a Method for Precise Regulation of Highly Concentrated Alternative Fuel Compositions for automotive diesel //Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.2022.T14, No. 2. P. 156-165.(in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.019*

Введение

Для использования в дизельных двигателях смесевых топлив необходимы разнообразные устройства, использующие различные способы и принципы регулирования, смешивания. Остается открытым вопрос подачи в цилиндр смесевых топлив, имеющих различные физико-химические свойства, отличные от свойств базового дизельного топлива. Как правило, для смешивания выбираются жидкие виды альтернативных топлив. Устройства для смешивания жидких топлив могут быть различной конструкции и принципа действия – струйные, клапанные аппараты, ультразвуковые гомогенизаторы, смесители кавитационного типа или различные акустические аппараты. Для улучшения процесса растворения и перемешивания применяются гидродинамические ультразвуковые смесители.

Ультразвуковой гидродинамический смеситель-дозатор типа УЗГС-5000 на речном флоте применяется для смешивания дизельного и тяжелого топлив, различных нефтепродуктов в любых заданных пропорциях [1,2].

Низшие спирты (метанол, бутанол, этанол), имеющие низкое цетановое число, большую сжимаемость и низкую вязкость, требуют применения специальных устройств для смешивания и регулирования порции подачи.

Выбор типа смесителей-дозаторов определяется физико-химическими свойствами смешиваемых топлив: вязкостью, сжимаемостью, плотностью, а также их эксплуатационными свойствами и определяется, в целом, назначением и особенностями эксплуатации дизельной энергетической установки. Теоретической базой решения рассмотренных задач является теория принятия решений, включая методы экспертных оценок.

Исследование состояния вопроса

Разработанных и уже апробированных в производстве конструкций, описанных в литературе, великое множество. Ниже приведен ряд конструкционных решений по смешиванию и дозированию различного рода смесевых топлив [3,4,5].

1. Смеситель-дозатор для смешивания жидких топлив с переменным расходом жидкостей. Как заявляет изобретатель, данное устройство повы-

шает интенсивность перемешивания входящих в него жидкостей и способно обеспечить необходимое процентное соотношение подаваемых топлив.

Работа смесителя-дозатора заключается в смешивании перпендикулярно перекрещивающихся потоков жидкости, с последующим движением жидкости по спиральным направляющим смесителя. Регулировка осуществляется изменением потока жидких топлив на входе посредствам запорных кранов (рис. 1).

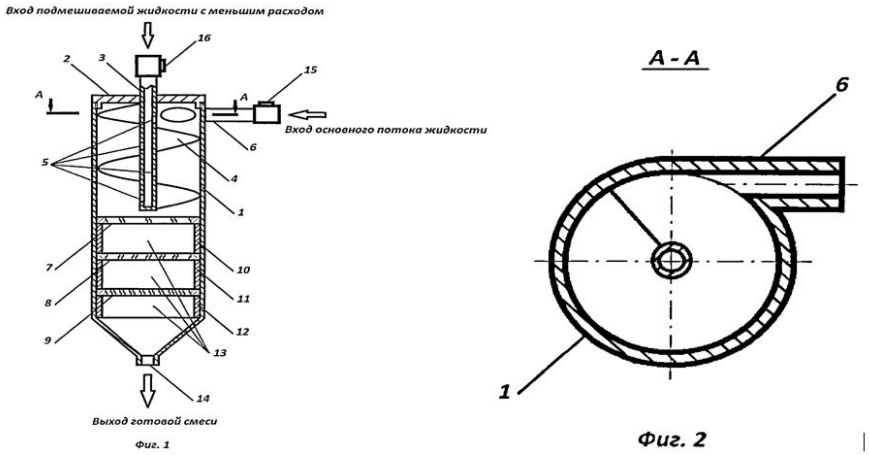


Рис. 1 – Смеситель-дозатор [6]
(Mixer dispenser)

2. Смеситель-дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива [7,8] может быть применен для смешивания близких по роду жидкостей. Регулировка подачи топлив осуществляется поворотом дроссельных заслонок, совместно закрепленных. Происходит пропорциональное закрытие одной заслонки и, соответственно, открытие на соответствующий угол другой заслонки подачи топлив. Смешивание происходит в двух камерах – предварительного и окончательного смешивания (рис. 2).

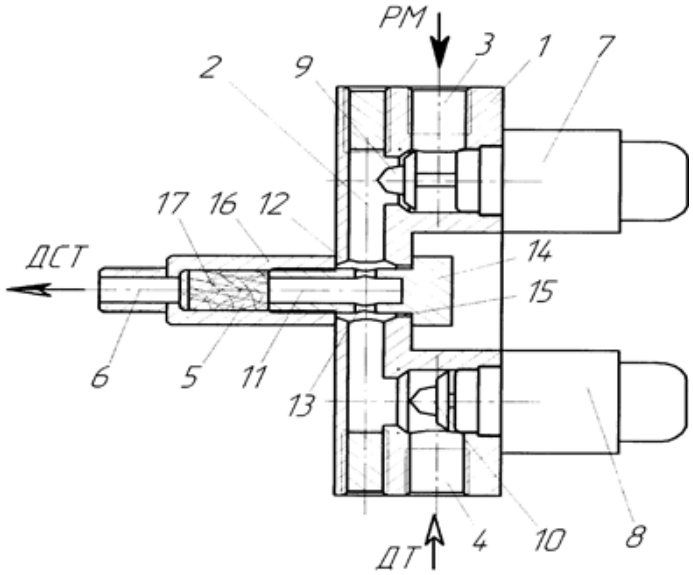


Рис. 2 – Смеситель-дозатор [7]
(Mixer dispenser)

3. Смеситель высокого давления для приготовления микроэмульсии ДТ/воды [9]. Сложная конструкция создана для создания микроэмульсии посредством прохождения жидкостей через ряд нагнетающих поршней и смесительных элементов, и впрыскивания полученной эмульсии в цилиндр дизельного двигателя.

Эмульсии ДТ/воды являются испытанными и проверенными видами топлива для дизельных двигателей. Установлено более экологически чистое сгорание данных эмульсий по сравнению с чистым ДТ. Недостатком этих эмульсий является очень низкая стабильность. Эти две фазы отделяются друг от друга за очень короткое время, если их не стабилизировать присадкой, например эмульгатором (рис. 3).

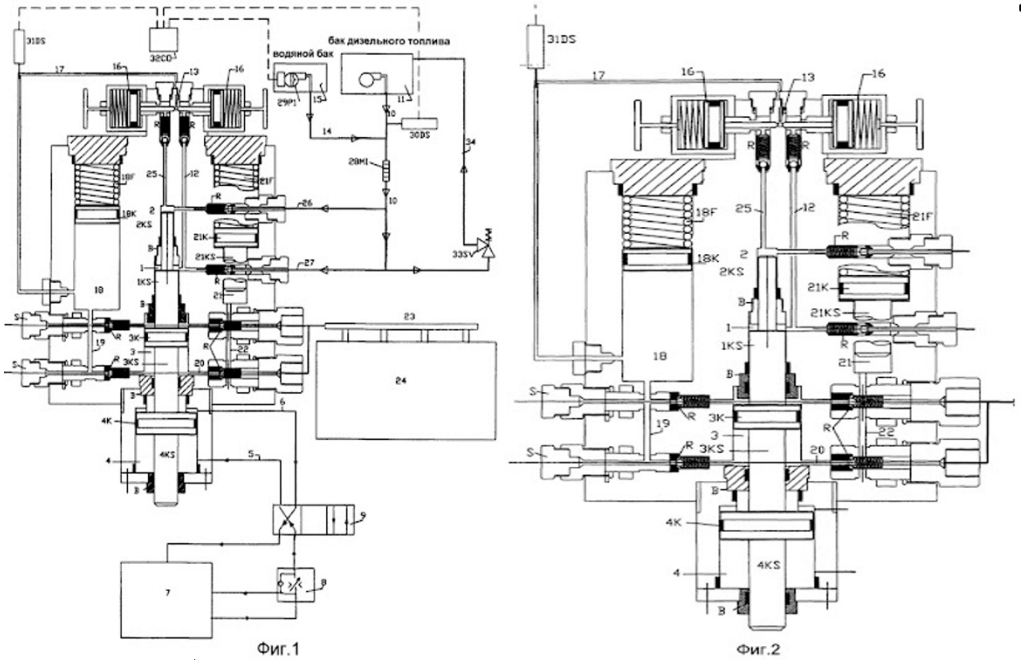


Рис. 3 – Устройство для приготовления микроэмульсии ДТ/воды и для впрыскивания этой эмульсии в дизельный двигатель (патент Германии DE 69603823 T2 [9])
(A device for preparing a DT/water microemulsion and for injecting this emulsion into a diesel engine (German patent DE 69603823 T2))

4. Одним из наиболее удачных систем регулирования подачи жидких АТ следует считать систему регулирования многотопливного дизеля [10]. Известные системы не позволяют сохранения установленного заводом-изготовителем закона подвода теплоты в цилиндры дизеля на всех его скоростных и нагрузочных режимах при работе на смесевых топливах и топливах с иной, чем у ДТ теплотой сгорания и, следовательно, ухудшают мощностные, экономические и показатели долговечности дизеля (рис. 4).

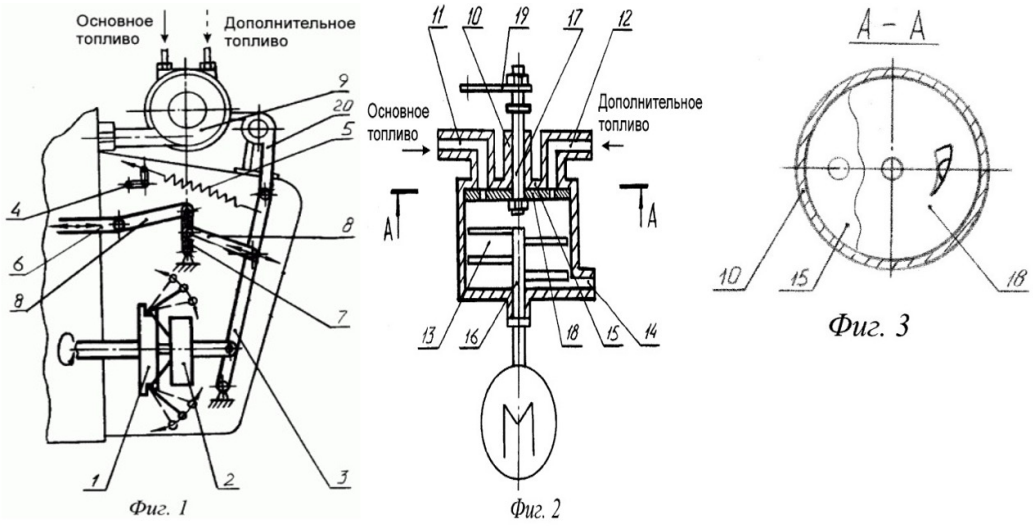


Рис. 4 – Система регулирования многотопливного дизеля [10]
(Multi-fuel diesel control system)

Существенным отличием предлагаемой системы регулирования от всех ранее известных решений является возможность одновременного регулированияи количества и состава смесевого топлива, подаваемого в цилиндры дизеля. Преимущества предлагаемой системы регулирования обуславливаются следующими обстоятельствами.

Установка смесителя-дозатора основного и дополнительного топлив, содержащего корпус, каналы подвода основного и дополнительного топлив, смесительную камеру с каналом отвода смесевого топлива, стенку с отверстиями, смеситель лопастного типа с валом в камере отвода смесевого топлива, позволяет иметь высокое качество сме-

шения топлив в смесительной камере за ограниченное время, при любом соотношении топлив, поступающих из каналов подвода.

Таким образом, в литературе содержится значительное количество конструкций смесителей-дозаторов, обладающих разносторонними свойствами.

Цель и задачи

1. Теоретическое обоснование метода точного регулирования высококонцентрированных составов альтернативных топлив.

2. Разработка конструкции высокоточного насоса-дозатора альтернативных топлив.

Материалы и методы исследования

Приведенный выше анализ ранее разработанных систем дозирования альтернативных топлив приводит нас к выводу, что известные на данный момент системы имеют следующий недостаток: они не позволяют осуществлять точную регулировку подачи любых составов топлив. Нами предлагается конструкция, с помощью которой мы стремимся нивелировать слабые стороны предыдущих конструкций, касающиеся управления подачей топлив, и достигаем цели по обеспечению возможности точного регулирования любого состава и добавочного топлива в смеси.

Для достижения поставленной цели в конструкцию добавлена заслонка с уплотнениями по краям. Изменяя угол поворота заслонки, мы можем уменьшать либо увеличивать (в зависимости от требований к объему поступающего топлива) площадь сечения потока добавочного топлива.

В качестве расчетной схемы была использована реальная схема насоса-дозатора [11] (рис. 8).

Для расчета зависимости площади сечения потока топлива от угла открытия заслонки рассмотрим следующую схему (рис. 5). Заслонка изображена на схеме в двух положениях — полного открытия при нулевом угле поворота и частичного открытия. Поворот заслонки осуществляется вокруг оси, проходящей через точку O.

Введем следующие обозначения (рис. 5):

a — ширина флажка-заслонки,

α — угол поворота заслонки $(0^\circ < \propto < 50^\circ)$,

h — толщина заслонки,

l — длина заслонки,

b/2=OD — половина высоты окна.

На рис. 5 дуга CE показывает угол поворота от положения полного открытия заслонки до полного закрытия. Будем считать, что сечение потока имеет форму прямоугольника. Ширина прямоугольника равна ширине флажка-заслонки, высота зависит от угла поворота заслонки.

Найдем площадь сечения потока дополнительного топлива, проходящего под заслонкой, при $\propto \neq 0°$. На рис. 6 изображено сечение заслонки в двух положениях: при полном открытии α=0° и частичном открытии $(0^\circ < \propto < 50^\circ)$.

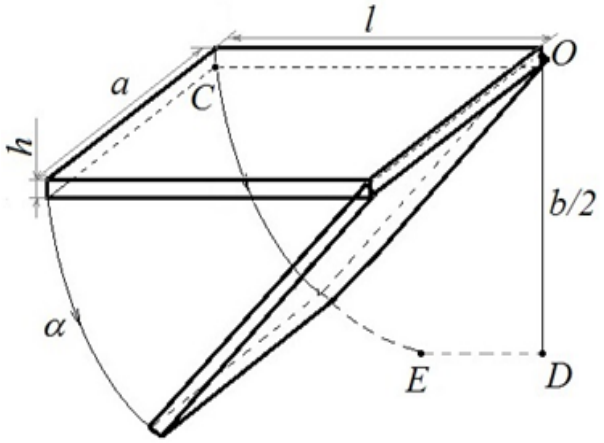


Рис. 5 – Расчетная схема
(Calculation scheme)

При частичном закрытии заслонки поток добавочного топлива имеет сечение высотой NK. NK=AK-AB-BN. В треугольнике OABOB= l,$\angle AOB = \alpha$. Из треугольника OAB находим, что $AB = l \cdot \sin\propto$.

С учетом ранее введенных обозначений $BN = \frac{h}{2} \cdot \cos \propto$, $AK = \frac{b}{2}$. Тогда получаем:

$$NK = \frac{b}{2} - l \cdot \sin \propto - \frac{h}{2} \cdot \cos \propto. \quad (1)$$

Тогда площадь сечения потока добавочного топлива при $\propto \neq 0°$:

$$S = a \cdot \left(\frac{b}{2} - l \cdot \sin \propto - \frac{h}{2} \cdot \cos \propto\right) = \frac{a}{2} \cdot (b - 2l \cdot \sin \propto - h \cdot \cos \propto). \quad (2)$$

Отметим, что при полном открытии заслонки ($\propto$=0°) формула (2) принимает вид

$$S_0 = \frac{a}{2} \cdot (b - h). \quad (3)$$

Если обозначить скорости потока добавочного топлива при $\propto$=0° и $\propto \neq 0°$ через V_0 и V, а площади сечений потоков через S_0 и S соответственно, то получим следующие формулы для расхода топлива в потоках [12, 13, 14]:

$Q_0=S_0 \cdot V_0$ и $Q=S \cdot V$,

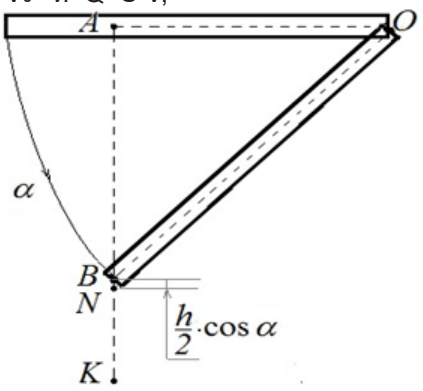


Рис. 6 – Сечение заслонки при полном α=0° и частичном открытии 0°<α<50°
(The section of the flap at full α = 0 ° and partial opening 0°<α<50°)

Откуда при равных расходах топлива при открытой и частично закрытой заслонках находим, что [15,16]:

$$V = \frac{S_0 \cdot V_0}{S}. \quad (5)$$

Подставляя в равенство (4) формулы (2) и (3), получим следующую зависимость

$$V = \frac{b-h}{b-2l\sin\alpha - h\cos\alpha} V_0 = k(\propto)V_0. \quad (6)$$

Для анализа влияния положения заслонки на расход добавочного топлива примем следующую модель: будем считать, что перепад давлений Δp между концами трубопровода остаётся неизменным; сечение трубопровода длины L представляет собой прямоугольник с площадью, определяемой формулой (2). Тогда средняя скорость потока может быть найдена по приближенной формуле [16,17]:

$$u = \frac{\Delta p a^2}{12 \eta L}\left(1 - \frac{192}{2\pi^5} \frac{a}{c} \operatorname{th} \frac{\pi c}{2a}\right), \quad (7)$$

где $c = NK = \frac{b}{2} - l\sin\alpha - \frac{h}{2}\cos\alpha$ – высота окна;

η – динамическая вязкость дополнительного топлива.

Объемный расход дополнительного топлива равен:

$$Q = uS = \frac{\Delta p a^3 c}{12 \eta L}\left(1 - \frac{192}{2\pi^5} \frac{a}{c} \operatorname{th} \frac{\pi c}{2a}\right) \quad (8)$$

При полностью открытой заслонке $c_0 = \frac{b-h}{2}$, соответственно, расход

$$Q_0 = u_0 S_0 = \frac{\Delta p a^3 c_0}{12 \eta L}\left(1 - \frac{192}{2\pi^5} \frac{a}{c_0} \operatorname{th} \frac{\pi c_0}{2a}\right). \quad (9)$$

Комбинируя формулы (8), (9) и вышеуказанную зависимость параметра с от угла α, получаем

$Q = k(\alpha) Q_0$, где

$$k(\alpha) = \frac{b - 2l\sin\alpha - h\cos\alpha}{b-h} \cdot \frac{\left(1 - \frac{192a}{\pi^5(b-2l\sin\alpha - h\cos\alpha)} \operatorname{th} \frac{\pi(b-2l\sin\alpha - h\cos\alpha)}{4a}\right)}{\left(1 - \frac{192a}{\pi^5(b-h)} \operatorname{th} \frac{\pi(b-h)}{4a}\right)} \quad (10)$$

Расчет коэффициента в зависимости от угла поворота заслонки (10) проводился для следующих значений геометрических параметров: l = 50 мм, b/2 = 40 мм, h = 2 мм, a = 50 мм. Результаты расчетов представлены на рис. 7.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализируя изменение коэффициента пропорциональности k(α) в зависимости от угла открытия заслонки, приходим к выводу, что при входных параметрах l=50 мм, b=80 мм, h=2 мм, взятых в качестве одного из вариантов модели, изменение коэффициента k(α) носит экспоненциальный характер (рис. 7) [16,18].

В случае равных расходов топлива при ∝=0° и ∝≠0° при определенных значениях угла открытия будет происходить резкое увеличение скорости потока по отношению к V_0.

al	k(al)
0	1
0.05	0.91811
0.1	0.83853
0.15	0.76162
0.2	0.68771
0.25	0.61707
0.3	0.54991
0.35	0.48638
0.4	0.42654
0.45	0.37039
0.5	0.31784
0.55	0.26876
0.6	0.22294
0.65	0.18017
0.7	0.1402
0.75	0.10281
0.8	0.06778
0.85	0.03494
0.9	$4.16797 \cdot 10^{-3}$

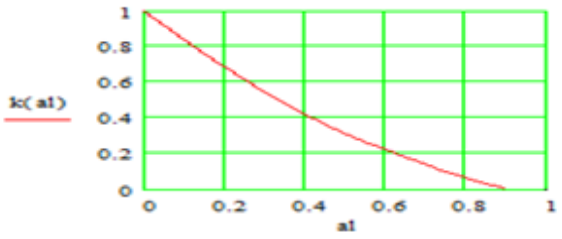


Рис. 7 – Данные расчета угла поворота заслонки и расхода топлив
(Data for calculating the angle of rotation of the flap and fuel consumption)

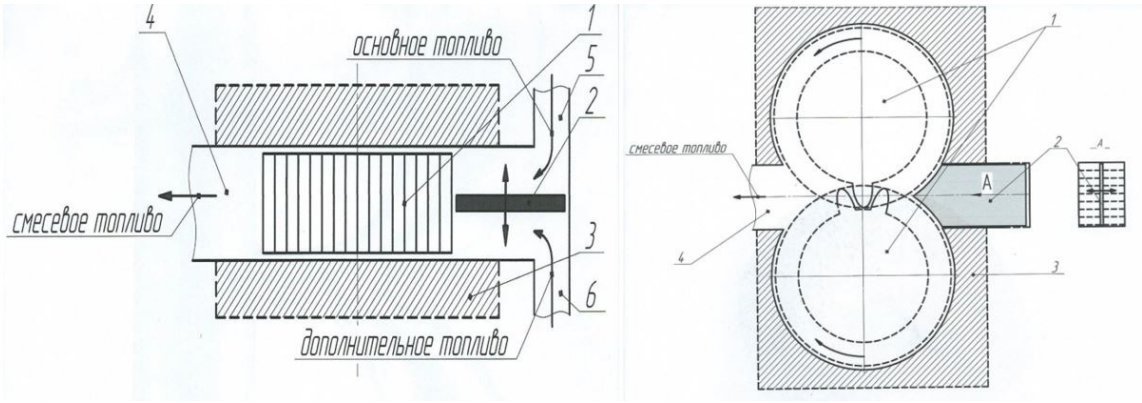


Рис. 8 – Насос-дозатор[11]
(Metering pump)

Кроме того, введенные нами изменения позволяют осуществлять точную регулировку подачи добавочного топлива и существенно усовершенствовать конструкцию насоса-дозатора (рис.8)[11].

Заключение

Теоретически обоснован и экспериментально исследован метод точного регулирования высококонцентрированных составов этаноло-топливных эмульсий. Получены зависимости для точной оценки расхода и регулировки любого состава добавочного топлива, уточнено равенство для оценки характера изменения скорости потока при изменении угла открытия заслонки.

Анализируя изменение коэффициента пропорциональности k(α) в зависимости от угла открытия заслонки, приходим к выводу, что при входных параметрах l=50 мм, b=80 мм, h=2 мм, взятых в качестве одного из вариантов, зависимость коэффициента k(α) от угла носит характер, практически близкий к линейному. Конструкция позволяет изменять состав смесового топлива в широких пределах.

Список источников

1. Патрахальцев Н.Н. Пути развития топливных систем для подачи в цилиндр дизеля нетрадиционных топлив / Н.Н. Патрахальцев, Л.В. Альвеар Сантес // Двигателестроение. – 1988. – № 3. – С. 11–13. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27719506

2. Larry D.Claxton. The history, genotoxicity, and carcinogenicity of carbon-based fuels and their emissions. Part 3: Diesel and gasoline // Mutation Research/Reviews in Mutation Research. - Volume 763. - January–March 2015.- Pages 30-85. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2014.09.002

3. Суслов, Н. И. Тенденции энергопотребления России и структурные сдвиги / Н. И. Суслов // Топливно-энергетический комплекс. – 2005. – № 1. – С. 14–16. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20800011

4. Кириллов, Н. Г. Альтернативные моторные топлива XXI века / Н. Г. Кириллов // Автозаправочный комплекс альтернативное топливо. – 2003. – № 3. – С. 58–63. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15056299

5. Avinash Kumar Agarwal. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines // Progress in Energy and Combustion Science. - Volume 33. - Issue 3. - June 2007. - Pages 233-271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecs.2006.08.003

6. Иванов, И. А. Обзор патентов по гомогенизации и эмульгированию топлив и результаты их эксплуатации /И. А. Иванов // Судостроение за рубежом. – 1982. – № 1. – С. 36–48. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20800011

7. Пат. Российская Федерация 2486000. МПК B01F 5/06. Смеситель-дозатор: № 2012113655/02 : заявл. 06.04.2012 : опубл. 27.06.2013: Уханов А.П., Уханов Д.А., Сидоров Е.А, Сидорова Л.И., Година Е.Д.- 3С., 1 табл. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37512478

8. Пат. Российская Федерация 2435633. МПК B01F 5/06. Смеситель-дозатор растительного масла и минерального дизельного топлива : № 2010115532/056 : заявл. 19.04.2010 : опубл. 10.12.2011 : Уханов А.П., Уханов Д.А., Чугунов В.А., Демидов Е.В. 3С., 1 табл. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40985145

9. Пат. Германии DE 69603823 T2. Устройство для приготовления микроэмульсии ДТ/воды и для впрыскивания этой эмульсии в дизельный двигатель: 12 с.п. ф-лы, 2 ил. URL: https://www.freepatent.ru/patents/2387865

10. Пат. Российская Федерация 2246019, МПК F02D 1/04, 1/10. Система регулирования многотопливного дизеля: заявл. 07.07.2003 : опубл. 10.02.2005 : Плотников С.А. Гущин С.Н. Ярков М.И. - 6 С., 3 ил.URL: https://www.freepatent.ru/patents/2246019

11. Пат. Российская Федерация 2639634, МПК F02M 43/02. Насос-дозатор смесевого топлива : № 20171108580 : заявл. 14.03.2017 : опубл. 21.12.2017 : 6С., 2 ил. : Плотников С.А., Карташевич А.Н., Пляго А.В., Козлов И.С., Мочалов С.В. URL: https://findpatent.ru/patent/263/2639634

12. Механика жидкости и газа: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб и доп. / В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Я.М. Гордон, В.С. Шаврин и др.; под ред. В.С. Швыдкого. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 464 с. URL: https://www.geokniga.org/books/24388

13. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов. 7-е изд., испр. / Л.Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с. URL: https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br597033

14. Валландер, С. В. Лекции по гидроаэромеханике: учебное пособие / С.В. Валландер. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978 – 296 с. URL: https://www.studmed.ru/vallander-sv-lekcii-po-gidroaeromehanike_c85f2b445f7

15. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для втузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – Москва: Машиностроение, 1982. – 423 с. URL: https://lib-bkm.ru/13301

16. Плотников, М.Г., Плотникова Ю.А. Математика. Часть 2: учебное пособие / М.Г. Плотников, Ю.А. Плотникова. – Вологда: ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2019. – 206 с. URL: https://e.lanbook.com/book/130706

17. Xingcai Lu,Dong Han,Zhen Huang. Fuel design and management for the control of advanced compression-ignition combustion modes // Progress in Energy and Combustion Science. - Volume 37.- Issue 6. - December 2011, Pages 741-783. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecs.2011.03.003

18. Muhammad Aamir Bashira, Sarah Wua, Jun Zhub, Anilkumar Krosuric, Muhammad Usman Khand, Robinson Junior Ndeddy Akac. Recent development of advanced processing technologies for biodiesel production: A critical review // Fuel Processing Technology. -Volume 227. - March 2022. - 107120. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107120

Вклад авторов:
Плотников С.А. – общее руководство;
Кантор П. Я. – теоретическая проработка;
Пляго А.В.. – аналитика источников;
Плотникова Ю.А. – теоретическая проработка.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Patrahal'cev N.N. Puti razvitiya toplivnyh sistem dlya podachi v cilindr dizelya netradicionnyh topliv / N.N. Patrahal'cev, L.V. Al'vearSantes // Dvigatelestroenie. – 1988. – № 3. – S. 11–13. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27719506

2. Larry D.Claxton. The history, genotoxicity, and carcinogenicity of carbon-based fuels and their emissions. Part 3: Diesel and gasoline // Mutation Research/Reviews in Mutation Research.- Volume 763.- January–March 2015. - Pages 30-85. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2014.09.002

3. Suslov, N. I. Tendencii energopotrebleniya Rossii i strukturnye sdvigi / N. I. Suslov // Toplivno-energeticheskij kompleks. – 2005. – № 1. – S. 14–16. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20800011

4. Kirillov, N. G. Al'ternativnye motornye topliva XXI veka / N. G. Kirillov // Avtozapravochnyj kompleks al'ternativnoe toplivo. – 2003. – № 3. – S. 58–63. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15056299

5. Avinash Kumar Agarwal. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines // Progress in Energy and Combustion Science.-Volume 33. - Issue 3. - June 2007. - Pages 233-271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecs.2006.08.003

6. Ivanov, I. A. Obzor patentov po gomogenizacii i emul'girovaniyu topliv i rezul'taty ih ekspluatacii /I. A. Ivanov // Sudostroenie za rubezhom. – 1982. – № 1. – S. 36–48. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-smesitelnyh-ustroystv-dlya-polucheniya-vysokostabilnyh-toplivnyh-smesey-v-sistemah-toplivopodgotovki-energeticheskih-ustanovok

7. Pat. Rossijskaya Federaciya 2486000. MPK V01F 5/06. Smesitel'-dozator: № 2012113655/02 : zayavl. 06.04.2012: opubl. 27.06.2013: Uhanov A.P., Uhanov D.A., Sidorov E.A, Sidorova L.I., Godina E.D.- 3S., 1 tabl. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37512478

8. Pat. Rossijskaya Federaciya 2435633. MPK B01F 5/06. Smesitel'-dozator rastitel'nogo masla i mineral'nogo dizel'nogo topliva : № 2010115532/056 : zayavl. 19.04.2010 : opubl. 10.12.2011: Uhanov A.P., Uhanov D.A., CHugunov V.A., Demidov E.V. 3S., 1 tabl. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40985145

9. Pat. Germanii DE 69603823 T2. Ustrojstvo dlya prigotovleniya mikroemul'sii DT/vody i dlya vpryskivaniya etoj emul'sii v dizel'nyj dvigatel' : 12 s.p. f-ly, 2 il. URL: https://www.freepatent.ru/patents/2387865

10. Pat. Rossijskaya Federaciya 2246019, MPK F02D 1/04, 1/10. Sistema regulirovaniya mnogotoplivnogo dizelya : zayavl. 07.07.2003 : opubl. 10.02.2005 : Plotnikov S.A. Gushchin S.N. YArkov M.I. - 6 S., 3 il.URL: https://www.freepatent.ru/patents/2246019

11. Pat. Rossijskaya Federaciya 2639634, MPK F02M 43/02. Nasos-dozator smesevogo topliva : № 20171108580 : zayavl. 14.03.2017 : opubl. 21.12.2017 : 6S., 2 il. : Plotnikov S.A., Kartashevich A.N., Plyago A.V., Kozlov I.S., Mochalov S.V. URL: https://findpatent.ru/patent/263/2639634

12. Mekhanika zhidkosti i gaza: uchebnoe posobie dlya vuzov. 2-e izd., pererab i dop. / V.S. SHvydkij, YU.G. YAroshenko, YA.M. Gordon, V.S. SHavrin i dr.; pod red. V.S. SHvydkogo. – M.: IKC «Akademkniga», 2003. – 464 s. URL: https://www.geokniga.org/books/24388

13. Lojcyanskij, L. G. Mekhanika zhidkosti i gaza: uchebnik dlya vuzov. 7-e izd., ispr. / L.G. Lojcyanskij. – M.: Drofa, 2003. – 840 s. URL: https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br597033

14. Vallander, S. V. Lekcii po gidroaeromekhanike: uchebnoe posobie / S.V. Vallander. – L.: Izd-vo Leningr. un-ta, 1978 – 296 s. URL: https://www.studmed.ru/vallander-sv-lekcii-po-gidroaeromehanike_c85f2b445f7

15. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnik dlya vtuzov / T.M. Bashta, S.S. Rudnev, B.B. Nekrasov

i dr. – 2-e izd., pererab. – Moskva: Mashinostroenie, 1982. – 423 s. URL: https://lib-bkm.ru/13301

16. Plotnikov, M.G., Plotnikova YU.A. Matematika. CHast' 2: uchebnoe posobie / M.G. Plotnikov, YU.A. Plotnikova. – Vologda: VGMHA im. N.V. Vereshchagina, 2019. – 206 s. URL: https: //e.lanbook.com/book/130706

17. Xingcai Lu,Dong Han,Zhen Huang. Fuel design and management for the control of advanced compression-ignition combustion modes // Progress in Energy and Combustion Science. - Volume 37. - Issue 6. - December 2011, Pages 741-783. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecs.2011.03.003

18. Muhammad Aamir Bashira, Sarah Wua, Jun Zhub, Anilkumar Krosuric, Muhammad Usman Khand, Robinson Junior Ndeddy Akac. Recent development of advanced processing technologies for biodiesel production: A critical review // Fuel Processing Technology. - Volume 227. - March 2022. - 107120. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107120

Contribution of the authors:
Plotnikov S. A. - general guidance;
Kantor P. Ya. - theoretical study;
Plotnikov Y.A. - methodology;
Plyago A. V. - conducting experiments.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Плотников Сергей Александрович, *д-р. техн. наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», Вятский государственный университет, PlotnikovSA@bk.ru*

Кантор Павел Яковлевич, *канд. ф-м. наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике, Вятский государственный университет,shawl@list.ru*

Пляго Анатолий Веславович, *преподаватель кафедры «Технология машиностроения», Вятский государственный университет, Tom.PAV@mail.ru*

Плотникова Юлия Александровна. *к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, japlotnikova@yandex.ru*

Information about the authors

Plotnikov Sergey A., *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Vyatka State University, PlotnikovSA@bk.ru*

Kantor Pavel Y., *PhD, Associate Professor of the Department of Physics and Methods of Teaching Physics, Vyatka State University, shawl@list.ru*

Plyago Anatoliy V., *teacherof the Department of Mechanical Engineering Technology, Vyatka State University, Tom.PAV@mail.ru*

Plotnikova Julia A., *Ph.D., Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, japlotnikova@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию12.03.2022; одобрена после рецензирования 05.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 12.03.2022; approved after reviewing 05.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т 14, № 2, с. 166-176
Vestnik RGATU, 2022, Vol 14, № 2, pp 166-176

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.521
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.020

КОМБИНИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК

Юрий Викторович Родионов[1,2], Дмитрий Вячеславович Никитин[1,2]✉, Александр Сергеевич Зорин[1], Григорий Вячеславович Рыбин[1]

[1]Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия
[2]Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, Россия

[1] rodionow.u.w@rambler.ru
[2] vacuum2008@yandex.ru
[3] zorin619@bk.ru
[4] enot1237@gmail.com

Аннотация.
Проблема и цель. *Основным недостатком существующих конструкций жидкостнокольцевых вакуумных насосов, применяемых в технологических процессах АПК, является низкий КПД (до 60 %). Целью исследования являлось разработка комбинированной конструкции жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с улучшенными значениями эксплуатационных параметров и КПД.*
Методология. *Для достижения поставленной цели анализировались причины низкого КПД существующих конструкций жидкостнокольцевых вакуумных насосов. На основании проведенного анализа спроектированы конструктивные решения для комбинированной конструкции жидкостнокольцевого вакуумного насоса. Проведен сравнительный анализ преимуществ разработанной конструкции в сравнении с существующими конструкциями жидкостнокольцевых вакуумных насосов посредством теоретического исследования аналитических зависимостей основных эксплуатационных параметров (удельной мощности и быстроты действия).*
Результаты. *Теоретические расчеты показали, что разработанная конструкция комбинированного жидкостнокольцевого вакуумного насоса в сравнении с традиционной конструкцией с неподвижным корпусом характеризуется меньшими затратами (до 30 %) на преодоление сил трения жидкости в безлопаточном пространстве. Использование системы регулирования проходного сечения нагнетательного окна в конструкции комбинированного жидкостнокольцевого вакуумного насоса позволяет: на начальных режимах работы вакуум-насоса исключить пересжатие газовой фазы и перетекание газовой фазы из области нагнетания в область всасывания; на предельных режимах работы насоса – обеспечить вытеснение газовой фазы из рабочей полости и исключить эффект «запирания» вакуумного насоса. Тем самым обеспечивается наиболее экономичный режим работы комбинированного жидкостнокольцевого вакуумного насоса с точки зрения затрат мощности на сжатие газовой фазы (до 10-15 %). Предложенные конструктивные изменения и введение системы мониторинга теплового баланса позволяют снизить потери быстроты действия предположительно на 15-20 %.*
Заключение. *Разработана комбинированная конструкция жидкостнокольцевого вакуумного насоса, характеризующаяся меньшими затратами мощности на преодоление сил гидравлического сопротивления (до 30 %), сниженными затратами на сжатие газовой фазы (до 10-15 %), а также улучшенными показателями быстроты действия (15-20 %). В совокупности улучшенные показатели обеспечивают повышение КПД комбинированной конструкции жидкостнокольцевого вакуумного насоса.*

Ключевые слова: *технологические процессы АПК, жидкостнокольцевые вакуумные насосы, низкий КПД, конструктивные решения, новая конструкция, улучшенные показатели*

Для цитирования: *Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорин А.С., Рыбин Г.В. Комбинированная конструкция жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для технологических процессов АПК // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №2. С166-176 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.020*

© Родионов Ю. В., Никитин Д. В., Зорин А. С., Рыбин Г. В., 2022 г.

Original article

COMBINED DESIGN OF A LIQUID RING VACUUM PUMP FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Yury V. Rodionov[1,2], Dmitriy V. Nikitin[1,2] ✉, Alexander S. Zorin[1], Gregory V. Rybin[1]

[1]Tambov State Technical University, Tambov, Russia
[2]Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

[1] rodionow.u.w@rambler.ru
[2] vacuum2008@yandex.ru
[3] zorin619@bk.ru
[4] enot1237@gmail.com

Abstract.
Problem and purpose. *The main disadvantage of the existing designs of liquid ring vacuum pumps used in the technological processes of the agro-industrial complex is low efficiency (up to 60%). The aim of the study was to develop a combined design of a liquid ring vacuum pump with improved operating parameters and efficiency.*
Methodology. *To achieve this goal, the reasons for the low efficiency of existing designs of liquid ring vacuum pumps were analyzed. Based on the analysis carried out, design solutions for the combined design of a liquid ring vacuum pump were designed. A comparative analysis of the design advantages of the developed design in comparison with existing designs of liquid ring vacuum pumps was carried out by means of a theoretical study of the analytical dependences of the main operational parameters (specific power and speed of action).*
Results. *Theoretical calculations have shown that the developed design of the combined liquid ring vacuum pump, in comparison with the traditional design of a liquid ring vacuum pump with a fixed casing, is characterized by lower costs (up to 30 %) to overcome the fluid friction forces in the bladeless space. The use of a control system for the flow section of the discharge window in the design of a combined liquid ring vacuum pump allows: at the initial operating modes of the vacuum pump - to exclude overcompression of the gas phase and the overflow of the gas phase from the injection region to the suction region; at the limiting operating modes of the pump - to ensure the displacement of the gas phase from the working cavity and eliminate the effect of "locking" the vacuum pump. This ensures the most economical mode of operation of the combined liquid ring vacuum pump in terms of power consumption for compressing the gas phase (up to 10-15 %). New design changes and the introduction of a heat balance monitoring system make it possible to reduce the loss of speed of action, presumably by 15-20 %.*
Conclusion. *A combined design of a liquid ring vacuum pump has been developed, characterized by lower power consumption to overcome the forces of hydraulic resistance (up to 30%), reduced costs for compressing the gas phase (up to 10-15%), as well as improved speed of action (15-20%). Taken together, the improved performance increases the efficiency of the combined design of the liquid ring vacuum pump.*

Key words: *technological processes of the agro-industrial complex, liquid ring vacuum pumps, low efficiency, design solutions, new design, improved performance.*

For citation: *Rodionov Yu. V., Nikitin D. V., Zorin A. S. , G. V. Rybin G. V. Combined design of a liquid ring vacuum pump for technological processes in the agro-industrial complex. //Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.2022.T14, No.2. P 166-176 (in Russ.).https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.020*

Введение

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) в качестве самостоятельных откачных средств, а также устройств для создания разрежения в технологических линиях и установках АПК, получают все большое распространение. Насосы этого типа были успешно применены в процессах сушки и экстрагирования сельскохозяйственного сырья [1,2]. Это позволило в указанных процессах существенно снизить потери биологически активных веществ и функциональных компонентов в конечном продукте (высушенном сырье, экстрактах, концентратах).

Применение ЖВН в вакуумных системах для перемещения сыпучих сред позволяет: снизить травмируемость перемещаемого сырья, обеспечить требуемые нормы взрывобезопасности при транспортировании мелкодисперсных растительных материалов, обеспечить высокие санитарно-гигиенические условия и отсутствие технологических нарушений воздушной среды [3].

Современные вакуумные системы с использования ЖВН используются в технологиях и технических средствах мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока, машинном доении, а также рыбной промышленности [4-7].

Основными преимуществами ЖВН являются простота конструкции, длительная эксплуатация, отсутствие масла в рабочем пространстве, что позволяет не загрязнять откачиваемый газ парами масла, низкий уровень шума, возможность откачивания пара, капельную жидкость, жидкие среды с инородными включениями.

Недостатками существующих конструкций

ЖВН, ограничивающими их использование в технологических процессах АПК, являются значительные затраты удельной мощности на процесс вакуумирования, потери реальной быстроты действия на различных режимах работы и, как следствие, низкий КПД.

Поэтому вопросы совершенствования конструкций, теории и эксперимента рабочего процесса в ЖВН привлекают внимание отечественных, а также зарубежных исследователей и по сегодняшний день [8-12].

Методы исследования

Целью исследования является разработка новой комбинированной конструкции ЖВН с улучшенными эксплуатационными показателями и КПД.

Объектом исследования выступали существующие и разрабатываемая конструкции ЖВН.

Для достижения поставленной цели анализируются причины низкого КПД существующих конструкций ЖВН, применяемых в технологических процессах АПК.

На основании проведенного анализа необходимо разработать новые конструктивные решения для комбинированной конструкции ЖВН. Провести сравнительный анализ преимуществ разработанной конструкции в сравнении с существующими конструкциями ЖВН посредством теоретического исследования аналитических зависимостей для основных эксплуатационных параметров (удельной мощности и быстроты действия).

Разработка комбинированной конструкции жидкостнокольцевого вакуумного насоса

Существенным недостатком традиционных ЖВН является постоянная степень внутреннего сжатия в ячейках рабочего колеса [13] и существенные гидравлические потери на трение жидкости о неподвижный корпус насоса [14]. В первом случае это приводит к перерасходу мощности сжатия газовой фазы и увеличению общей потребляемой мощности ЖВН на процесс вакуумирования. Во втором случае к дополнительным затратам мощности на преодоление гидравлического трения. Как следствие, традиционные конструкции ЖВН с неподвижным корпусом (ЖВН НК) имеют низкий КПД (порядка 30-60 %), что ограничивает область их применения в технологических процессах АПК.

Для снижения гидравлических потерь разработана конструкция ЖВН с кинематическим замыканием лопаток вращающейся втулки и лопаток рабочего колеса (ЖВН КЗ), позволившая снизить затраты мощности на преодоление гидравлического трения. Для снижения перерасхода мощности сжатия газовой фазы на различных режимах работы разработана конструкция ЖВН с регулируемым нагнетательным окном (ЖВН РНО). В результате уменьшены затраты мощности на процесс вакуумирования и увеличено значение быстроты действия.

Опыт эксплуатации и результаты проведенных испытаний подтверждают значительный потенциал в повышении эффективности (КПД) конструкций ЖВН за счет совершенствования их конструктивных элементов и технологических параметров [15]. Установлено, что температура, область подачи и расход дополнительной подаваемой рабочей жидкости значительно влияют на эксплуатационные параметры ЖВН. Неточное конструктивное расположение области подачи дополнительно подаваемой рабочей жидкости приводит к снижению глубины достигаемого вакуума на различных режимах работы ЖВН. Недостаточное количество, а также повышение температуры дополнительно подаваемой рабочей жидкости ведет к значительным потерям быстроты действия и возникновению кавитационных явлений. В совокупности указанные вредные явления снижают общий КПД ЖВН.

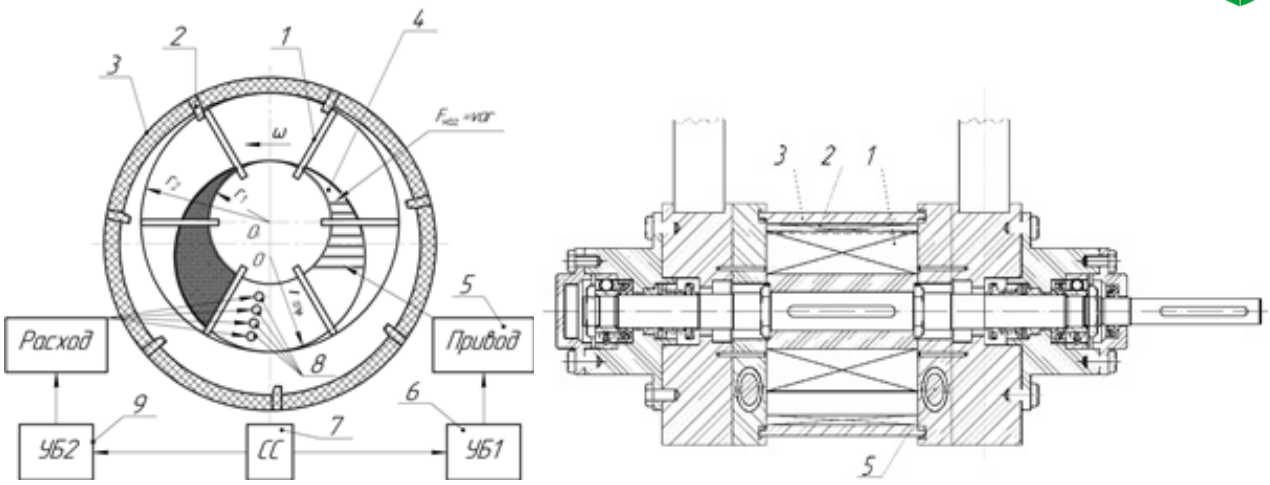
С целью устранения перечисленных недостатков, снижающих общую эффективность, а также для расширения области использования ЖВН в процессах АПК на кафедре «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО ТГТУ разработана конструкция комбинированного ЖВН (ЖВН КМ). Конструкция ЖВН КМ не только сохраняет все основные достоинства конструкций ЖВН КЗ и ЖВН РНО, но и превосходит по ряду показателей.

Конструкция ЖВН КМ состоит из рабочего колеса 1 с лопатками, передающего вращение лопаткам 2 корпуса 3 (рис. 1). Нагнетательное окно 4 снабжено механизмом регулирования проходного сечения, который приводится в действие с помощью привода 5 под управлением блока 6. Управляющий блок 6 принимает сигнал от системы слежения 7 за параметрами рабочего процесса (температура и расход дополнительное подаваемой рабочей жидкости, давление во всасывающем и нагнетательном трубопроводах) и рабочими характеристиками ЖВН КМ (быстрота действия, эффективная мощность). Всасывающая область снабжена штуцерами 8 для подачи дополнительной рабочей жидкости, которые управляются блоком 9, принимающим сигнал от системы слежения 7.

По мере создания вакуума привод 5 механизма регулирования проходного сечения нагнетательного окна 4 принимает сигнал от системы слежения 7 и при необходимости изменяет размеры проходного сечения нагнетательного окна, тем самым снижая перерасход мощности сжатия газовой фазы. Это позволяет уменьшить общую потребляемую на процесс вакуумирования мощность и, как следствие, повысить КПД вакуумного насоса.

Во время работы ЖВН КМ в область всасывания осуществляется подача дополнительной рабочей жидкости через штуцеры 8, тем самым уменьшаются перетечки газовой фазы из области сжатия в область всасывания, возникающие при стадии сжатия газовой фазы. Дополнительно система слежения 7 осуществляет контроль температуры жидкости Тж в рабочей полости комбинированной конструкции ЖВН. В случае нарушения теплового баланса в рабочей полости осуществляется подача необходимого количества дополнительной рабочей жидкости через штуцеры 8.

Так как спектр использования ЖВН в процессах переработки сельскохозяйственной продукции неуклонно возрастает, разработаны 12 типоразмеров ЖВН КМ (табл. 1).



а) б)

Рис. 1 – ЖВН КМ
а) поперечный разрез ЖВН КМ; б) продольный разрез ЖВН КМ
(Liqiud ring pump combined. a) Cross section; b) Longitudinal section)

Таблица 1 – Геометрические параметры ЖВН КМ типоразмерного ряда

Быстрота действия S, [м³/ч]	Малая			Средняя			Большая			Особо большая		
Типо-размер / Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Радиус рабочего колеса r, мм	45	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480
Радиус корпуса R, мм	54	96	144	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Эксцентриситет e, мм	9	16	24	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Число лопаток на рабочем колесе z_1	7	12	12	15	15	20	20	25	25	30	30	35
Число лопаток на корпусе z_2	6	10	10	12	12	16	16	20	20	24	24	28
Передаточное отношение U_{12}	0,875	0,83(3)	0,83(3)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Относительный эксцентриситет ε	0,16(6)	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Теоретические исследования

Проведем анализ конструктивных особенностей комбинированной конструкции ЖВН КМ для определения затрат мощности на процесс вакуумирования и быстроту действия.

Основным показателем эффективности каждого типоразмера ЖВН является удельная мощность вакуумного насоса:

$$N_{\text{уд}} = \frac{N_e}{S_{\text{т}} \cdot \lambda} \qquad (1)$$

где N_e – эффективная мощность на валу кВт;

$S_{\text{т}}$ – теоретическая быстрота действия м³/ч;

λ – коэффициент подачи.

Эффективная мощность N_e на валу ЖВН КМ складывается из мощности $N_{\text{ж}}$, затрачиваемой на вращение жидкости в рабочей полости, мощности, затрачиваемой на сжатие парогазовой смеси $N_{\text{сж}}$,мощности $N_{\text{тр}}$, затрачиваемой на преодоление трения в сальниках и подшипниках, мощности $N_{\text{к.з.}}$, учитывающей потери на трение в зацепле-

нии лопаток корпуса и лопаток рабочего колеса

$$N_e = N_ж + N_{сж} + N_{тр} + N_{к.з.} \quad (2)$$

В случае, когда требуется использование ЖВН КМ больших мощностей и с высокими значениями быстроты действия необходимо использование различных приводов. Тогда необходимо учитывать мощность $N_{пр}$, затрачиваемую на потери в приводе:

$$N_e = N_ж + N_{сж} + N_{тр} + N_{к.з.} + N_{пр} \quad (3)$$

Мощность на вращение жидкости в рабочей полости $N_ж$ складывается из мощности на вращение жидкости в лопаточном пространстве корпуса $N_{корп}$ и рабочего колеса $N_{р.к.}$, а также мощности на вращение жидкости в безлопаточном пространстве рабочей полости $N_{бл}$:

$$N_ж = N_{корп.} + N_{р.к.} + N_{бл} \quad (4)$$

Мощность на вращение жидкости в лопаточном пространстве корпуса $N_{корп}$ будет затрачиваться только в режиме пуска ЖВН КМ. С учетом изготовления вращающихся элементов ЖВН КЗ из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, обладающего низким коэффициентом трения, значение пусковой мощности будет значительно снижено. При достижении установившегося режима (при котором жидкость и корпус можно рассматривать как единое целое) этой мощностью можно пренебречь.

Дополнительным положительным эффектом является снижение весогабаритных показателей ЖВН КМ по сравнению с конструкциями ЖВН КЗ и ЖВН РНО.

Мощность $N_{р.к.}$ равна

$$N_{р.к.} = Q_ж \cdot H_т \cdot \left(1 - \eta_к \cdot k_\eta\right) \cdot \rho_ж / 1000 \quad (5)$$

где $Q_ж$ – расход жидкости через рабочее колесо насоса, м³/с;

$H_т$ – теоретический напор, создаваемый рабочим колесом вакуум-насоса м;

k_η – поправочный коэффициент, зависящий от критерия Рейнольдса;

$\rho_ж$ – плотность жидкости кг/м³.

Определим мощность $N_{бл}$, затрачиваемую на преодоление гидравлического трения в безлопаточном пространстве:

$$N_{бл} = \frac{M \cdot \omega}{1000}, \quad (6)$$

где M – момент силы трения, Нм;

ω – угловая скорость, рад/с.

Для нахождения момента сил трения жидкости М в безлопаточном пространстве ЖВН КМ принято рассматривать течение жидкости в рабочей полости эквивалентно движению в открытом криволинейном канале прямоугольного сечения. В этом случае смачиваемый периметр такого канала равен 2h+b (b – ширина рабочего колеса). Высоту безлопаточного пространства h определим по формуле (рис. 2):

$$h = e\left(1 - \cos(\varphi)\right) - l_k, \quad (7)$$

где e – эксцентриситет, м;

φ – угол поворота рабочего колеса град;

l_k – высота лопаток корпуса, м.

Определим момент силы трения жидкости М, действующий на всей протяженности безлопаточного пространства, считая, что сила сопротивления приложена относительно оси рабочего колеса с плечом, равным $r_2 + h/2$:

$$M = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} P\left(r_2 + h/2\right) d\varphi, \quad (8)$$

где r_2 – радиус лопаток рабочего колеса, м.

Сила сопротивления Р, действующая по всей ширине поперечного сечения безлопаточного пространства, определяется по формуле

$$P = \rho_{ж} \cdot u_2 \cdot k_{v\varphi} \cdot \left(r_2 \cdot h + h^2/2\right) \cdot b \cdot \overline{\lambda_т} / \left(8 R_г\right), \quad (9)$$

где u_2 – окружная скорость на периферии лопаток рабочего колеса, м/с;

$k_{v\varphi}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность поля скоростей в безлопаточном пространстве $k_{v\varphi} = \frac{v_{ср\varphi}}{u_2}$;

$R_г = h \cdot b / \left(2h + b\right)$ – гидравлический радиус, м.

Закон изменения скорости $v_{срф}$ жидкости в безлопаточном пространстве определяется по методике, указанной в работе [16] с помощью результатов численного эксперимента. Подробное описание принятых допущений и формулировка граничных условий приведено в работе [16]. Геометрические размеры модели для численного эксперимента соответствовали экспериментальному образцу ЖВН, разработанному на кафедре «Механика и инженерная графика» Тамбовского государственного технического университете: радиус лопаток рабочего колеса – r_2=45,0 мм, радиус внутренней поверхности жидкостного кольца – $r_{22\varphi}$=31 мм, подвижная граница лопаток корпуса – $R_к$=46,0 мм, эксцентриситет – e=7,0 мм, число лопаток рабочего колеса – z_1=6, толщина лопаток рабочего колеса – s=2,0 мм. В качестве модельной жидкости использовался глицерин. Моделирование проводилось во всем диапазоне изменения давления всасывания p=5 –101 кПа, при угловой скорости рабочего колеса – ω=298,3 рад/с.

Подвижными границами для рабочей полости ЖВН КМ являются (рис. 2,а):

Г₁– подвижная граница лопаток корпуса;

Г₂– подвижная граница лопаток рабочего колеса. При численном моделировании потока жидкости лопаточное пространство корпуса не используется, так как с достаточной степенью точности можно принять скорость в этом пространстве равной скорости лопаток корпуса. Результаты численного эксперимента представлены на рис. 2, б.

Коэффициент гидравлического трения для турбулентного режима течения определим формуле Альтшуля [16]

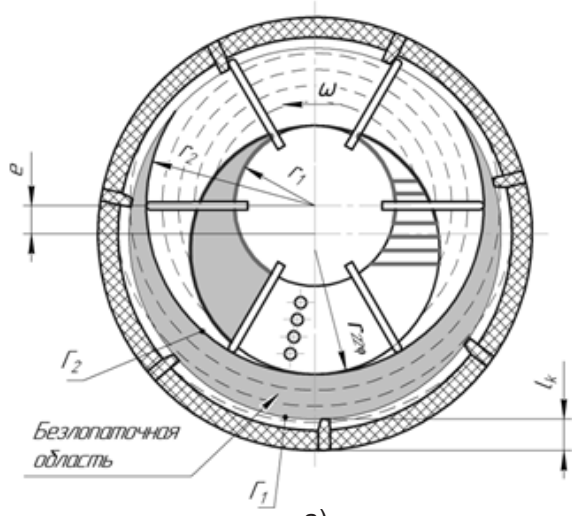
$$\lambda_т = 0{,}11\left[k_э / \left(4 \cdot R_г\right) + 68/\mathrm{Re}\right]^{0{,}25}. \quad (10)$$

Следует заметить, что для расчета используют среднее арифметическое значение $\bar{\lambda}_{\text{г}}$.

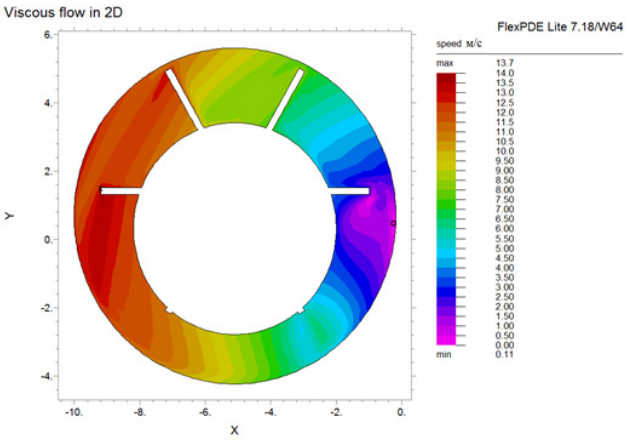
Число Рейнольдса

$$\mathrm{Re} = 4 \cdot v_{\text{ср}\varphi} \cdot R_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{ж}} / \mu_{\text{ж}} , \qquad (11)$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.



а)



б)

а) обозначение подвижных границ безлопаточного пространства; б) закон распределение абсолютной скорости жидкости в рабочей полости ЖВН КМ второго типоразмерного ряда малой быстроты действия (табл.1)

a) designation of movable boundaries of the bladeless space; b) the law of the distribution of the absolute velocity of the liquid in the working cavity of the liqiud ring pump combined of the second standard-size series of low speed of action (Table 1)

Рис. 2 – Численное моделирование движения вращающейся жидкости в безлопаточном пространстве

(Numerical simulation of the movement of a rotating fluid in a bladeless space)

На рисунках 3 и 4 для сравнения представлены зависимости силы сопротивления и момента сил трения от угла поворота рабочего колеса в конструкциях ЖВН НК и ЖВН КМ (значения силы сопротивления и момента сил трения приведены к безразмерному виду). Как показали теоретические расчеты, конструкция ЖВН КМ в сравнении с конструкций ЖВН НК характеризуется меньшими затратами (до 30 %) на преодоление сил трения жидкости в безлопаточном пространстве, что положительно влияет на КПД вакуумного насоса.

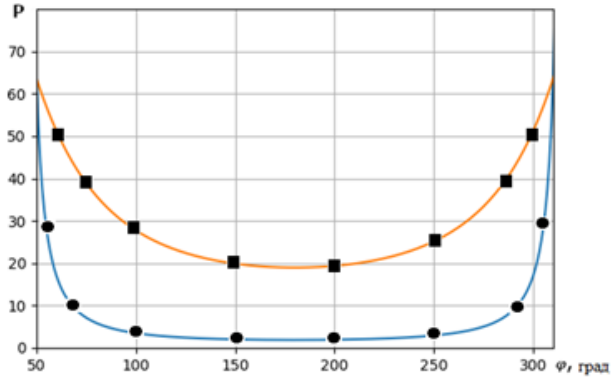


Рис. 3 – Теоретическая зависимость силы сопротивления жидкости в безлопаточном пространстве насоса от угла поворота рабочего колеса:

■ – ЖВН НК;● – ЖВН КМ

(Theoretical dependence of the fluid resistance force in the bladeless space

(Theoretical dependence of the fluid resistance force in the bladeless space of the pump on the angle of rotation of the impeller:

■ – Fixed Casing liquid Ring Vacuum Pump;

● – Liqiud ring pump combined)

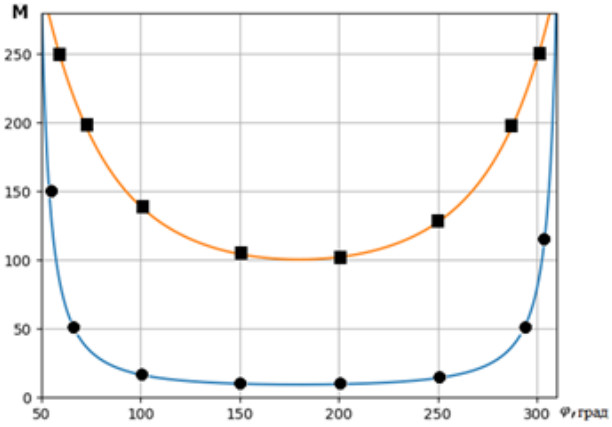


Рис.4 – Теоретическая зависимость момента сил трения жидкости в безлопаточном пространстве насоса от угла поворота рабочего колеса:

■– ЖВН НК;●– ЖВН КМ

(Theoretical phenomena of a strong dependence of the liquid on the vaneless concentration of the pump on the rotation of the impellers:

■ – Fixed Casing liquid Ring Vacuum Pump;

● – Liqiud ring pump combined)

Мощность, затрачиваемая на сжатие парогазовой смеси в комбинированной конструкции ЖВН КМ, определяется как

$$N_{\text{сж}} = pS \frac{m-1}{m} \cdot \left(\tau^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right) \alpha , \qquad (12)$$

где S – быстрота действия ЖВН КМ, м³/ч

p – давление всасывания Па,

т – внутренняя степень сжатия ;

m –показатель политропы, α = 1,0-1,5 – коэффициент, учитывающий обратное расширение газовой фазы.

Использование системы регулирования проходного сечения нагнетательного окна в конструкции ЖВН КМ позволяет: на начальных режимах работы вакуум-насоса исключить пересжатие газовой фазы и перетекание газовой фазы из области нагнетания в область всасывания; на предельных режимах работы насоса – обеспечить вытеснение газовой фазы из рабочей полости и исключить эффект «запирания» вакуумного насоса. В совокупности обеспечивается наиболее экономичный режим работы ЖВН КМ (по сравнению с режимом работы конструкций ЖВН КМ, ЖВН РНО) с точки зрения затрат мощности на сжатие газовой фазы, что подтверждается теоретическим расчетом (рис. 5).

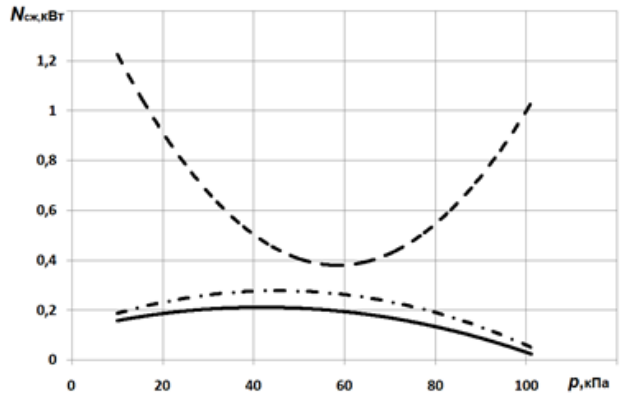


Рис. 5 – Теоретическая зависимость мощности сжатия от создаваемого вакуума:
− − −ЖВН НК; −·− ЖВН РНО; − ЖВН КМ
(Theoretical dependence of the compression power on the created vacuum:
− − − Fixed Casing liquid Ring Vacuum Pump;
−·− Liquid-ring pump with automatic control of through section of delivery port; − Liqiud ring pump combined)

По результатам теоретических расчетов затрачиваемая мощность на сжатие газовой фазы в ЖВН КМ может быть снижена до10-15 % по сравнению с конструкций ЖВН РНО и на 20-25 % по сравнению с конструкций ЖВН НК.

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения в сальниках и подшипниках $N_{тр}$:

$$N_{тр} = \frac{P' \cdot f \cdot v_{ц}}{60}, \quad (13)$$

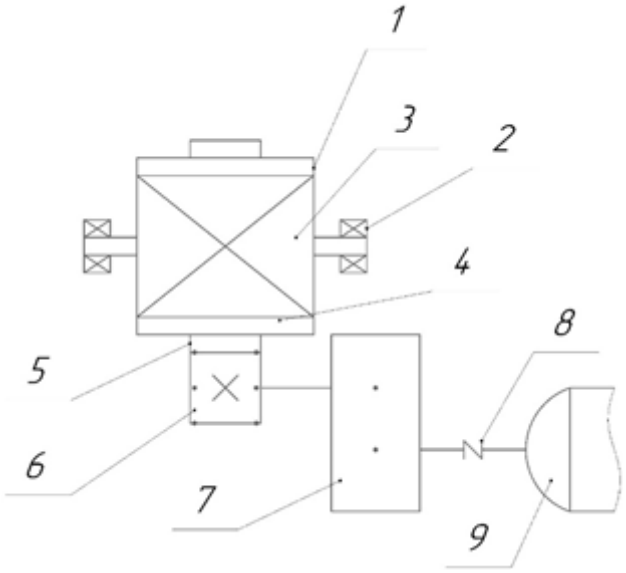
где P' – общая нагрузка на подшипник, Н

f – приведенный коэффициент трения в подшипнике, отнесенный к диаметру цапфы;

$v_{ц}$ – окружная скорость цапфы,м/с

Мощность кинематического замыкания $N_{к.з.}$ можно определить (в первом приближении) аналогично мощности потерь в цилиндрической зубчатой паре эвольвентного профиля.

Для ЖВН КМ больших мощностей и особо больших значений быстроты действия вращение (табл. 1) рабочий процесс реализуется посредством вращения за корпус с помощью зубчатого венца прямозубой цилиндрической передачи и мультипликатора (рис. 6). Мощность привода $N_{пр}$ рассчитывается по стандартным методикам проектирования механических передач.



1 – корпус, 2 – подшипниковые опоры, 3 – лопатки рабочего колеса, 4 – лопатки корпуса, 5 – зубчатое колесо, 6 – шестерня, 7– мультипликатор, 8 – муфта, 9 – асинхронный электродвигатель
(1 - housing, 2 - bearing supports, 3 - impeller blades, 4 - housing blades, 5 - gear wheel, 6 - gear, 7 - multiplier, 8 - coupling, 9 - asynchronous electric motor)

Рис. 6 – Схема привода ЖВН КМ особо большой быстроты действия
(Scheme of the drive liqiud ring pump combined of especially high speed of action)

Проанализируем действительную быстроту действия с учетом новых конструктивных особенностей ЖВН КМ:

$$S_{д} = S_{т} \cdot \lambda_{3}, \quad (14)$$

Теоретическая быстрота действия

$$S_{т} = \pi\left(r_{22\varphi}^{2} - r_{1}^{2}\right) \cdot b \cdot \psi \cdot n, \quad (15)$$

где $r_{22\varphi}^{2}$ – радиус внутренней поверхности вращающейся жидкости,М

ψ – коэффициент, учитывающий влияние толщины лопаток;

n– частота вращения рабочего колеса, мин$^{-1}$

Коэффициент подачи $\lambda_{п}$ определяется по формуле:

$$\lambda_{п} = 1 - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 \quad (16)$$

где λ_1, λ_2, λ_3 – коэффициенты потерь действительной быстроты действия.

Коэффициентом λ_1 учитываются потери действительной быстроты действия в результате течения объема газа из стороны нагнетания на сторону всасывания (потери быстроты действия в этом случае составляют до 15-20 %). В предложенной конструкции ЖВН КМ в связи с переменным значением степени сжатия $\tau = \mathrm{var}$ в первоначальный момент вакуумирования плавно выравнивается давление в ячейке сжатия и окне нагнетания, что обеспечивает устранение указанного вредного эффекта и, следовательно, $\lambda_1 = 0$.

В традиционных конструкциях ЖВН при вращении жидкостного кольца часть объема газовой фазы перетекает через торцевые зазоры (между рабочим колесом и боковыми крышками), что влияет на уменьшение действительной быстроты действия ЖВН (потери быстроты действия в этом случае составляют до 30 %). Эти потери учитываются коэффициентом λ_2. Для устранения этого эффекта в конструкции ЖВН КМ осуществлена подача дополнительной рабочей жидкости в область всасывания, и, следовательно, с достаточной степенью точности можно принять $\lambda_2 \approx 0$.

Во процессе работы ЖВН между жидкостью и газовой фазой происходят процессы тепло- и массообмена, в результате чего капли жидкости испаряются в полезную часть объема рабочих ячеек, что ведет к уменьшению действительной быстроты действия. Эти потери быстроты действия характеризуются коэффициентом λ_3. Нагрев жидкости происходит в связи с трением жидкости о стенки неподвижного корпуса и в результате теплообмена с откачиваемым газом. Уменьшение коэффициента потерь λ_3 в ЖВН КМ осуществляется путем контроля температуры рабочей жидкости посредством системы слежения 7 (рис. 1) и подачей необходимого количества дополнительной рабочей жидкости для выравнивания теплового баланса. В итоге значение минимизируется. Тогда:

$$S_{д} = S_{т} \cdot \lambda_3, \quad (17)$$

Новые конструктивные изменения и введение системы мониторинга теплового баланса в ЖВН КМ позволяют практически исключить потери, характеризуемые коэффициентами λ_2 и λ_3, что в конечном счете улучшит показатели быстроты действия, предположительно на 15-20 %.

Заключение

Проведенные исследования показали, что в сравнении с существующими конструкциями ЖВН, разработанная конструкция ЖВН КМ характеризуется сниженными показателями затрат мощности на рабочий процесс, улучшенными показателями быстроты действия и, как следствие, увеличенным КПД (до 75-80 %).

Использование ЖВН в качестве самостоятельных откачных средств, а также устройств для создания разрежения в технологических линиях и установках АПК неуклонно возрастает [17-19], поэтому разработан широкий типоразмерный ряд ЖВН КМ.

Учитывая современные особенности процессов переработки сельскохозяйственной продукции (обеспечение безопасности конечного продукта, автоматизация процесса, экономия электроэнергии, универсальность использования откачных средств и пр.) в ближайшей перспективе необходимо сосредоточить фундаментальные и прикладные исследования для разработки новых конструктивных принципов, увеличивающих эффективность работы ЖВН. Это позволит создавать новые конструкции ЖВН, обладающие высокими эксплуатационно-техническими показателями и универсальностью использования с точки зрения достигаемой глубины вакуума и быстроты действия.

Работа выполнена в рамках гранта Фонда содействия инновациям «Разработка жидкостно-кольцевых вакуумных насосов для технологических процессов агропромышленного комплекса» договор №4128ГС1/68641от 19.07.2021.

Список литературы

1. Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 2. – С. 82-85. – DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37009115_74555337.pdf.

2. Инновационные конструкции и технологии сушки плодоовощной продукции / Э. С. Иванова, Ю. В. Родионов, О. А. Зорина [и др.] // Наука в центральной России. – 2021. – № 1(49). – С. 43-53. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-1-43-53. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44745975_67639443.pdf.

3. Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, А. В. Кобелев [и др.] // Инновационная техника и технология. – 2017. – № 1(10). – С. 9-15. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28906754_56587197.pdf.

4. Использование и применение водокольцевых насосов для доильных установок / Ю. Э. Альбрехт, А. В. Степанов, А. Е. Шонов, У. К. Сабиев // Развитие научно-инновационного потенциала России и направления его повышения : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Уфа, 12 мая 2018 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2018. – С. 4-7. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34892573.

5. Наумов, В. А. Технические параметры вакуумных рыбонасосных установок на базе водокольцевых компрессорных машин / В. А. Наумов, А. А. Землянов // 63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского государственного технического университета, Астрахань, 22–26 апреля 2019 года. – Астрахань: Астраханский государственный

технический университет, 2019. – С. 228. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39190802.

6. Кожевников, Ю. А. Ультразвуковая очистка деталей вакуумных водокольцевых насосов для доильных установок / Ю. А. Кожевников, Д. А. Кремнев, Б. Т. Федотов // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 4(17). – С. 34-37. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22864156_27618997.pdf.

7. Наумов, В. А. Характеристики водокольцевых компрессорных машин вакуумных рыбонасосных установок / В. А. Наумов, Н. Л. Великанов // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 94-98. – DOI 10.37663/0131-6184-2021-1-94-98. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44687056.

8. Karlsen-Davies, N.D. & Aggidis, George. (2016). Regenerative liquid ring pumps review and advances on design and performance. Applied Energy. 164. 815-825. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.041. – URL: https://www.researchgate.net/publication/288700979_Regenerative_liquid_ring_pumps_review_and_advances_on_design_and_performance.

9. Zhang, R. Experimental study on gas-liquid transient flow in liquid-ring vacuum pump and its hydraulic excitation / R. Zhang, G. Guo // Vacuum. – 2020. – Vol. 171. – P. 109025. – DOI 10.1016/j.vacuum.2019.109025. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42240648.

10. Influence of Heat and Mass Exchange in a Liquid Ring Vacuum Pump on Its Working Characteristics / V. Osipov, S. Telyakov, R. M. Latyipov, D. Bugembe // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2019. – Vol. 92. – No 4. – P. 1055-1063. – DOI 10.1007/s10891-019-02020-7. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41698569.

11. Experimental study on the flow and heat transfer behavior of polymer solutions in the closed liquid ring vacuum pump system / Y. Zhang, J. Li, J. Kang, F. Zhou // Applied Thermal Engineering. – 2021. – Vol. 199. – P. 117525. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2021.117525. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47048286.

12. Jiang, L. Internal flow field in ejector of liquid-ring pump and its matching characteristic with liquid-ring pump / L. Jiang, R. Zhang, X. Chen // Huazhong Keji Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban). – 2021. – Vol. 49. – No 4. – P. 8-13. – DOI 10.13245/j.hust.210402. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46771098.

13. Регулирование размеров проходного сечения нагнетательного окна / К. Ю. Скопинцев, Р. С. Горюшин, А. В. Дьяченко, А. И. Скоморохова // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 93. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44642356_14723794.pdf.

14. Шелковый, И. Н. Исследование водокольцевого вакуумного насоса с вращающимся корпусом / И. Н. Шелковый, А. И. Удовкин, Р. В. Копица // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1-1. – С. 172-175. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17105957_27445962.pdf.

15. Герасимова, О. А. Экспериментальное исследование энергосберегающего привода водокольцевого вакуумного насоса / О. А. Герасимова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7(129). – С. 129-134. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25717634_43409097.pdf.

16. Родионов, Ю. В. Совершенствование теоретических методов расчета и обоснование параметров и режимов жидкостнокольцевых вакуумных насосов с учетом особенностей технологических процессов в АПК : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Родионов Юрий Викторович. – Тамбов, 2013. – 434 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22337256.

17. Совершенствование конструктивных элементов и процесса вакуумного пневмотранспортирования / Г. В. Рыбин, Ю. Ю. Родионов, Д. А. Матвеев [и др.] // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 165. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44642428_52691171.pdf

18. Гуськов, А. А. Перспективные технологии переработки побочной продукции растениеводства / А. А. Гуськов, Г. В. Рыбин // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – № 3S. – С. 71-74. – DOI 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-71-74. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46631888_56272714.pdf.

19. Великанов, Н. Л. Перекачивание жидкости с использованием водокольцевого вакуумного насоса / Н. Л. Великанов, В. А. Наумов, С. И. Корягин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – № 8(725). – С. 51-59. – DOI 10.18698/0536-1044-2020-8-51-59. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43911668.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The work was carried out within the framework of the grant of the Innovation Promotion Fund "Development of liquid-ring vacuum pumps for technological processes of the agro-industrial complex" contract No. 4128GS1/68641ot 07/19/2021

References

1. Tekhnologicheskaya liniya po proizvodstvu ekstraktov iz rastitel'nogo syr'ya / A. A. Gus'kov, YU. V. Rodionov, S. A. Anohin [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2019. – № 2. – S. 82-85. – DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37009115_74555337.pdf.

2. Innovacionnye konstrukcii i tekhnologii sushki plodoovoshchnoj produkcii / E. S. Ivanova, YU. V. Rodionov, O. A. Zorina [i dr.] // Nauka v central'noj Rossii. – 2021. – № 1(49). – S. 43-53. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-1-43-53.URL: ttps://www.elibrary.ru/download/elibrary_44745975_67639443.pdf.

3. Povyshenie effektivnosti mekhanizacii transportirovaniya suhih sypuchih rastitel'nyh materialov / YU. V. Rodionov, V. P. Kapustin, A. V. Kobelev [i dr.] // Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya. – 2017. – № 1(10). – S. 9-15. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28906754_56587197.pdf.

4. Ispol'zovanie i primenenie vodokol'cevyh nasosov dlya doil'nyh ustanovok / YU. E. Al'brekht, A. V. Stepanov, A. E. SHonov, U. K. Sabiev // Razvitie nauchno-innovacionnogo potenciala Rossii i napravleniya ego povysheniya : sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ufa, 12 maya 2018 goda. – Ufa: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij", 2018. – S. 4-7. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34892573.

5. Naumov, V. A. Tekhnicheskie parametry vakuumnyh rybonasosnyh ustanovok na baze vodokol'cevyh kompressornyh mashin / V. A. Naumov, A.A. Zemlyanov // 63-ya mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennaya 25-letiyu Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Astrahan', 22–26 aprelya 2019 goda. – Astrahan': Astrahanskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2019. – S. 228. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39190802.

6. Kozhevnikov, YU. A. Ul'trazvukovaya ochistka detalej vakuumnyh vodokol'cevyh nasosov dlya doil'nyh ustanovok / YU. A. Kozhevnikov, D. A. Kremnev, B. T. Fedotov // Vestnik VIESKH. – 2014. – № 4(17). – S. 34-37. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22864156_27618997.pdf.

7. Naumov, V. A. Harakteristiki vodokol'cevyh kompressornyh mashin vakuumnyh rybonasosnyh ustanovok / V. A. Naumov, N. L. Velikanov // Rybnoe hozyajstvo. – 2021. – № 1. – S. 94-98. – DOI 10.37663/0131-6184-2021-1-94-98. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44687056.

8. Karlsen-Davies, N.D. & Aggidis, George. (2016). Regenerative liquid ring pumps review and advances on design and performance. Applied Energy. 164. 815-825. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.041. – URL: https://www.researchgate.net/publication/288700979_Regenerative_liquid_ring_pumps_review_and_advances_on_design_and_performance.

9. Zhang, R. Experimental study on gas-liquid transient flow in liquid-ring vacuum pump and its hydraulic excitation / R. Zhang, G. Guo // Vacuum. – 2020. – Vol. 171. – P. 109025. – DOI 10.1016/j.vacuum.2019.109025. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42240648.

10. Influence of Heat and Mass Exchange in a Liquid Ring Vacuum Pump on Its Working Characteristics / V. Osipov, S. Telyakov, R. M. Latyipov, D. Bugembe // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2019. – Vol. 92. – No 4. – P. 1055-1063. – DOI 10.1007/s10891-019-02020-7. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41698569.

11. Experimental study on the flow and heat transfer behavior of polymer solutions in the closed liquid ring vacuum pump system / Y. Zhang, J. Li, J. Kang, F. Zhou // Applied Thermal Engineering. – 2021. – Vol. 199. – P. 117525. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2021.117525. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47048286.

12. Jiang, L. Internal flow field in ejector of liquid-ring pump and its matching characteristic with liquid-ring pump / L. Jiang, R. Zhang, X. Chen // Huazhong Keji Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban). – 2021. – Vol. 49. – No 4. – P. 8-13. – DOI 10.13245/j.hust.210402. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46771098.

13. Regulirovanie razmerov prohodnogo secheniya nagnetatel'nogo okna / K. YU. Skopincev, R. S. Goryushin, A. V. D'yachenko, A. I. Skomorohova // Nauka i Obrazovanie. – 2020. – T. 3. – № 4. – S. 93. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44642356_14723794.pdf.

14. SHelkovyj, I. N. Issledovanie vodokol'cevogo vakuumnogo nasosa s vrashchayushchimsya korpusom / I. N. SHelkovyj, A. I. Udovkin, R. V. Kopica // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 1-1. – S. 172-175. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17105957_27445962.pdf.

15. Gerasimova, O. A. Eksperimental'noe issledovanie energosberegayushchego privoda vodokol'cevogo vakuumnogo nasosa / O. A. Gerasimova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 7(129). – S. 129-134. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25717634_43409097.pdf.

16. Rodionov, YU. V. Sovershenstvovanie teoreticheskih metodov rascheta i obosnovanie parametrov i rezhimov zhidkostnokol'cevyh vakuumnyh nasosov s uchetom osobennostej tekhnologicheskih processov v APK : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskih nauk / Rodionov YUrij Viktorovich. – Tambov, 2013. – 434 s. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22337256.

17. Sovershenstvovanie konstruktivnyh elementov i processa vakuumnogo pnevmotransportirovaniya / G. V. Rybin, YU. YU. Rodionov, D. A. Matveev [i dr.] // Nauka i Obrazovanie. – 2020. – T. 3. – № 4. – S. 165. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44642428_52691171.pdf

18. Gus'kov, A. A. Perspektivnye tekhnologii pererabotki pobochnoj produkcii rastenievodstva / A. A. Gus'kov, G. V. Rybin // Pishchevye sistemy. – 2021. – T. 4. – № 3S. – S. 71-74. – DOI 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-71-74. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46631888_56272714.pdf.

19. Velikanov, N. L. Perekachivanie zhidkosti s ispol'zovaniem vodokol'cevogo vakuumnogo nasosa / N. L. Velikanov, V. A. Naumov, S. I. Koryagin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie. – 2020. – № 8(725). – S. 51-59. – DOI 10.18698/0536-1044-2020-8-51-59. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43911668.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Родионов Юрий Викторович, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Механика и инженерная графика», Тамбовский государственный технический университет, профессор кафедры «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства», Мичуринский государственный аграрный университет, rodionow.u.w@rambler.ru*

Никитин Дмитрий Вячеславович, к*анд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Тамбовский государственный технический университет, доцент кафедры «Инженерных дисциплин» Мичуринский государственный аграрный университет, vacuum2008@yandex.ru*

Зорин Александр Сергеевич, *канд. техн. наук, генеральный директор ООО «ТЕХЛАЙН», zorin619@bk.ru*

Рыбин Григорий Вячеславович, *студент, Тамбовский государственный технический университет, enot1237@gmail.com*

Information about the authors

Rodionov Yuri V., Dr. Sci.*, Professor, Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, Professor of the Department of Production, Storage and Processing of Crop Products, Michurinsk State Agrarian University, rodionow.u.w@rambler.ru*

NikitinN Dmitry V., *Cand. tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, Associate Professor of the Department of Engineering Disciplines, Michurinsk State Agrarian University, vacuum2008@yandex.ru*

Zorin Alexander S., *Cand. tech. Sci., General Director of TECHLINE LLC, zorin619@bk.ru*

Rybin Grigory V., *student, Tambov State Technical University, enot1237@gmail.com*

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования01.06.2022; принята к публикации10.06.2022.

The article was submitted 28.03.2022; approved after reviewing 28.03.2022; accepted for publication 28.03.2022.

Вестник РГАТУ,2022, т14, №2, с 177-182
Vestnik RGATU,2022,Vol.14, №2, pp 177 -182

Научная статья
УДК 614.841.332:624.012.35:338.436.33
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.021

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АПК

Анатолий Петрович Савельев[1] ✉, Сергей Викторович Глотов[2], Ирина Александровна Никифорова[3], Анжелика Николаевна Глуханкина[4]

[1,2,3,4] Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева
[1]tbsap52@mail.ru
[2]zaosv2005@mail.ru
[3]irintamonikif@mail.ru
[4]malishkina.a@yandex.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Целью исследований является теоретическое обоснование влияния агрессивной среды и температуры окружающей среды на огнестойкость железобетонных конструкций в АПК.*
Методология. *Теоретические исследования были проведены в ФГБОУ Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, а экспериментально-хозяйственная часть – на базе сельскохозяйственных предприятий ряда районов Республики Мордовия, в которых эксплуатируются коровники из железобетонных строительных конструкций.*
Результаты. *Во время эксплуатации коровников его основные несущие конструкции из сборного железобетона находятся под постоянным воздействием агрессивной среды. При проведении научных исследований особое внимание уделялось изучению влияния на техническое состояние железобетонных строительных конструкций газообразной агрессивной среды. Установлено, что основными составляющими газообразной агрессивной среды являются следующие газы: углекислый газ, сернистый ангидрид, сероводород, а также газообразные окислы азота. Показан механизм разрушительного воздействия каждого из вышеперечисленных агрессивных газов на техническое состояние несущих железобетонных конструкций. Несущие железобетонные строительные конструкции неотапливаемых коровников во время их эксплуатации подвергаются ежегодному многократному знакопеременному изменению температуры окружающей среды (до 70 циклов в год), что существенно ускоряет ход разрушительных процессов, которые протекают в данных конструкциях от воздействия агрессивной газообразной среды. Кроме того, установлено, что эксплуатируемые коровники располагают существенной пожарной массой, которой, при её сгорании, достаточно для достижения критических температур на обогреваемых поверхностях их железобетонных конструкций. При подобных обстоятельствах происходит существенное снижение огнестойкости как отдельных железобетонных несущих конструкций, так и коровников в целом.*
Заключение. *При определении фактического предела огнестойкости основных несущих железобетонных конструкций коровников, построенных по тому или иному типовому проекту, необходимо учитывать влияние агрессивной газообразной среды, а также влияние многократных ежегодных знакопеременных температур окружающей среды. Падение огнестойкости исследуемых железобетонных строительных конструкций начинает иметь существенные значения при сроке эксплуатации коровников свыше 15 лет.*

Ключевые слова: *коровники из сборного железобетона, агрессивная газообразная среда, знакопеременные температуры окружающей среды, пожарная масса, огнестойкость, срок эксплуатации.*
Для цитирования: *Савельев А. П., Глотов С.В. Никифорова И.А., Глуханкина А.Н. Влияние агрессивной среды и температуры окружающей среды на огнестойкость железобетонных конструкций в АПК// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, N 2. С. 177- 182 https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.54.2.021*

Original article

THE INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENT AND AMBIENT TEMPERATURE ON THE FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Anatoly P. Savelyev,[1] ✉ Sergei V. Glotov[2], Irina A. Nikiforova[3], Angelika N. Glukhankina[4]

© Савельев А. П., Глотов С.В. Никифорова И.А., Глуханкина А.Н. 2022 г.

[1,2,3,4] N.P. Ogarev Mordovian State University

[1]tbsap52@mail.ru
[2]zaosv2005@mail.ru
[3]irintamonikif@mail.ru
[4]malishkina.a@yandex.ru

Abstract.
Problem and purpose. *The purpose of the research is the theoretical substantiation of the influence of aggressive environment and ambient temperature on the fire resistance of reinforced concrete structures in the agro-industrial complex.*
Metods. *Theoretical studies were conducted at the Ogarev Mordovian State University, and the experimental and economic part was carried out on the basis of agricultural enterprises in a number of districts of the Republic of Mordovia, in which cowsheds made of reinforced concrete building structures are operated.*
Results. *During the operation of the cowsheds, its main load-bearing structures made of precast reinforced concrete are under the constant influence of an aggressive environment. During scientific research, special attention was paid to the study of the influence of gaseous aggressive environment on the technical condition of reinforced concrete building structures. It has been established that the main components of a gaseous aggressive medium are the following gases, namely: carbon dioxide, sulfur dioxide, hydrogen sulfide, as well as gaseous nitrogen oxides. The mechanism of the destructive effect of each of the above aggressive gases on the technical condition of load-bearing reinforced concrete structures is shown. Load-bearing reinforced concrete building structures of unheated cowsheds during their operation are subjected to annual multiple alternating changes in ambient temperature (up to 70 cycles per year), which significantly accelerates the course of destructive processes that occur in these structures from the effects of agre*
Conclusion. *When determining the actual fire resistance limit of the main load-bearing reinforced concrete structures of cowsheds built according to a particular standard project, it is necessary to take into account the influence of an aggressive gaseous medium, as well as the influence of multiple annual alternating ambient temperatures. The drop in fire resistance of the studied reinforced concrete building structures begins to have significant significance with the service life of cowsheds over 15 years.*
Key words: *cowsheds made of precast reinforced concrete, manufactured according to standard designs, aggressive gaseous environment, alternating ambient temperatures, fire mass, fire resistance, service life.*
For citation: *Savelyev A. P., Glotov S.V., Nikiforova I.A., Glukhankina A.N. the influence of aggressive environment and ambient temperature on the fire resistance of reinforced concrete structures in the agro-industrial complex. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev.2022; 14(2)P. 177 -182 (in Russ.). https//doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.021*

Введение

Применение в России железобетонных конструкций при строительстве зданий и сооружений имеет непродолжительную историю. Массовое применение железобетонных конструкций при строительстве объектов недвижимости в Российской Федерации началось во второй половине двадцатого столетия.

В агропромышленном секторе применение железобетонных конструкций получило наиболее широкое распространение при строительстве коровников, свинарников, птичников, хранилищ сельскохозяйственной продукции, а также зданий ремонтных мастерских.

Наиболее широкое применение железобетонных конструкций при строительстве объектов сельскохозяйственного назначения происходило в период с 1970 по 1990 годы. За данный период практически в каждом предприятии агропромышленного комплекса Российской Федерации были построены коровники, свинарники, хранилища и т.д. из сборных железобетонных конструкций. Как правило, подобные сооружения состояли из следующих железобетонных конструкций: полурама, облицовочные стеновые панели, ребристые плиты покрытия.

В настоящее время данные сельскохозяйственные сооружения продолжают интенсивно эксплуатироваться. Таким образом, с момента ввода в эксплуатацию по настоящее время вышеперечисленные объекты сельскохозяйственного назначения эксплуатируются на протяжении 30-50 лет.

Характерной особенностью объектов недвижимости сельскохозяйственного назначения, предназначенных для содержания животных и птицы, является отсутствие систем отопления.

В течение календарного года, а именно в переходные периоды (осень-зима, зима-весна) на большей территории Российской Федерации температура окружающей среды многократно преодолевает отметку в 0º С, как в сторону отрицательных температур, так и в сторону положительных температур [1]. Подобные изменения температуры приводят к изменению агрегатного состояния воды, находящейся в необогреваемых слоях железобетонных строительных конструкций объектов недвижимости сельскохозяйственного назначения. Как правило, данные процессы вызывают существенные изменения монолитной структуры бетона железобетонных строительных конструкции, которые проявляются в виде появления трещин с тенденцией постоянного увеличения

их размеров. Данный процесс относится к одному из проявлений воздействия агрессивной среды, как минимум, на несущую способность железобетонных конструкций и определяет их морозостойкость.

Как показывает практика, кроме проявлений морозостойкости, на несущую способность железобетонных строительных конструкций вышеупомянутых сельскохозяйственных сооружений оказывают существенное влияние и агрессивные среды, которые являются продуктом жизнедеятельности животных, содержащихся в данных сооружениях.

Материалы и методы исследования

В статье исследуются железобетонные конструкции в виде полурам, облицовочных стеновых панелей, ребристых плит перекрытия, которые составляют основу животноводческих помещений.

При исследовании использовано визуальное наблюдение за состоянием железобетонных конструкций, а также инструментальный контроль их технического состояния. Влияние агрессивной среды и температуры окружающей среды исследовано путём сравнительного анализа и синтеза, сопоставления и абстрагирования.

Необходимость учёта воздействия агрессивных сред на техническое состояние зданий и сооружений сельскохозяйственного назначения нашла своё отражение в соответсвующих отраслевых нормах [2].

Согласно содержанию, сельскохозяйственные здания и сооружения в зависимости от их назначения могут быть отапливаемыми и неотапливаемыми.

Для отапливаемых зданий агрессивная среда определяется относительной влажностью воздуха и группой газов; для неотапливаемых, кроме этого, – климатическими условиями района строительства.

В настоящей статье рассматриваются вопросы влияния агрессивных сред и морозостойкости на огнестойкость [6-14] железобетонных конструкций типовых неотапливаемых коровников на 200 голов боксового содержания с удалением навоза скреперными установками, расположенных на территории Республики Мордовия [5]. По состоянию на 01.01.2022 года в Республике Мордовия в коровниках капитального типа содержится поголовье порядка 165 тыс. животных крупного рогатого скота. При этом более половины указанного поголовья содержится в коровниках, построенных из сборного железобетона.

Проблема обеспечения пожарной безопасности, в том числе с точки зрения выбора строительных конструкций, обеспечивающих устойчивость здания в условиях теплового воздействия пожара, продолжает являться актуальной как для отечественных, так и для зарубежных специалистов [14-21].

Специфика развития пожара практически в любом замкнутом пространстве показывает, что наибольшее тепловое воздействие от процессов горения и тления пожарной массы приходится на такие железобетонные строительные конструкции, как балки, фермы, прогоны, плиты покрытий и перекрытий.

Результаты исследований и их обсуждение

Глубокий анализ нормативной документации позволяет сделать вывод о том, что основные несущие железобетонные строительные конструкции неотапливаемых зданий и сооружений, расположенных на территории Республики Мордовия и предназначенных для содержания крупного рогатого скота, эксплуатируются в условиях газовой среды средней степени агрессивного воздействия, а также в условиях воздействия знакопеременных температур. При этом в Республике Мордовия среднее за год число дней с переходом температуры воздуха через 0º С составляет 70.

Указанные условия эксплуатации данных зданий и сооружений являются причиной возникновения деструктивных процессов, которые происходят с их железобетонными строительными конструкциями.

Проявлением данных процессов является коррозия материалов.

В частности, широко известно, что коррозия бетона в агрессивной газовой среде, как правило, происходит под воздействием агрессивных газов, относящимся к следующим группам:

– углекислый газ, фтористый водород и другие газы, которые при взаимодействии с гидроксидом кальция цементного камня образуют практически нерастворимые соли, – относятся к первой группе газов;

– сернистый и серный ангидрит, сероводород, которые при взаимодействии с гидроксидом кальция цементного камня образуют растворимые соли-кристаллогидраты, – относятся к второй группе газов;

– оксиды азота, аммиак и другие газы, которые при растворении в воде образуют сильные кислоты, взаимодействующие с гидроксидом кальция и образующие хорошо растворимые гигроскопические соли кальция, – относятся к третьей группе газов.

Многолетние обследования состояния железобетонных конструкций сельскохозяйственных зданий Республики Мордовия, эксплуатируемых в агрессивной среде, показали, что в защитном слое бетона имеются глубокие трещины, что достаточно часто является причиной оголения стальной арматуры.

Основное проявление огнестойкости железобетонных конструкций состоит в их способности сопротивляться воздействию высоких температур, которые образуются при сгорании пожарной массы объекта защиты.

Пожарную массу эксплуатируемого типового коровника из сборного железобетона образуют горючие остатки дневного рациона кормления содержащихся животных, а также оборудованные места для лёжки коров. Как правило, подобные места представляют собой дощатый настил, выполненный поверх бетонного пола, а также солома, используемая как непосредственная подстилка для лёжки животных.

По требованиям пожарной безопасности в по-

мещении коровника не должно находиться кормов свыше нормы дневного рациона. Суточная норма потребления сена составляет от 3 до 4 кг на 100 кг веса коровы, что составляет ориентировочно 10-12 кг на одну корову.

Подобного количества сена вполне достаточно для активного распространения пламени по помещению коровника, а также для воспламенения и активного горения иной пожарной нагрузки, находящейся в коровнике.

По имеющимся сведениям удельная пожарная нагрузка в помещении типового коровника составляет порядка 500-550 МДж/м².

Проведённые исследования подтвердили предпосылки того, что в коровниках содержится пожарная нагрузка, позволяющая при её сгорании обеспечить нагрев несущих железобетонных конструкций до критических температур.

Поскольку указанные конструкции ослаблены воздействием агрессивной газовой среды, то необходимо огнестойкость несущих железобетонных конструкций типовых коровников определять с учётом соответсвующих понижающих огнестойкость коэффициентов. Определение количественных значений указанных коэффициентов представляет собой научную проблему.

Заключение

Основные несущие железобетонные строительные конструкции неотапливаемых зданий и сооружений, расположенных на территории Республики Мордовия и предназначенных для содержания крупного рогатого скота, эксплуатируются в условиях газовой среды средней степени агрессивного воздействия, а также в условиях воздействия знакопеременных температур. При этом в Республике Мордовия среднее за год число дней с переходом температуры воздуха через 0º С составляет 70.

В этих условиях необходимо огнестойкость указанных железобетонных конструкций типовых коровников определять с учётом соответсвующих понижающих огнестойкость коэффициентов. Определение количественных значений указанных коэффициентов представляет собой научную проблему.

Решение данной научной проблемы требует разработки особой экспериментальной установки, позволяющей проводить ускоренные испытания несущих железобетонных конструкций в натуральную величину на огнестойкость в условиях воздействия газообразной агрессивной среды, а также ежегодных многократных знакопеременных изменений температуры окружающей среды.

Список источников

1. СП 131.13330.2018 Свод правил. Строительная климатология, СНиП 23-01-99*; - Москва: Стандартинформ, 2019. - 37 с. - Текст: непосредственный.

2. Основные строительные нормы. Проектирование комплексной защиты железобетонных конструкций производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений от воздействия агрессивных сред; - Москва: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2003. - 47 с. - Текст: непосредственный.

3. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.; - Москва: Стандартинформ, 2012. - 57 с. - Текст: непосредственный.

4. Методическое пособие. Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций.; - Москва, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2017. - 64 с.

5. Типовой проект коровника на 200 коров боксового содержания с удалением навоза скреперными устройствами. 801-2-17.; - Москва, 2012. - 57 с.

6. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

7. Свод правил СП 2.13130. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

8. Свод правил СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.

9. СП 468.1325800.2019. Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности.

10. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.

11. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.

12. ГОСТ Р 53309-2009. Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования.

13. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости (к СНиП II-2-80)/ЦНИИСК им. Кучеренко.- М.: Стройиздат, 1985. - 56с.

14. Ройтман В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. — М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и науки»., 2001. — С 382.

15. Ройтман В.М., Серков Б.Б., Шевкуненко Ю.Г., Сивенков А.Б., Баринова Е.Л., Приступюк Д.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Академия ГПС МЧС России, 2013.

16. Rutstein, R. (1979): The estimation of fire hazard in different occupancies, Fire Surveyor. Vol.8. No 2. pp. 21-25.

17. Roytman V. M., Pasman H. J., Lukashevich I. E. The Concept of Evaluation of Building Resistance against Combined Hazardous Effects “Impact-Explosion-Fire” after Aircraft Crash // Fire and Explosion Hazards: Proceedings of the Fourth International Seminar. — NI, UK, Londonderry, 2003. —P.283–293.

18. Huang, Z., Burgess, I.W., Plank, R.J. Behaviour of Reinforced Concrete Structures in Fire // Structures in Fire Workshop, Aveiro, Portugal. 2006. pp. 561-572.

19. McNamee R.J., Bostrom L. Fire Spalling in Concrete – The Moisture Effect, Part II. Matec Web Conferences, September 2013.
20. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition. — SFPE, NFPA, 2002. – 1604 p.
21. NIST Special Publication 1018: Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, *Volume 1: Mathematical Model. - National Institute of Standards and Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, 2013 – 149 p.*

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. SP 131.13330.2018 Svod pravil. Stroitel'naya klimatologiya, SNiP 23-01-99; - Moskva: Standartinform, 2019. - 37 c. - Tekst: neposredstvennyj.*
2. Osnovnye stroitel'nye normy. Proektirovanie kompleksnoj zashchity zhelezobetonnyh konstrukcij proizvodstvennyh sel'skohozyajstvennyh zdanij i sooruzhenij ot vozdejstviya agressivnyh sred; - Moskva: Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, 2003. - 47 c. - Tekst: neposredstvennyj.
3. SP 28.13330.2012. Zashchita stroitel'nyh konstrukcij ot korrozii. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.03.11-85.; - Moskva: Standartinform, 2012. - 57 c. - Tekst: neposredstvennyj.
4. Metodicheskoe posobie. Posobie po proektirovaniyu zashchity ot korrozii betonnyh i zhelezobetonnyh stroitel'nyh konstrukcij.; - Moskva, Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, 2017. - 64 s.
5. Tipovoj proekt korovnika na 200 korov boksovogo soderzhaniya s udaleniem navoza skrepernymi ustrojstvami. 801-2-17.; - Moskva, 2012. - 57 c.
6. Federal'nyj zakon ot 22 iyulya 2008 g. N 123-FZ. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti.
7. Svod pravil SP 2.13130. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Obespechenie ognestojkosti ob"ektov zashchity.
8. Svod pravil SP 4.13130.2013. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob"ektah zashchity. Trebovaniya k ob"emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam.
9. SP 468.1325800.2019. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Pravila obespecheniya ognestojkosti i ognesohrannosti.
10. GOST 30247.0-94. Konstrukcii stroitel'nye. Metody ispytanij na ognestojkost'. Obshchie trebovaniya.
11. GOST 30247.1-94. Konstrukcii stroitel'nye. Metody ispytanij na ognestojkost'. Nesushchie i ograzhdayushchie konstrukcii.
12. GOST R 53309-2009. Zdaniya i fragmenty zdanij. Metod naturnyh ognevyh ispytanij. Obshchie trebovaniya.
13. Posobie po opredeleniyu predelov ognestojkosti konstrukcij, predelov rasprostraneniya ognya po konstrukciyam i grupp vozgoraemosti (k SNiP II-2-80)/CNIISK im. Kucherenko.- M.: Strojizdat, 1985. - 56s.
14. Rojtman V. M. Inzhenernye resheniya po ocenke ognestojkosti proektiruemyh i rekonstruiruemyh zdanij. — M.: Associaciya «Pozharnaya bezopasnost' i nauki»., 2001. — S 382.
15. Rojtman V.M., Serkov B.B., SHevkunenko YU.G., Sivenkov A.B., Barinova E.L., Pristupyuk D.N. Zdaniya, sooruzheniya i ih ustojchivost' pri pozhare. Akademiya GPS MCHS Rossii, 2013.
16. Rutstein, R. (1979): The estimation of fire hazard in different occupancies, Fire Surveyor. Vol.8. No 2. pp. 21-25.
17. Roytman V. M., Pasman N. J., Lukashevich I. E. The Concept of Evaluation of Building Resistance against Combined Hazardous Effects "Impact-Explosion-Fire" after Aircraft Crash // Fire and Explosion Hazards: Proceedings of the Fourth International Seminar. — NI, UK, Londonderry, 2003. —P.283–293.
18. Huang, Z., Burgess, I.W., Plank, R.J. Behaviour of Reinforced Concrete Structures in Fire // Structures in Fire Workshop, Aveiro, Portugal. 2006. pp. 561-572.
19. McNamee R.J., Bostrom L. Fire Spalling in Concrete – The Moisture Effect, Part II. Matec Web Conferences, September 2013.
20. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition. — SFPE, NFPA, 2002. – 1604 p.
21. NIST Special Publication 1018: Sixth Edition. Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model. - National Institute of Standards and Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, 2013 – 149 p.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Савельев Анатолий Петрович, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, tbsap52@mail.ru*

Глотов Сергей Викторович, *д-р. техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, zaosv2005@mail.ru*

Никифорова Ирина Александровна, *канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, irintamonikif@mail.ru*

Глуханкина Анжелика Николаевна, *магистр, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, malishkina.a@yandex.ru*

Information about the authors

Savelyev Anatoly P., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Life Safety, N.P. Ogarev Mordovian State University, tbsap52@mail.ru*

Glotov Sergey V., *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, N.P. Ogarev Mordovian State University, zaosv2005@mail.ru*

Nikiforova Irina A., *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety, N.P. Ogarev Mordovian State University, irintamonikif@mail.ru*

Glukhankina Angelika N., *Master's degree, N.P. Ogarev Mordovian State University, malishkina.a@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 18.05.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted18.05.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №2, с. 183- 192
Vestnik RGATU, 2022, Vol. 14, №2, pp 183-192

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.7.024
DOI: 10.36508/RSATU.2022.54.2.022

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ И МОЙКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА АГРЕГАТОВ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Иван Васильевич Фадеев[1] ✉, Екатерина Ивановна Степанова [2], Владимир Петрович Воронов[3] Светлана Дмитриевна Полищук[4]

[1]Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия
[2,3,4]Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

[1]ivan-fadeev-2012@mail.ru
[2]stepanowastepanowa@yandex.ru
[3]vp_voronov@bk.ru
[4] svpolishuk@mail.ru

Аннотация.
Проблема и цель. *Цель исследования: изучить и проанализировать способы очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники, выявить их преимущества и недостатки, определить наиболее эффективные способы очистки и мойки для удаления конкретных видов загрязнений с поверхностей деталей.*
Методология. *Одним из основных факторов, определяющих уровень качества ремонта агрегатов автотракторной техники, является очистка и мойка поверхностей деталей. Методика исследования этой зависимости в работе основана на сборе информации, изучении, анализе и переработке априорной информации по способам очистки и мойки деталей в зависимости от видов загрязнений поверхностей деталей.*
Результаты. *Одним из наиболее применяемых в ремонтном производстве способов мойки деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники является мойка с использованием струи высокого давления, к которой можно отнести очистку с использованием косточковой крошки, пескоструйную очистку, гидродинамическую (водоструйную), гидроабразивную. Для очистки деталей от накипи, нагара, продуктов коррозии эффективнее применение механического, химического, термохимического, комбинированного методов, возможно использование гидропескоструйной очистки или с применением металлического песка. Детали из алюминиевых сплавов лучше очищаются от накипи при обработке их растворами фосфорной и молочной кислот. Для удаления почвенных и дорожных загрязнений, асфальто-смолистых, масляно-грязевых загрязнений и старых лакокрасочных покрытий (ЛКП) рекомендуется использовать пароводоструйный способ очистки.*
Заключение. *Эффективность мойки определяется способом и средствами мойки, температурой моющей композиции, ее физико-химической активностью и способом активации. Повышение температуры раствора и давления его распыления на поверхность детали способствуют сокращению продолжительности мойки. Очистку деталей в зависимости от степени стойкости загрязнения необходимо выполнять или химическим, или механическим, или термохимическим, или комбинированным методами. Мойка деталей в процессе ремонта агрегатов в основном осуществляется тремя способами: с использованием струи жидкости высокого давления, в моечных камерах, погружением в ванну (наиболее предпочтительный способ), где возможна интенсификация моющего раствора.*

Ключевые слова: *автотракторная техника, технологические процессы ремонта, загрязнения, мойка деталей, способы мойки, тип моечной установки.*

Для цитирования: *Фадеев И.В., Степанова Е.И., Воронов В.П., Полищук С.Д. Анализ способов очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14 №2. С183- 192 https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.022*

© Фадеев И.В., Степанова Е.И., Воронов В.П., Полищук С. Д., 2022 г.

Original article

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CLEANING AND WASHING OF AFFECTED PARTS IN THE PROCESS OF REPAIRING UNITS OF AUTOMOTIVE AND TRACTOR EQUIPMENT

Ivan V. Fadeev[1] ✉, Ekaterina I. Stepanova[2], Vladimir P. Voronov[3], Svetlana D. Polishchuk[4]

[1]Chuvash State Pedagogical University Named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia
[2,3,4]Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

[1]ivan-fadeev-2012@mail.ru
[2]stepanowastepanowa@yandex.ru.
[3]vp_voronov@bk.ru
[4] svpolishuk@mail.ru

Abstract.
Problem and purpose. *In order to achieve the set goals, the research and the solution of the questions raised were devoted to the study and analysis of details in the process of repairing units of automotive equipment, their advantages and results were identified, according to the results of which research and washing from specific types of pollution with the release of particles are most important.*
Methods. *One of the main factors determining the level of quality of repair of automotive equipment units is the cleaning and washing of the surfaces of parts. The methodology for studying this dependence in the work is based on the collection of information, the study, analysis and processing of a priori information on the methods of cleaning and washing parts, depending on the types of contamination of the surfaces of the parts.*
Results. *One of the most commonly used in the repair production of washing parts during the operation of automotive equipment units is washing using a high-pressure jet, which includes cleaning using bone chips, sandblasting repair cleaning, hydrodynamic (water jet), hydroabrasive. To clean parts from scale, carbon deposits, products, effective use of mechanical, chemical, thermochemical, combined methods is obtained, it is possible to use hydrosandblast cleaning or using metal sand. Parts made of aluminum alloys are better cleaned of scale when treated with solutions of phosphoric and lactic acids. To remove soil and road pollution, asphalt-resin, oil-mud pollution and old paint and varnish coatings, it is recommended to use a steam-water jet cleaning method.*
Conclusion. *The effectiveness of washing is determined by the method and means of washing, the temperature of the washing composition, its physical and chemical activity and the method of activation. An increase in the temperature of the solution and the pressure of its spraying on the surface of the part help to reduce the duration of washing. Cleaning of parts, depending on the degree of contamination with persistent contamination, must be carried out either by chemical, or mechanical, or thermochemical, or combined methods. Washing of parts during the repair of units is mainly carried out in three ways: using a high-pressure liquid jet, in washing chambers, immersion in a bath (the most preferred method), where the intensification of the washing solution is possible.*

Key words: *autotractor equipment, technological processes of repair, pollution, washing of parts, washing methods, type of washing installation.*

For citation: *Fadeev I. V., Stepanova E .I., Voronov V. P., Polishchuk S.D. Analysis of environmental cleaning and washing of affected parts in the process of repairing units of automotive and tractor equipment. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(2). P 183- 192 (in Russ.).*

https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.54.2.022

Введение

Зависимость качества ремонта, производительности труда, межремонтного ресурса, санитарно-гигиенических условий труда в ремонтном производстве сельскохозяйственных и автотранспортных предприятий от эффективности процессов очистки и мойки деталей агрегатов подтверждается во многих литературных источниках [1, 2, 3], поэтому очистные и моечные работы занимают важное место в технологических процессах ремонта и обслуживания автотракторной техники. Эта зависимость особенно остро проявляется при выполнении восстановительных работ на поверхностях деталей [1]. Очистка и мойка деталей необходимы, потому что определение состояния рабочих поверхностей деталей, их точных размеров, обнаружение скрытых неисправностей и дефектов при наличии на поверхности деталей загрязнений невозможно, поэтому качественные очистка и мойка деталей от различных загрязнений перед дефектовкой – обязательные процедуры в процессе ремонта [2]. Доля трудоемкости очистных и моечных работ в общей трудоемкости капитального ремонта автотракторной техники составляет около 5 % [4].

Руководствуясь вышеизложенным, можно утверждать, что исследования, приведенные в настоящей работе актуальны и востребованы.

Цель исследования: изучить и проанализировать способы очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники, выявить их преимущества и недостатки, определить наиболее эффективные способы

очистки и мойки для удаления конкретных видов загрязнений с поверхностей деталей.

Объектом исследования в данной работе является технологический процесс очистки и мойки деталей от различных загрязнений в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники, а предметом исследования – способы очистки и мойки, их преимущества и недостатки, виды загрязнений поверхностей деталей.

Научной новизной работы является то, что в ней впервые сделана попытка определения наиболее эффективных способов очистки и мойки для удаления конкретных видов загрязнений с поверхностей деталей.

Практическая значимость работы заключается в том, что по результатам исследования выработаны рекомендации по выбору наиболее эффективных способов очистки и мойки для удаления конкретных видов загрязнений с поверхностей деталей.

Материалы и методы исследования

Методика исследований основана на сборе информации, изучении, анализе и переработке априорной информации.

Необходимость выполнения очистки и мойки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов и узлов автотракторной техники подтверждена в ряде работ [5, 6, 7].

Из источника [1] следует, что «очистка – это процесс удаления загрязнений с поверхности изделий химическим, физико-химическим, тепловым и механическим воздействием до определенного уровня ее чистоты. Мойка – это совокупность физико-химических процессов, приводящих к очистке поверхностей твердых тел от различного рода загрязнений. Процессы очистки и мойки в основном заключаются в удалении различных видов загрязнений соскабливанием с использованием ручного и механизированного инструмента и воздействием струи».

Из анализа априорной информации следует, что существуют разные классификации загрязнений [2]:

– по их химическому составу:

– органические (масла, нагары, пленки лакокрасочных материалов и т.п.);

– неорганические (пыль, влага, продукты коррозии деталей и т.п.);

– смешанные (совместное присутствие указанных выше веществ, а также притирочных паст, полировочных составов и т.п.).

– по характеру процессов, происходящих в загрязнении:

– загрязнения, отложения которых не сопровождаются химическими превращениями самих загрязнений (все перечисленные выше загрязнения, за исключением нагаров, лакокрасочных материалов (ЛКМ) и продуктов коррозии);

– загрязнения, отложения которых сопровождается химическими превращениями самих загрязнений (нагары, осадки, лаковые отложения, накипь, продукты коррозии деталей и ЛКМ) [2].

Осадки – это мазеобразные сгустки или смолистые отложения.

Лаковые отложения – это отложения, которые образуются на поверхностях деталей, работающих в условиях температур от 80 до 150º С [1].

Нагар – это отложения из твердых углеродистых веществ, которые образуются на поверхностях деталей, работающих в условиях температур свыше 150º С [1].

Накипь – это отложения из твердых веществ, которые образуются на поверхностях деталей в результате выпадения из жесткой воды различных солей [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Исследовательская часть данной работы содержит сбор, анализ и обработку информации по способам очистки и мойки деталей в зависимости от видов загрязнения поверхности деталей.

Очистку поверхности деталей от загрязнений соскабливанием можно выполнить ручным и механизированным методами [8].

При ручной очистке используются различные металлические щетки, скребки или механизированные инструменты. Этот метод применяется при отсутствии возможности применения оборудования.

Механизированный инструмент при очистке поверхностей деталей применяется с учетом сложности формы очищаемой детали.

Для удаления загрязнений широко используются способы, основанные на воздействии струи на загрязнения. К таким способам можно отнести очистку косточковой крошкой, пескоструйную, гидроабразивную и гидродинамическую (водоструйную) очистку [9].

Очистку косточковой крошкой используют для удаления лаковых отложений, нагара и накипи, для этого применяют пескоструйные аппараты.

При пескоструйной обработке поверхности деталей обрабатываются потоком сжатого воздуха, содержащим песок или абразивный порошок. а при гидроабразивной очистке – струёй жидкости, содержащей абразивные частицы [10].

Водоструйная очистка применяется для очистки деталей, загрязненных маслянисто-грязевыми отложениями [11].

При применении перечисленных способов фактором, определяющим эффективность очистки, является сила удара струи, которая отрывает частицы загрязнений от поверхности.

Для удаления с поверхности деталей накипи, нагара, продуктов коррозии и других, которые характеризуются как стойкие загрязнения, могут использоваться механический, химический, термохимический и комбинированный способы [12].

Механический способ является высокопроизводительным способом удаления нагара. Для этого используется твердая очистная среда, в качестве которой могут быть выбраны металлическая дробь, косточковая или пластмассовая крошка, гранулы сухого льда, стеклянные шарики и т.д. [13]. При механическом способе возможны повреждения поверхностей деталей (царапины, риски), что является недостатком этого способа [14].

Химический способ очистки поверхностей от стойких загрязнений предусматривает использование растворов с содержанием щелочи высокой концентрации [15]. Детали выдерживают в таком растворе, нагретом до температуры 363-368 К, в течение 3-4 ч, в результате чего нагар размягчается и легко очищается простой металлической щеткой. Затем детали можно ополоснуть в растворе с низкой концентрацией щелочи [16].

Алюминиевые детали и детали из его сплавов очищают в растворах, не содержащих каустическую соду. Накипь с поверхностей таких деталей удаляется с применением растворов молочной кислоты и фосфорной кислоты [17]. Недостатком этого способа является то, что необходимо, во-первых, нейтрализовать остатки кислот на деталях, во-вторых, вводить в моющий раствор ингибиторы коррозии, в-третьих, обеспечивать безопасные условия труда при применении различных кислот [1].

Термохимический способ удаления стойких загрязнений основан на использовании расплавов солей (65 % – NaOH; 30 % – Na NO_3; 5 % – NaCl), нагретых до температуры 673 ± 20 К [18].

Для удаления накипи с внутренних поверхностей элементов системы охлаждения ДВС используются щелочные растворы, нагретые до температуры 333-353 К, которые прокачиваются под давлением 0,01-0,02 МПа. Накипь при этом разрыхляется и легко смывается обычной водой [19, 20].

Для очистки деталей от нагара также применяется гидропескоструйный способ и способ с использованием металлического песка; недостатком этих способов является вероятность повреждения очищаемой поверхности [21].

Дорожные, почвенные, асфальто-смолистые, масляно-грязевые загрязнения, а также отслоившиеся ЛКП достаточно эффективно удаляются пароводоструйным способом очистки с применением или без применения в зависимости от степени загрязнения синтетических моющих средств [22].

Детали ДВС в процессе его ремонта могут быть очищены ледно-кавитационной струей. Технология этого способа усовершенствована сотрудниками Рязанского ГАТУ и создана экспериментальная установка для получения ледно-кавитационной струи [1].

Продукты коррозии с поверхностей деталей можно удалить механической, химической и абразивно-жидкостной обработкой [23].

Механический способ очистки реализуется с использованием металлической щетки или металлического песка в струе сжатого воздуха, и, в основном, применяется для очистки массивных деталей. Химический способ – протравливанием пораженных коррозией участков поверхностей деталей растворами серной, фосфорной, соляной и других кислот [24].

Удаление остатков старых ЛКП осуществляется специальным инструментом, щелочными растворами (чаще раствором едкого натра при температуре 358 К), смывками и растворителями. После завершения обработки деталей в щелочном растворе они промываются в нагретой до температуры 323-333 К воде и нейтрализуются в растворе ортофосфорной кислоты 10 %-й концентрации, что обеспечивает формирование пленки фосфатов, защищающей очищаемую поверхность от коррозии в межоперационный период хранения детали [25].

Иногда смоченная смывкой поверхность детали очищается от старого ЛКП с помощью скребков, затем протирается смоченной в уайт-спирите или растворе СМС ветошью [24].

Выбор схемы технологического процесса мойки деталей на предприятиях агропромышленного и транспортного комплексов обосновывается наличием моечного оборудования, производственных площадей и производственной программой предприятия (рис. 1) [25].

«Эффективность и экономичность мойки деталей зависит от типа установок (рис. 2). Выбор типа моечных установок обуславливается маркой автотракторной техники, имеющейся в хозяйстве, а также наличием источника тепла для подогрева моющей жидкости» [1], габаритными размерами деталей и т.д.

При мойке в струйных моечных установках загрязнения поверхностей деталей орошаются струями моющего раствора под высоким давлением из сопел душевого устройства. Установки с выдвижной платформой предназначены для мойки крупногабаритных агрегатов. В таких установках форсунки, через которые подается моющий раствор под давлением, находятся в движении. Этим обеспечивается требуемое качество мойки деталей.

Установка с откидной крышкой имеет простую конструкцию в сравнении с другими установками. Детали загружаются во вращающуюся вокруг своей оси корзину и на них под высоким давлением из форсунок подается моющий раствор.

Тоннельные струйные моечные установки имеют высокую производительность, представляют собой конвейер, где деталь поэтапно проходит мойку. Такие установки востребованы на масштабных, полностью автоматизированных производствах.

В погружных струйных моечных установках на погруженную деталь, вращающуюся вокруг своей оси, направляются струи моющего раствора из множества форсунок, погруженных в раствор.

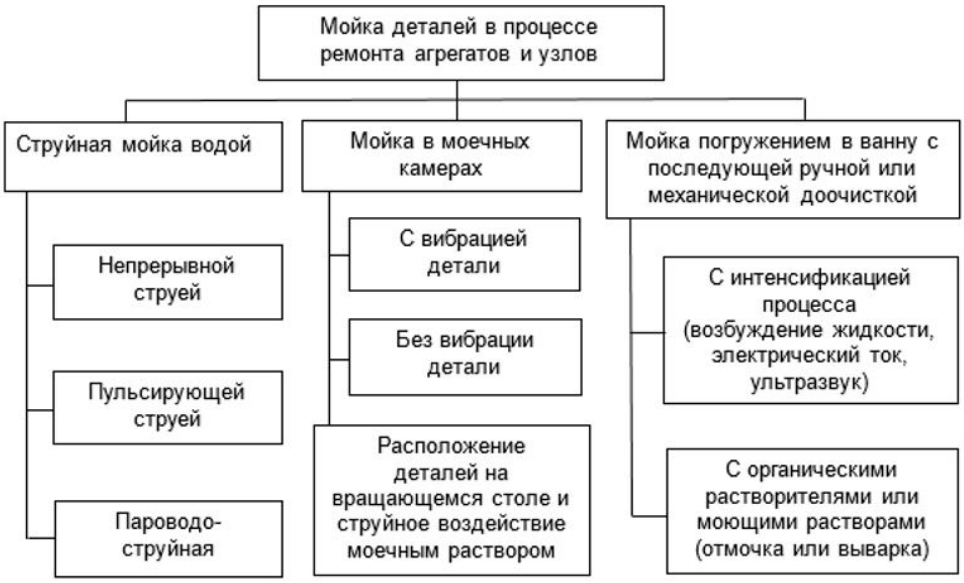


Рис. 1 – Классификация мойки деталей
в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники
(Classification of washing parts
in the process of repairing units of automotive and tractor equipment)

Рис. 2 – Классификация установок для мойки деталей
в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники
(Classification of installations for washing parts
in the process of repairing units of automotive and tractor equipment)

Надежность струйных моек обеспечивается использованием в них центробежных насосов, которые отличаются от плунжерных моделей долговечностью. Струйные моечные машины также включают в себя встроенную систему фильтрации, которая позволяет обеспечить замкнутый цикл при мойке деталей и более высокую экономичность.

Достоинствами струйных моечных установок являются высокая надежность, которая обеспечивается долговечностью центробежных насосов, применяемых в них, наличием системы фильтрации и повторным использованием моющего раствора за счет этого, повышающим экономичность; приспособленность к мойке любых по форме и размерам деталей, в т.ч. и деталей, имеющих плоскую форму и большую площадь; простая технология и принцип работы; возможность автоматизации процесса мойки и оснащения элементами ультразвуковой мойки.

К их недостаткам можно отнести то, что они не могут быть использованы для мойки деталей из цветных металлов растворами СМС; не обеспечивают очистку глухих отверстий и деталей сложной конфигурации; плохо очищают поверхности от трудноудаляемых загрязнений (нагар, накипь, продукты коррозии); имеют большую продолжительность мойки, следовательно, большой расход моющей жидкости и др. [25].

Моечные камеры можно подразделить на два типа: механизированные моечные машины и малогабаритные струйно-мониторные установки [26].

Механизированные моечные машины бывают одно- и двухкамерные. Они могут быть использованы для удаления трудноудаляемых загрязнений растворами щелочей или СМС различной концентрации при дополнительной очистке пропариванием. Концентрацию растворов подбирают в зависимости от вида и степени загрязнений.

Установки второго типа в основном применяют в мастерских с небольшой производственной программой для мойки некрупных партий деталей. Они укомплектованы пистолетом со сменными насадками для изменения давления от 2 до 10 МПа и формы струи, которая направляется на очищаемую деталь.

Конструкция погружной машины включает емкость, которая оснащена платформой, предназначенной для подъема и опускания деталей, загруженных в специальную корзину, во время мойки. Перемещение деталей во время мойки обновляет моющий раствор, омывающий деталь, что повышает эффективность мойки. Длина и частота хода платформы регулируются. При необходимости многостадийной мойки деталей эти машины могут быть объединены в линию.

Основой для мойки деталей погружением в ванну является смачивание и растворение загрязнений растворами СМС, щелочными растворами, органическими растворителями, их смесями с эмульгаторами.

Выварочные ванны имеют ряд недостатков, в основном связанных со слабой циркуляцией моющей жидкости. Для усиления циркуляции жидкости применяют различные способы: пропускание через моющий раствор пара или сжатого воздуха, ультразвук, лопастные винты, колебание платформы с деталями в растворе и др. Однако все эти способы имеют свои преимущества и недостатки. Наиболее эффективным является способ «качающейся платформы».

Возможность использования моющих растворов большого диапазона концентраций является преимуществом моечных ванн [20].

«Погружная моечная машина производит мойку детали от загрязнений в погруженном или полупогруженном положении. Удаление загрязнений в такой машине может происходить либо за счет движения самой детали в моющем растворе, либо за счет подводных струй, которые создаются специальными форсунками с помощью встроенного в мойку насоса. Погружные моечные машины могут быть двух типов: гидрокинетические; моечные платформы.

В гидрокинетических погружных машинах деталь или несколько деталей помещаются в закрытую корзину, где на нее со всех сторон воздействует моющий раствор. Кроме того, погруженная деталь в гидрокинетической машине может очищаться под воздействием ультразвука (УЗ) и барботажа пузырьков, образованных за счет воздуха высокого давления, который подается по трубкам снизу корзины. Для мойки хрупких деталей в гидрокинетических погружных мойках предусмотрены специальные фиксаторы, которые не позволяют детали перемещаться в корзине. Дополнительно такие мойки могут быть оборудованы системой сушки детали. Процесс сушки может осуществляться несколькими способами: инфракрасным; вакуумным; потоками горячего воздуха.

Второй тип погружных моечных машин имеет несколько иной принцип работы: деталь в ручном или механическом режиме устанавливается на платформу, которая погружает деталь в моющий раствор. Процесс отмывки детали также может происходить несколькими способами: покачивание платформы в чистящем растворе; УЗ- чистка; барботаж; воздействие на погруженную деталь подводных струй.

Погружные моечные машины также могут иметь существенные различия в зависимости от модели и производителя. Так, например, итальянские машины Novatec имеют систему вакуумной сушки, причем воздух для нее нагревается во время мойки детали. Такая система позволила значительно повысить энергоэффективность оборудования и увеличить качество мойки и сушки.

А турецкая машина KSP имеет встроенную систему фильтрации жидкости по замкнутому циклу, благодаря которой машина не производит никаких загрязнений [1].

Мойка деталей с использованием ультразвука (УЗ) относится к одним из высокоэффективных и производительных способов мойки [1]. Такая мойка выполняется погружением деталей в моющий раствор, основана на явлении кавитации, эффективна для отмывания резьбовых соединений, внутренних поверхностей глухих отверстий, поверхностей от ржавчин, нагара, накипи и прочих

загрязнений [1].

К преимуществам УЗ мойки можно отнести: возможность ее применения для удаления почти всех видов загрязнений с деталей самой сложной формы, применять в других моечных ваннах; высокую производительность, малые шум и габариты и др., а к недостаткам – высокую испаряемость моющего раствора, сложность выбора и установки режимов мойки, необходимость установки вытяжного зонта над ванной и др.

Для повышения эффективности мойки используется электрический разряд в моющем растворе (электрогидравлическая мойка), формирующий мощную ударную волну, которая распространяется по всему объему моющего раствора. Волна воздействует на загрязнения поверхности деталей, разрушая адгезионно-когезионные связи загрязнения. Образующийся одновременно гидродинамический поток смывает загрязнение с детали. Такая мойка эффективна для мойки мелких деталей с отложениями нагара и накипи. Повышение температуры раствора до 348-358 К улучшает эффективность очистки деталей.

При виброабразивной мойке детали загружаются в специальный контейнер, который в моющей среде совершает колебательное движение. Происходит совместное воздействие на загрязнение физико-химических свойств раствора и силы инерции массы самих загрязнений от изменения направления движения при вибрации, которая зависит от частоты и амплитуды колебаний.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что эффективность мойки определяется способом и средствами мойки, температурой моющей композиции, ее физико-химической активностью и способом активации. Повышение температуры раствора и давления при распылении на поверхность детали способствуют сокращению продолжительности мойки.

Очистку деталей в зависимости от степени загрязнения стойкими загрязнениями необходимо выполнять или химическим, или механическим, или термохимическим, или комбинированным методами.

Мойка деталей в процессе ремонта агрегатов и узлов в основном осуществляется тремя способами: с использованием струи жидкости высокого давления, в моечных камерах, погружением в ванну, где возможно использование различных способов интенсификации моющего раствора. Мойка деталей узлов и агрегатов с погружением в ванну и с возбуждением растворов моющих средств различными методами для интенсивного взаимодействия моющего раствора с обмываемой поверхностью является наиболее эффективным способом мойки.

Самыми перспективными и используемыми из имеющихся в настоящее время технологий очистки и мойки являются технологии с применением струи воды высокого давления. Повышение эффективности очистки изделий технологией струйной очистки осуществляется увеличением кинетической энергии струи при повышении давления жидкости или подачей в струю абразивного материала.

Список источников

1. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. …доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.

2. Митрохина, Е.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дисс. …канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. – Рязань, 2021. – 128 с.

3. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216с.

4. Черноиванов, В. И. Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.

5. Фадеев, И.В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 54–56.

6. Тельнов, А.Ф. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация [Текст] / А. Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, И.А. Тулаев. – М.: «Машиностроение», 1993. – 202 с.

7. Малышев, А.В. Контроль загрязнений в современных системах машин / Малышев А.В. // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 3. – С. 49–52.

8. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17–20.

9. Тойгамбаев, С.К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки. – 2016. – № 3 (88). – С. 217–221.

10. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей [Текст] / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

11. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – №2. – С. 86-90.

12. Лебединский, К.В. Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеводородсодержащих производственных загрязнений / К.В. Лебединский, Н.Е. Курносов // Экологические проблемы современности. Пенза. – 2011. – С. 61 – 65.

13. Фадеев, И.В Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидоборатных соединений на автомобильном

транспорте / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – № 4. – С. 13 – 16.

14. Грилихес, С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов / С.Я. Грилихес; под ред. П.М. Вячеславова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 101 с.

15. Тельнов, Н.Ф. О механизме накипеобразования. Доклады МИИСП / Н.Ф. Тельнов, В.П. Мороз, Н.А. Очковский. – М.: Изд-во МИИСП. – 1971.

16. Тельнов, Н.Ф. Предупреждение отложений накипи и снижение коррозии в системе охлаждения дизелей / Н.Ф. Тельнов, Е.Ф. Тебенихин, В.П. Мороз, Н.А. Очковский. // Тракторы и сельхозмашины, 1969. – №7.

17. Козлов, Ю.С. Допустимая загрязненность поверхности деталей / Ю.С. Козлов // Автомобильный транспорт. – 1974. – № 11. – С. 33 – 35.

18. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидоборатных соединений на автомобильном транспорте / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – №.4 – С. 15-17.

19. Гольдштейн, Я.Е. Повышение долговечности тракторных двигателей / Я.Е. Гольдштейн, Н.Я. Горбульский. – М.: Машгиз, 1961. – 200 с.

20. Быков, В.В. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 358-363.

21. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н.В. Бышов, С.Д. Полищук, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 2. – С. 257-262.

22. Бышов, Н.В. К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. – С. 23-29.

23. Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

24. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии для растворов синтетических технологических средств / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2019. – С. 411-417.

25. Быков, В.В. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А. Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 249-255.

26. Бышов, Н.В. Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В. Алексеев, И.В. Фадеев, // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 1. – С. 249-255.

Вклад авторов:
Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Fadeyev, I.V. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa moyki pri remonte avtomobiley v sel'skom khozyaystve: diss. …doktor tekhn. nauk: 05.20.03 / Fadeyev Ivan Vasil'yevich. – Ryazan', 2019. – 395 s.

2. Mitrokhina, Ye.V. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa moyki detaley pri remonte tekhniki v sel'skom khozyaystve: dis. …kand. tekh. nauk : 05.20.03 / Mitrokhina Yekaterina Vladimirovna. – Ryazan', 2021. – 128 s.

3. Kozlov, YU.S. Ochistka avtomobiley pri remonte / YU.S. Kozlov. – M.: Transport, 1975. – 216 s.

4. Chernoivanov, V.V. I. Ochistka i moyka mashin i oborudovaniya [Tekst] / V.I. Chernoivanov, V.N. Losev, A.L. Bystritskaya. – M.: GOSNITI, 1998. – 99 s.

5. Fadeyev, I.V. Novyye moi sredstva massovoy informatsii dlya uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv / I.V. Fadeyev, SH.V. Sadetdinov // Avtotransportnoye predpriyatiye. – 2014. – № 6. – S. 54–56.

6. Tel'nov, A.F. Moyushchiye sredstva, ikh ispol'zovaniye v mashinostroyenii i attestatsii [Tekst] / A. F. Tel'nov, YU.S. Kozlov, O.K. Kuznetsov, I.A. Tulayev. – M.: «Mashinostroyeniye», 1993. – 202 s.

7. Malyshev, A.V. Kontrol' zagryazneniya v sovremennykh mashinakh Malyshev A.V. // Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. – 2014. – № 3. – S. 49–52.

8. Fadeyev, I.V. Moyushchiye i protivokorrozionnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya uzlov i detaley v poiskakh nekotorykh boratov / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2017. – № 1. – S. 17–20.

9. Toygambayev, S.K. Sovershenstvovaniye protsessov ochistki detaley ot zagryazneniy pri remonte mashin / S.K. Toygambayev // Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki. – 2016. – № 3 (88). – S. 217–221.

10. Kozlov, YU.S. Ochistka izdeliy v mashinostroyenii / YU.S. Kozlov, O.K. Kuznetsov, N.F. Tel'nov. –

M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 264 s.Byshov, N.V. Povysheniye protivokorrozionnykh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley [Tekst] / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev, G.A. Aleksandrova, SH.V. Sadetdinov // Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – № 45. – S. 20-24.

11. Fadeyev, I.V. Vliyaniye monoboratov litiya, natriya, kaliya na moyushchiye i protivokorrozionnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv [Tekst] / I.V. Fadeyev, SH.V. Sadetdinov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2015. – №2. – S. 86-90.

12. Lebedinskiy, K.V. Resursosberegayushchiy metod ochistki mashinostroitel'noy produktsii ot uglevodorodsoderzhashchikh proizvodstvennykh zagryazneniy / K.V. Lebedinskiy, N.Ye. Kurnosov // Ekologicheskiye problemy sovremennosti. Penza. – 2011. – S. 61 – 65.

13. Fadeyev, I.V. Povysheniye kachestva protivokorrozionnykh moyushchikh sredstv s ispol'zovaniyem amidoboratnykh soyedineniy na avtomobil'nom transporte / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – № 4. – S. 13 – 16.

14. Grilikhes, S.YA. Obezzhirivaniye, travleniye i polirovaniye metallov / S.YA. Grilikhes; pod red. P.M. Vyacheslavova. – 5-ye izd., pererab. i dop. – L.: Mashinostroyeniye, Leningr. otd-niye, 1983. – 101 s.

15. Tel'nov, N.F. Ostroye nakipeobrazovaniye. Doklady MIISP / N.F. Tel'nov, V.P. Moroz, N.A. Ochkovskiy. – M.: Izd-vo MIISP. – 1971.

16. Tel'nov N.F. Preduprezhdeniye otlozheniy nakipi i ponizheniye temperatury v sisteme okhlazhdeniya dizeley / N.F. Tel'nov, Ye.F. Temnikhin, V.P. Moroz, N.A. Ochkovskiy. // Traktory i sel'khozmashiny, 1969. – №7.

17. Kozlov, YU.S. Dopustimaya zagryaznennost' poverkhnosti detaley / YU.S. Kozlov // Avtomobil'nyy transport. – 1974. – № 11. – S. 33 – 35.

18. Fadeyev, I.V. Povysheniye kachestva protivokorrozionnykh moyushchikh sredstv s primeneniyem amidoboratnykh soyedineniy na avtomobil'nom transporte / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – №4 – S.

19. Gol'dshteyn, YA.Ye. Povysheniye ustoychivosti traktornykh dvigateley / YA.Ye. Gol'dshteyn, N.YA. Gorbul'skiy. – M.:Mashgiz, 1961. – 200 s.

20. Bykov, V.V. Povysheniye moyki effektivnosti detaley pri remonte avtomobiley / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, SH.V. Sadetdinov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 358-363.

21. Byshov, N.V. Ingibitor metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktornoy tekhniki / N.V. Byshov, S.D. Polishchuk, I.V. Fadeyev, SH.V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2019. – № 2. – S. 257-262.

22. Byshov, N.V. K voprosu ob izuchenii svoystv sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley mobil'noy tekhniki / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Nauka, proizvodstvo, obrazovaniye: sostoyaniye i napravleniya razvitiya: sb. nauch. tr. po mater. Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGPU im. I.YA. Yakovleva, 2019. – S. 23-29.

23. Byshov, N.V. Povysheniye protivokorrozionnykh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev, G.A. Aleksandrova, SH.V. Sadetdinov // Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – № 45. – S. 20-24.

24. Byshov, N.V. Ingibitor voznikayet dlya rastvorov sinteticheskikh tekhnologicheskikh sredstv / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i predprinimatel'skogo proizvodstva: materialy Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGSKHA, 2019. – S. 411-417.

25. Bykov, V.V. Vliyaniye temperatury rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv na ikh moyushchuyu sposobnost' / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, A. N. Rementsov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 249-255.

26. Byshov, N.V. Izmeneniye kontaktnykh uglov smachivaniya pri dobavlenii v moyushchiye rastvory vzryvno-aktivnykh vklyucheniy / N.V. Byshov, I.A. Uspenskiy, V.V. Alekseyev, I.V. Fadeyev, // Inzhenernyye tekhnologii i sistemy. – 2019. – № 1. – S. 249-255.

Contribution of the authors:
All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Фадеев Иван Васильевич, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машиноведения, Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Степанова Екатерина Ивановна, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, stepanowastepanowa@yandex.ru.

Воронов Владимир Петрович, аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, vp_voronov@bk.ru

Полищук Светлана Дмитриевна, *д-р техн. наук, профессор кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, svpolishuk@mail.ru*

Information about the authors

Fadeev Ivan V., *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, ivan-fadeev-2012@mail.ru*

Stepanova Ekaterina I., *applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, stepanowastepanowa@yandex.ru.*

Voronov Vladimir P., *post-graduate student of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, vp_voronov@bk.ru*

Polishchuk Svetlana D, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, svpolishuk@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 10.04.2022; одобрена после рецензирования 01.06.2022; принята к публикации 10.06.2022

The article was submitted 10.04.2022; approved after reviewing 01.06.2022; accepted for publication 10.06.2022