

ISSN 1817–5457



ИжГСХА

№2 (62) 2020

ВЕСТНИК

Ижевской государственной
сельскохозяйственной академии



Адрес редакции, издательства
и типографии:
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11,
кабинет 514.
E-mail: rio.isa@list.ru

Подписной индекс в объединенном
каталоге «Пресса России» 40567



Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-63611 от 02.11.2015.

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ),
реферативную базу данных AGRIS.

Ответственность за содержание статей
несут авторы публикаций.

Редактор М. Н. Перевощикова
Верстка А. А. Волкова
Перевод В. Г. Балтачев

Подписано в печать 25.06.2020 г.
Дата выхода в свет 29.06.2020 г.
Формат 60×84/8. Тираж 500 экз.
Заказ № 8014. Цена свободная.

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020

ISSN 1817-5457

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *А. И. Любимов*

Научный редактор

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *С. И. Коконев*

Члены редакционного совета:

Р. Р. Исмагилов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, член-корреспондент АН РБ

Х. М. Сафин – доктор сельскохозяйственных наук, академик-секретарь АН РБ

И. Ш. Фатыхов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

А. М. Ленточкин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Л. М. Колбина – доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ Удмуртский НИИСХ

Н. А. Балакирев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА
имени К. И. Скрябина, академик РАН

С. Д. Батанов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

С. В. Залесов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО УГЛТУ

К. М. Габдрахимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Ю. Г. Крысенко – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

В. А. Ермолаев – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

И. Г. Конопельцев – доктор ветеринарных наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

И. Л. Бухарина – доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО УдГУ

Ф. Ф. Мухамадьяров – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

П. В. Дородов – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

А. Г. Левшин – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К. А. Тимирязева

С. И. Юран – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Н. П. Кондратьева – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

EDITORIAL BOARD

Editor in chief

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *A. I. Lyubimov*

Science editor

Doctor of Agricultural Sciences, Professor *S. I. Kokonov*

Members of Editorial Board:

R. R. Ismagilov – Doctor of Agricultural Science, Professor, Bashkir State Agrarian University,
corresponding member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan

H. M. Safin – Doctor of Agricultural Science, Academician-Secretary of the Academy of Sciences
of the Republic of Bashkortostan

E. Sh. Fatykhov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

A. M. Lentochkin – Doctor of Agricultural Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

L. M. Kolbina – Doctor of Agricultural Science, Udmurt Research Institute of Agriculture
of the Russian Academy of Agricultural Sciences

N. A. Balakirev – Doctor of Agricultural Science, Professor, Moscow State Academy of Veterinary
Medicine and Biotechnology named K. I. Skryabin, member of the Russian Academy of Sciences

S. D. Batanov – Doctor of Agricultural Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

S. V. Zalesov – Doctor of Agricultural Science, Professor, Ural State Forest Engineering
University

K. M. Gabdrakhimov – Doctor of Agricultural Science, Professor, Bashkir State Agrarian
University

Yu. G. Krysenko – Doctor of Veterinary Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

V. A. Ermolaev – Doctor of Veterinary Science, Professor, Ulyanovsk State Agricultural
University

I. G. Konopeltsev – Doctor of Veterinary Science, Professor, Vyatka State Agricultural Academy

I. L. Bukharina – Doctor of Biological Science, Professor, Udmurt State University

F. F. Muchamadjarov – Doctor of Engineering Science, Professor, Vyatka State Agricultural
Academy

P. V. Dorodov – Doctor of Engineering Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

A. G. Levshin – Doctor of Engineering Science, Professor, Russian State Agrarian University
named after K. A. Timiryazev

S. I. Yuran – Doctor of Engineering Science, Professor, Izhevsk State Agricultural Academy

N. P. Kondratyeva – Doctor of Engineering Science, Professor, Izhevsk State Agricultural
Academy

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Н. Ф. Белоусова, С. П. Басс Мониторинг лучших результатов испытаний рабочих качеств вятских лошадей в упряжи	3
Ю. Г. Васильев, О. М. Канунникова, Д. С. Берестов Влияние структуры пирacetамана репаративные процессы моторной коры больших полушарий мозга лабораторных крыс после транзитной билатеральной окклюзии сонных артерий	10
С. Л. Воробьёва, А. С. Фёдорова Анализ селекционных признаков среднерусской породы пчел и их помесей в Удмуртской Республике	18
В. Г. Колесникова, Т. И. Печникова Последствие десикантов на урожайность овса Яков	25
О. А. Краснова, Е. В. Хардина, С. А. Храмов Эффективность применения природной кормовой добавки в рационах кормления коров-первотелок	30
Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, К. Л. Шкляев Влияние кормовой добавки «Биовокс» на микрофлору лабораторных мышей	36
Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, П. Н. Белый, Т. И. Василевская, В. С. Задаля, Т. В. Шпитальная, И. М. Гаранович, В. И. Домаш, С. Г. Азизбемян, И. И. Лиштван, Т. М. Карбанович Влияние удобрений на биофлавоноидный комплекс плодов жимолости съедобной (<i>Lonicera edulis Turcz. ex Freyn</i>) на выработанном торфянике низинного типа	41

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Г. А. Иовлев, И. И. Голдина Зарубежные сельскохозяйственные тракторы и их эксплуатационные свойства	48
А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский Характеристики поверхности сверхтвердых керамических покрытий, полученных высокочастотной лазерной обработкой	57
Т. С. Копысова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, С. В. Владимиров Воздействие СВЧ-излучения на получение экстрактов из растительного сырья	62
В. А. Руденок, О. М. Канунникова, Г. Н. Аристова Сравнительная оценка коррозионного поведения цинковых покрытий в условиях, моделирующих эксплуатацию оборудования на открытом воздухе	70

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

N. F. Belousova, S. P. Bass Monitoring the best results of vyatka horses' working qualities testing in harness	3
Yu. G. Vasiliev, O. M. Kanunnikova, D. S. Berestov Effect of piracetam structure on the laboratory rats' reparative processes of the motor cortex of the cerebral hemispheres after transient bylateral occlusion	10
S. L. Vorobiova, A. S. Fyodorova Analysis of breeding characters of central russian breed of bees and their crosses in the Udmurt Republic	18
V. G. Kolesnikova, T. I. Pechnikova Aftereffect of desiccants on the yield of Yaks oats	25
O. A. Krasnova, Ye. V. Khardina, S. A. Khramov Effectiveness of natural feed additives in cow feeding diets-heifers'	30
Ye. A. Mikheyeva, A. V. Shishkin, K. L. Shklyayev Influence of feed additive «Biovox» on the microflora of the laboratory mice	36
Zh. A. Rupasova, A. P. Yakovlev, P. N. Belyj, T. I. Vasilevskaya, V. S. Zadalya, T. V. Shpital'naya, I. M. Garanovich, V. I. Domash, S. G. Azizbekyan, I. I. Lishtvan, T. M. Karbanovich Influence of fertilizers on the bioflavonoid complex of edible honeyboard fruits (<i>Lonicera edulis Turcz. ex Freyn</i>) on a low-type peatboard	41

TECHNICAL SCIENCES

G. A. Iovlev, I. I. Goldina Foreign agricultural tractors and their operational properties	48
A. G. Ipatov, Ye. V. Kharanzhevskiy. Surface characteristics of superhard ceramic coatings obtained with laser treatment of high frequency	57
T. S. Kopysova, A. B. Spiridonov, K. V. Anisimova, S. V. Vladimirov The impact of microwave radiation on production of extracts from plant raw materials.	62
V. A. Rudenok, O. M. Kanunnikova, G. N. Aristova Comparative assessment of the corrosion behaviour of zinc coatings in the conditions simulating operation of the equipment in the open air	70

УДК 636.1.082.13

Н. Ф. Белоусова¹, С. П. Басс²

¹ФГБНУ ВНИИ коневодства, пос. Дивово Рязанской области

²ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

МОНИТОРИНГ ЛУЧШИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧИХ КАЧЕСТВ ВЯТСКИХ ЛОШАДЕЙ В УПРЯЖИ

Собраны рекорды лошадей вятской породы, зафиксированные в испытаниях в упряжи по следующим видам: на срочную доставку груза рысью, срочную доставку груза шагом, тяговую выносливость. Результаты настоящих исследований сравнивали с данными испытаний вятских лошадей, опубликованными в литературных и архивных источниках XIX–XX столетий. Приведены расчетные показатели рабочих качеств лучших вятских лошадей в испытаниях на срочную доставку груза рысью (S, T, V, B, P, R, N).

Ключевые слова: вятская порода лошадей; испытания; рабочие качества; срочная доставка груза.

Актуальность. Рабочая лошадь не теряет своей актуальности в мире, несмотря на высокую механизацию многих производственных процессов [16]. Широкое применение лошадей позволяет вести работу по сохранению породного разнообразия и оценке их продовольственного значения [17]. В связи с этим важно заострять внимание на практическом применении и проведении оценки работоспособности многих рабочих пород лошадей в нашей стране. Испытания вятских лошадей проводились в г. Вятке в середине XIX столетия, причем начались они здесь раньше, чем в других губерниях России. Состязания проводились «на возку тяжестей», «в троечной легкой упряжи» и скачки. За 19 лет существования Земской случной конюшни в Вятской губернии было проведено 11 испытаний рабочих лошадей, в которых приняла участие 441 лошадь [8, 9, 11].

Возобновились испытания вятских лошадей лишь спустя столетие. В период 1944–1953 гг. на ипподроме в Ижевске, районных и межрайонных выставках в 113 стартах испытано более 150 лошадей. Соревновались лошади по разным видам: скачки, рысью в качалке и тарантасе, тройки, срочная доставка груза, грузоподъемность, максимальная сила тяги, «лесовывозка», дистанционные пробеги [6]. Продолжились испытания вятков на Ижевском ипподроме с начала 1990-х гг., в основном по традиционным видам: гладкие скачки, тройки, соревнования в русской упряжи [5].

С учреждением породных выставок вятков («Вятка Московии», «Золотая вятка», «Аборигены России», «Рабочая лошадь России») с 2011 г. их испытания стали регулярными [4, 5]. Результаты регистрируют также на заводских

испытаниях. Первый опыт внутривладельческих испытаний вятских лошадей был апробирован в колхозе «Колос» Удмуртии в 1994 г. [7]. С 2019 г. заводские испытания проводятся в ООО «Вавилово» Липецкой области [1].

Испытания работоспособности вятских лошадей проводятся по совокупной методике оценки универсальности, где за 1–3 дня турнира лошади принимают участие в 4–5 видах: доставка груза, скачка, полоса препятствий под седлом, манежная езда, управляемость в упряжи (традиционная экипажная езда), тройки, испытания в поводу (курсинг) [1–5]. Испытания лошадей в упряжи включают срочную доставку груза рысью, срочную доставку груза шагом и тяговую выносливость. Основную долю стартов составляют испытания на срочную доставку груза рысью [2, 5]. Данный вид включен в обязательную программу испытаний на Кубок «Супервятка» в рамках межрегиональных выставок «Золотая вятка», проводимых в Удмуртской Республике с 2014 г. [2, 4, 5]. С 2017 г. были возобновлены испытания вятков по методике ВНИИК для лошадей тяжело-возных и упряжных пород [3, 11]. Испытания вятских лошадей на срочную доставку груза рысью и шагом, а также тяговую выносливость проводились в рамках Всероссийских фестивалей «Рабочая лошадь России» [3]. Главное отличие классической методики ВНИИК [11], принятой на фестивалях «Рабочая лошадь России», от правил испытаний на выставках «Золотая вятка» [2, 4, 5] заключается в использовании в первом случае метода динамометрирования – объективного показателя учета силы тяги. Испытания вятков по наиболее силовым видам – на максимальную силу тяги и макси-

мальную грузоподъемность – в настоящее время не проводятся. Рекорды породы в данных видах, зарегистрированные в 1950-е годы, составляют 186 кг и 3720 кг соответственно [6].

Целью данных исследований является проведение мониторинга лучших результатов испытаний по работоспособности лошадей вятской породы в упряжи.

Задачи исследований. Для достижения данной цели необходимо выполнить ряд задач:

- 1) провести сравнительную оценку показателей рекордов работоспособности лошадей на срочную доставку груза рысью;
- 2) проанализировать рекорды вятских лошадей в испытаниях на срочную доставку груза шагом;
- 3) осуществить мониторинг результатов испытаний на тяговую выносливость в разные годы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в Удмуртской Республике, Московской, Липецкой, Владимирской и Рязанской областях в период 1994–2019 гг. Объектом исследований послужило поголовье лошадей вятской породы в количестве 46 голов, в том числе 21 жеребец, 22 кобылы, 3 мерина. Работоспособность оценивали по данным технических результатов в четырех видах испытаний лошадей в упряжи в 15-ти турнирах. Испытания на срочную доставку груза рысью, срочную доставку груза шагом и тяговую выносливость проводили по принятым методикам [2, 3, 4, 11]. Испытания по снежной целине проводили на основе методики Архангельского НИИСХ, разработанной для лошадей мезенской породы [8].

Результаты испытаний рабочих качеств вятков сравнивали с данными прошлых лет. Все

показатели обрабатывались общепринятыми методами вариационной статистики. Достоверность разности определялась при $P \geq 0,95$, $P \geq 0,99$, $P \geq 0,999$.

Рабочие качества лошадей определялись по формулам [1]:

$$P = B \times F,$$

где P – сила тяги;

B – вес груза с повозкой;

F – коэффициент сопротивления согласно справочным данным о состоянии дорожки [1].

$$R = P \times S,$$

где R – величина выполненной работы;

P – сила тяги;

S – пройденный путь.

$$N = \frac{R}{T},$$

где N – мощность;

R – величина выполненной работы;

T – время.

Результаты исследований. По основному виду испытаний в упряжи – срочную доставку груза рысью оценено 44 головы. Рекорды вятской породы по этому виду были зарегистрированы на проводимых нами мероприятиях: хозяйственных испытаниях в колхозе «Колос» (1994 г.), породных выставках и испытаниях «Вятка Московии» (2011 г.), «Аборигены России» (2016 г.), «Золотая вятка» (2014–2019 гг.), «Рабочая лошадь России» (2016–2019 гг.) На основании совокупных итогов испытаний вятков на срочную доставку груза рысью составили сводную таблицу их рекордов (табл. 1).

Таблица 1 – Рекорды вятских лошадей в испытаниях на срочную доставку груза рысью

S, м	T, мин. сек.	B, кг	Кличка лошади (отец – мать)	Возраст	Владелец	Место проведения	Год
700	02.39,3	200*	Либерия (Знаток – Ласточка)	4	СПК «Колос»	с. Тыловой УР	1994
1000	03.01,3	500**	Буревестник (Резвый – Бузина II)	11	ООО «Россия»	г. Ижевск	2016
1000	02.50,0	500	Ганна (Абрек – Галетта)	15	ООО «Тыловой»	с. Тыловой УР	2018
1070	03.27,7	500	Багдад (Добрик – Бабина)	10	ООО «Тыловой»	г. Ижевск	2014
1400	03.57,7	500	Бубен (Беркут – База)	6	ООО «Тыловой»	с. Люк-Шудья УР	2015
2000	6.25,56	1000***	Бублик (Балерон – Белла)	4	ООО «Вавилово»	ВНИИК	2019
2000	06.36,0	1500	Береста (Табора – Баста)	8	ООО «Каури-СХП»	г. Ижевск	2018
2000	09.10,0	350****	Гордый (Добрик – Глюкоза)	7	Минкевич Т.В.	с. Сырково, Моск. обл.	2011
3000	17.34,1	250****	Воробей (Огонек – Венера)	8	СПК «Колос»	с. Тыловой УР	1994

Примечание: *результат зарегистрирован при испытании в санях по летней травяной дорожке

**результат зарегистрирован при испытании в санях по зимней ледяной дорожке

*** масса груза – расчетная величина

****результат зарегистрирован на неровной грунтово-травяной дороге с тяжелым сырым грунтом

Следует отметить, что все лошади-рекордисты использовались в селекции и являются продолжателями ценных линий и семейств породы.

При сравнении рекордов вятских лошадей на срочную доставку груза рысью отмечены неравные условия испытаний на разных площадках. Кобыла Береста, жеребцы Багдад и Бублик показали рекордные результаты, выступая на специально оборудованных дорожках ипподромов в Ижевске и ВНИИКе в сухой осенний период, результат жеребца Буревестника зарегистрирован по зимней накатанной дорожке, кобыла Ганна и жеребец Бубен свои лучшие результаты показали в более сложных сельских условиях – при испытании по свежескошенной стерне, а лучшие результаты жеребцов Гордый и Воробей зафиксированы при испытании в наиболее трудных условиях – по неровно-грунтовой дороге с тяжелым сырым грунтом.

Используя справочные данные коэффициентов сопротивления (F) различных дорог для соответствующих типов повозок [1], рассчитали показатели рабочих качеств рекордистов при испытании на срочную доставку груза рысью (табл. 2).

ной силы, что свидетельствует о крайне низкой рабочей нагрузке. В этой связи считаем, что при проведении испытаний вятских лошадей в упряжи необходимо корректировать массу груза в зависимости от состояния дорожки, чтобы лошади могли выявить свои способности в полной мере. Средняя мощность, проявленная лучшими лошадьми вятской породы при испытаниях на срочную доставку груза рысью, составляет 2,17 л.с. с колебаниями от 1,03 л.с. у жеребца Багдада до 3,03 л.с. у кобылы Бересты, которая с грузом 1500 кг прошла 2000 м со скоростью 5,05 м/с (табл. 2). Показатели мощности, проявленные лучшими вятскими лошадьми на испытаниях по доставке груза рысью, согласуются с данными об испытании лошадей родственной жмудской породы, показанными на испытаниях тяжелоупряжных пород в СССР, которые составляли 2,7 л.с. [15].

Более силовой вид – срочная доставка груза шагом проводится среди вяток реже, чем срочная доставка груза рысью. Рекорды вятских лошадей в испытаниях на срочную доставку груза шагом были зарегистрированы на внутривладельческих испытаниях в колхозе «Колос» в 1994 г. (испытано 3 головы) и на фестивалях «Рабочая лошадь России» в 2017 и 2019 гг. (7 голов).

Таблица 2 – Рабочие качества лучших вятских лошадей, показанные при испытаниях на срочную доставку груза рысью

Кличка лошади	S, м	T, мин. сек.	V, м/с	B, кг	F	P, кг	R, кгм	N, кгм/с	N, л.с.
Буревестник	1000	03.01,3	5,52	500	0,04	20	20 000	110,49	1,47
Ганна	1000	02.50,0	5,88	500	0,07	35	35 000	205,88	2,75
Багдад	1070	03.27,7	5,16	500	0,03	15	16 050	77,54	1,03
Бубен	1400	03.57,7	5,91	500	0,07	35	49 000	206,75	2,76
Бублик	2000	06.25,6	5,19	1000	0,03	30	60 000	155,84	2,08
Береста	2000	06.36,0	5,05	1500	0,03	45	90 000	227,27	3,03
Гордый	2000	09.10,0	3,63	350	0,16	56	112 000	203,64	2,71
Воробей	3000	17.34,1	2,85	250	0,16	40	120 000	113,85	1,52

Как видно, сила тяги P и, соответственно, величина проделанной лошадью работы R зависит от состояния (сопротивления F) дорожки. Так, жеребцы Гордый и Воробей, провозя груз небольшой абсолютной массы, выполняли наибольшую из группы величину работы. Жеребец Багдад при испытании по легкой дорожке Ижевского ипподрома с грузом 500 кг показал наименьшую из всех рекордистов силу тяги и величину выполненной работы, показатель мощности составил чуть более одной лошади-

Сравнение современных результатов на дистанции 1000 и 2000 м с грузом не менее 1500 т со сведениями об испытаниях вятков на срочную доставку груза шагом в 1950-е годы [7] выявило примерно сопоставимые результаты нынешних рекордистов с рекордистами породы прошлых лет (табл. 3).

Результаты испытаний лошадей вятской породы по методике ВНИИК для тяжело-возных и упряжных лошадей приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 – Рекорды вятских лошадей в испытаниях на срочную доставку груза шагом

S, м	T, мин. сек.	V, кг	Кличка лошади (отец – мать)	Возраст	Владелец	Место проведения	Год
350	02.58,5	200*	Либерия (Знаток – Ласточка)	4	СПК «Колос»	с. Тыловой УР	1994
1000	08.07,0	1500	Лапа (Ладан – Лада)	10	АТК «Богдарня»	д. Крутово Влад. обл.	2017
2000	16.07,0	1500	Гопак (Гудок – Пробка)	3	К-з «Север»	Ижевск	1953
2000	16.06,0	1600	Павлин	Нет сведений		Ижевск	1953
2000	18.29,12	2333	Бублик (Балерон – Белла)	4	ООО «Вавилово»	ВНИИК	2019
3000	20.49,9	600**	Воробей (Огонек – Венера)	8	СПК «Колос»	с. Тыловой УР	1994

Примечание:

*результат зарегистрирован при испытании в санях по травяной дорожке

**результат зарегистрирован при испытании по неровной грунтово-травяной дороге с тяжелым сырым грунтом

Таблица 4 – Результаты испытаний вятских лошадей на срочную доставку груза рысью на 2000 м по методике ВНИИК

P, кг	n	Среднее		Рекорд		
		T, мин. сек.	V, м/с	T, мин. сек.	V, м/с	Кличка, год
30	6	7.28 ± 0,23	4,49 ± 0,14	6.25,56	5,19	Бублик, 2019
45	3	7.04 ± 0,56	4,62 ± 0,30	6.36,00	5,05	Береста, 2018

Анализ результатов испытаний на срочную доставку груза рысью показал, что дистанция 2000 м с силой тяги 30 кг была преодолена за 7.28,0. На фестивале «Рабочая лошадь России-2017», который проходил в АТК «Богдарня» Владимирской области, лучший результат среди жеребцов показал Мотор (Кумир – Малинка) из ООО «Вавилово» Липецкой области – 7.32,47 (4,41 м/с) с силой тяги 30 кг. Лучший результат среди кобыл у Лапы (Ладан – Лада) из АТК «Богдарня» – 7.28,09 (4,46 м/с). Рекорд на данной дистанции был установлен в 2019 г. жеребцом Бубликом (Балерон – Белла) из ООО «Вавилово» – 6.25,56 (5,19 м/с). На этом же фестивале в 2018 году в Ижевске установлен рекорд по срочной доставке груза рысью с силой тяги 45 кг кобылой Берестой (Табор – Баста) из ООО «Каури СХП», Удмуртская Республика – 6.36,0 (5,05 м/с) на 2000 м (табл. 4).

В испытаниях на срочную доставку груза шагом дистанцию 1000 м с силой тяги 50 кг лошади прошли за 10.42,0 со скоростью 1,58 м/с (табл. 5).

Лучший результат в данном испытании был вновь показан кобылой Лапой (Ладан – Лада) из АТК «Богдарня» – 8.07,0 (2,05 м/с) (табл. 5). Ей по праву был присвоен высший титул «Лучшая рабочая лошадь России-2017».

Более сложные испытания были проведены во ВНИИКе в 2019 г. на дистанции 2000 м с силой тяги 80 кг. Скорость прохождения данной дистанции составила 1,76 м/с, что больше, чем в 2017 г. на 0,18 м/с. Лучший результат в данном виде был зафиксирован у жеребца Бублика (Балерон – Белла) из ООО «Вавилово» – 18.12,0 (1,80 м/с) (табл. 5).

Силовые виды испытаний в упряжи, такие, как тяговая выносливость, менее приемлемы для оценки работоспособности не крупных, довольно легкого типа вятков, и носят не регулярный, а скорее разовый характер. Представляет интерес изучение и анализ всех имеющихся материалов по данному вопросу. На основании сохранившихся протоколов и публикаций о работоспособности вятских лошадей дореволюционного периода [9, 13] мы выделили

Таблица 5 – Результаты испытаний вятских лошадей на срочную доставку груза шагом по методике ВНИИК

S, м	P, кг	n	Среднее		Рекорд		
			T, мин. сек.	V, м/с	T, мин. сек.	V, м/с	Кличка, год
1000	50	5	10,42 ± 1,01	1,58 ± 0,10	08.07,00	2,05	Лапа, 2017
2000	70	2	19,13 ± 0,87	1,76 ± 0,07	18.29,12	1,80	Бублик, 2019

их рекорды в испытании на «возку тяжестей», где правила идентичны современным испытаниям на тяговую выносливость. Для наглядности рабочих качеств вятков прошлого старую русскую меру веса и расстояния (пуд, сажень) перевели в современную (кг, м) (табл. 6).

Таблица 6 – Лучшие дореволюционные результаты испытаний вятских лошадей «в возке тяжестей» с фиксацией времени, затраченного на пройденный путь

Город, год	Пол, кличка	В, кг	S, м	T, мин. сек.
Вятка, 1862	ж.	2785	320	7.40
Санкт-Петербург, 1913	ж. Сосед	1753	213	0.59
Санкт-Петербург, 1913	ж. Ямщик	1835	213	1.16

Учитывая, что рост вятков в дореволюционный период в основном не превышал 2 аршин (142 см) [15], то виден достаточно высокий потенциал рабочей производительности вятской лошади в упряжи. На Всероссийской выставке лошадей в Санкт-Петербурге в 1913 г. вятские жеребцы Сосед и Ямщик показали неплохую резвость, провозя груз весом более 1750 т (табл. 6). Жеребец Сосед преодолел финишный столб почти рысью [13].

На фестивале «Рабочая лошадь России-2018» в г. Ижевске мы впервые апробировали опыт испытаний вятков на тяговую выносливость, где оценили 3 головы. Лучший результат испытаний сравнили с учтенными данными, показанными вятками в этом виде в прошлые годы (табл. 7) [6, 10].

Таблица 7 – Лучшие результаты испытаний вятских лошадей на тяговую выносливость в разные годы

Год	Город	Пол, кличка	Возраст	В, кг	Владелец	S, м
1856	Вятка	ж.	5	3276	Д. А. Ватрушев	320
1953	Ижевск	ж. Славный Малый	5	3150	К-з «Свобода»	1020
2018	Ижевск	ж. Береста	8	2400	ООО «Каури-СХП»	2140

Лучший результат показала 8-летняя кобыла Береста (Табор – Баста) из ООО «Каури-СХП». С грузом 2400 кг она прошла дистанцию 2140 м (табл. 7), не проявив при этом признаков усталости и даже потливости, её клинические показатели после прохождения испытаний были в норме. Эта выдающаяся кобыла получила высший титул «Лучшая рабочая лошадь России-2018».

В рамках I заводских испытаний вятских жеребцов-производителей в ООО «Вавилово»

мы впервые апробировали испытания вятков в упряжи по снежной целине по методике Архангельского НИИСХ [8]. В испытании приняли участие 5 жеребцов-производителей в возрасте 4-х лет и старше. Устойчивая сырая погода послужила образованию плотного наста, при этом высота снежного покрова в некоторых местах трассы достигала 70–80 см, что усложнялось еще углом подъема стартовой прямой более 15 град. С учетом указанных факторов были внесены коррективы в правила испытаний лошадей в упряжи в виде облегчения нагрузки. Заезд с грузом 500 кг провели по правилам испытания лошадей на тяговую выносливость. Здесь лучший результат показал 4-летний жеребец Загорск (Гамбург – Затея), провезший в данных тяжелейших условиях груз на расстояние 250 м. В испытании по доставке груза шагом по снежной целине победил 4-летний Бублик (Балерон – Белла). На фоне указанных выше условий он преодолел дистанцию 500 м с грузом 150 м за 4 мин. 50 сек. При прохождении трассы испытаний в упряжи по 10-балльной системе оценивали такие важные параметры движения лошади в упряжи, как ход (правильность, прямолинейность движения) и энергичность (желание двигаться, работать). Высших баллов по всем качествам был удостоен победитель испытания на срочную доставку груза шагом жеребец Бублик. Следует отметить, что жеребец Бублик, проявивший выдающиеся рабочие качества, получил высший титул по итогам испытаний «Лучшая рабочая лошадь России» на Всероссийском фестивале лошадей тяжеловозных, упряжных и местных пород «Рабочая лошадь России-2019».

Заключение. Рекорды вятских лошадей показывают достаточно высокий потенциал рабочих качеств породы. При испытании вятков в упряжи основной акцент делают на «резвостном» виде – срочной доставке груза рысью, – включенном в программу испытаний межрегиональных выставок «Золотая вятка». Поскольку на данных турнирах не используется метод динамометрирования, то величину массы груза следует корректировать в зависи-

мости от состояния дорожки. Испытания вятских лошадей на срочную доставку груза рысью и шагом по методике ВНИИК проводятся в рамках Всероссийских фестивалей «Рабочая лошадь России». Испытания вятков в упряжи по наиболее силовым видам носят разовый характер и менее актуальны для оценки работоспособности этой некрупной породы.

Список литературы

1. Белоусова, Н. Ф. Апробация методики оценки рабочих качеств жеребцов-производителей вятской породы в Природном парке «Олений» / Н. Ф. Белоусова // Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 3. – С. 11–13.
2. Белоусова, Н. Ф. Оценка работоспособности лошадей вятской породы с использованием усовершенствованной системы испытаний / Н. Ф. Белоусова, С. П. Басс // Иппология и ветеринария. – 2019. – № 4 (34). – С. 27–32.
3. Белоусова, Н. Ф. Второй Всероссийский Фестиваль «Рабочая лошадь» / Н. Ф. Белоусова, А. В. Борисова // Коневодство и конный спорт. – 2017. – № 6. – С. 15–16.
4. Белоусова, Н. Ф. Система испытаний и оценка работоспособности лошадей вятской породы / Н. Ф. Белоусова // Достижения молодых ученых – зоотехнической практике: м-лы науч.-практ. конф. 15 мая 2018 г. – Рязань: ВНИИ коневодства, 2018. – С. 78–82.
5. Белоусова, Н. Ф. Рабочие качества вятских лошадей и перспективы их использования / Н. Ф. Белоусова // Коневодство и конный спорт. – 2017. – № 3. – С. 20–24.
6. Беляев, В. В. Испытания вятских лошадей на работоспособность / В. В. Беляев // Коневодство. – 1955. – № 1. – С. 15–18.
7. Бобкова, Н. Ф. Рабочие качества вятских лошадей / Н. Ф. Бобкова // Оптимизация методов селекции, воспроизводства, выращивания и использования лошадей: тез. докл. науч. конф., ВНИИ коневодства. – 1995. – Ч II. – С. 36–39.
8. Вдовина, Н. В. Положение об областных соревнованиях конников на лошадях мезенской породы / Н. В. Вдовина, И. Б. Юрьева, В. К. Доможиров – Архангельск: Архангельский НИИСХ, 2009. – 13 с.
9. Возовые испытания в 1862 г. в г. Вятке 4 сентября // Журнал коннозаводства и охоты. – 1863. – № 1. – С. 45–47.
10. Вятская земская случная конюшня. Описание лошадей конюшни. Ведомость лошадям, представленным к испытанию в 1856 году // ГАКО (Гос. арх. Кировской обл.). Ф. 578. Оп. 1. Д. 25. Л. 10,11, 11 об; 12, 12 об; 14–17; 18,18 об; 19, 19 об; 20.
11. Карлсен, Г. Г. Наставление по тренировке и испытаниям племенных лошадей тяжелоупряжных пород. 2-е изд., перераб. и доп. / Г. Г. Карлсен, А. В. Воейков. – Дивово: Изд-во ВНИИК, 2017. – 42 с.

12. Левашов, В. П. Лошадь вятка / В. П. Левашов. – Киров: Огиз, 1947. – 35 с.

13. Любимов, Н. А. Вятка (лошадь вятской породы) / Н. А. Любимов. – Вятка, 1915. – 19 с.

14. Мердер, И. К. Исторический очерк русского коневодства и коннозаводства, 2-е изд. / И. К. Мердер. – М.: Либроком, 2011. – 160 с.

15. Анашина, Н. В. Справочник по коневодству / Н. В. Анашина, Ю. П. Гусев, В. С. Ковешников [и др.]. – М.: Колос, 1983. – 158 с.

16. Heavy Horses (Тяжеловозные лошади) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.heavyhorses.org.uk/breeds/natives/> (дата обращения: 10.05.2020).

17. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2015.

Spisok literatury

1. Belousova, N. F. Aprobaciya metodiki ocenki rabochih kachestv zherebcov-proizvoditelej vyatskoj porody v Prirodnom parke «Olenij» / N. F. Belousova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2019. – № 3. – S. 11–13.
2. Belousova, N. F. Ocenka rabotosposobnosti loshadej vyatskoj porody s ispol'zovaniem usovershenstvovannoj sistemy ispytaniy / N. F. Belousova, S. P. Bass // Ippologiya i veterinariya. – 2019. – № 4 (34). – S. 27–32.
3. Belousova, N. F. Vtoroj Vserossijskij Festival' «Rabochaya loshad'» / N. F. Belousova, A. V. Borisova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2017. – № 6. – S. 15–16.
4. Belousova, N. F. Sistema ispytaniy i ocenka rabotosposobnosti loshadej vyatskoj porody / N. F. Belousova // Dostizheniya molodyh uchenyh – zootekhnicheskoy praktike: m-ly nauch.-prakt. konf. 15 maya 2018 g. – Ryazan': VNII konevodstva, 2018. – S. 78–82.
5. Belousova, N. F. Rabochie kachestva vyatskih loshadej i perspektivy ih ispol'zovaniya / N. F. Belousova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2017. – № 3. – S. 20–24.
6. Belyaev, V. V. Ispytaniya vyatskih loshadej na rabotosposobnost' / V. V. Belyaev // Konevodstvo. – 1955. – № 1. – S. 15–18.
7. Bobkova, N. F. Rabochie kachestva vyatskih loshadej / N. F. Bobkova // Optimizaciya metodov selekcii, vosproizvodstva, vyrashchivaniya i ispol'zovaniya loshadej: tez. dokl. nauch. konf., VNII konevodstva. – 1995. – CH II. – S. 36–39.
8. Vdovina, N. V. Polozhenie ob oblastnyh sorevnovaniyah konnikov na loshadyah mezenskoj porody / N. V. Vdovina, I. B. YUr'eva, V. K. Domozhiron – Arhangel'sk: Arhangel'skij NIISKH, 2009. – 13 s.
9. Vozovye ispytaniya v 1862 g. v g. Vyatke 4 sentyabrya // ZHurnal konnozavodstva i ohoty. – 1863. – № 1. – S. 45–47.

10. Vyatskaya zemskaya sluchnaya konyushnya. Opisanie loshadej konyushni. Vedomost' loshadyam, predstavlenym k ispytaniyu v 1856 godu // GAKO (Gos. arh. Kirovskoj obl.). F. 578. Op. 1. D. 25. L. 10,11, 11 ob; 12, 12 ob; 14–17; 18,18 ob; 19, 19 ob; 20.

11. Karlsen, G. G. Nastavlenie po trenirovke i ispytaniyam plemennyh loshadej tyazheloupryazhnyh porod. 2-e izd., pererab. i dop. / G. G. Karlsen, A. V. Voejkov. – Divovo: Izd-vo VNIIC, 2017. – 42 s.

12. Levashov, V. P. Loshad' vyatka / V. P. Levashov. – Kirov: Ogiz, 1947. – 35 s.

13. Lyubimov, N. A. Vyatka (loshad' vyatskoj porody) / N. A. Lyubimov. – Vyatka, 1915. – 19 s.

14. Merder, I. K. Istoricheskiy ocherk russkogo konevodstva i konnozavodstva, 2-e izd. / I. K. Merder. – M.: Librokom, 2011. – 160 s.

15. Anashina, N. V. Spravochnik po konevodstvu / N. V. Anashina, YU. P. Gusev, V. S. Koveshnikov [i dr]. – M.: Kolos, 1983. – 158 s.

16. Heavy Horses (Tyazhelovoznye loshadi) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.heavyhorses.org.uk/breeds/natives/> (data obrashcheniya: 10.05.2020).

17. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Recourses for Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2015.

Сведения об авторах:

Белоусова Наталья Феликсовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (391105, Российская Федерация, Рязанская область, Рыбновский р-н, пос. Дивово, e-mail: natfb@yandex.ru).

Басс Светлана Петровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: sveta.bass@inbox.ru).

N. F. Belousova¹, S. P. Bass²

¹*Federal State Budgetary Institution for Research of Horse Breeding*

²*Izhevsk State Agricultural Academy*

MONITORING THE BEST RESULTS OF VYATKA HORSES' WORKING QUALITIES TESTING IN HARNESS

The article brings together records of the Vyatskaya breed horses, recorded in harness- tests as follows: for the urgent delivery of cargo at a trot, urgent delivery of cargo at a walk, and for traction endurance. The results of these studies were compared to those of the data of tests of Vyatskaya horses taken in in literary and archival annals of the 19th-20th centuries. Calculated indicators of working qualities of the best Vyatskaya horses in tests for urgent delivery of cargo by trot are given (S, T, V, B, P, R, N).

Key words: *Vyatskaya breed of horses; trials; working qualities; urgent cargo delivery.*

Authors:

Belousova Natalya Feliksovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Breeding Department of the All-Russian Research Institute of Horse Breeding (Divovo Village, Rybnovsky District, Ryazan Region, Russian Federation, 391105, e-mail: natfb@yandex.ru).

Bass Svetlana Petrovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Feed and Breeding of Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: sveta.bass@inbox.ru).

УДК 59.085

Ю. Г. Васильев, О. М. Канунникова, Д. С. Берестов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПИРАЦЕТАМА НА РЕПАРАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ МОТОРНОЙ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ МОЗГА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС ПОСЛЕ ТРАНЗИТОРНОЙ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ СОННЫХ АРТЕРИЙ

Заболевания сосудов, приводящие к нарушению мозгового кровообращения, являются причиной смерти животных, хотя встречаются у них гораздо реже, чем у людей. Болеют животные всех видов, но наиболее часто лошади. Так же, как и в случае нарушения мозгового кровообращения у людей, в ветеринарной практике применяются ноотропные препараты. Известно, что биологическая активность органических веществ напрямую зависит от их кристаллической и химической структуры. Взаимосвязь «структура – биологические свойства (терапевтическая эффективность)» является актуальной. При комнатной температуре пирарцетам может находиться в трех кристаллических формах – I, II, III. Сравнительные исследования биологической активности пирарцетама разных кристаллических форм в открытой печати отсутствуют, поэтому проведение таких исследований актуально.

Проведено исследование взаимосвязи кристаллической и химической структуры пирарцетама на его влияние на осмотическую резистентность эритроцитов человека и репаративные процессы моторной коры больших полушарий лабораторных крыс после транзиторной билатеральной окклюзии сонных артерий.

Кристаллизацией из водных растворов пирарцетама с разной рН были получены разные кристаллические формы пирарцетама – формы I и II: из раствора с рН < 7 кристаллизуется форма I, а из раствора с рН > 7 форма II. Механоактивация в шаровой планетарной мельнице приводит к превращению формы I в форму II. Кристаллическая структура формы II при механоактивации не изменяется, но изменяется химическая структура. Результаты физико-химических исследований позволяют предположить, что в результате механоактивации в молекуле пирарцетама формируется внутримолекулярная водородная связь. Причем различие пространственной структуры форм I, II и III с внутримолекулярной связью сохраняется в течение некоторого времени в водных растворах.

Наблюдалась большая выживаемость животных, принимающих эту форму пирарцетама после транзиторной билатеральной окклюзии сонных артерий. У них также наблюдалось снижение проявлений апоптозов и вакуолизации нейронов, менее выражены проявления глиоза. В настоящее время предполагается, что молекулы пирарцетама связываются с полярными головками фосфолипидов в составе клеточных мембран, что приводит к реорганизации липидов. В результате повышается эластичность мембраны клетки. Возможно, что именно восстановление эластичности клеточной мембраны является ключевым фактором, отвечающим за большую часть клинических эффектов пирарцетама.

С фосфолипидами взаимодействуют группы $C=O$ и $-NH_2$, имеющие эффективный заряд. Возможно, что взаимное расположение групп $C=O$ и $-NH_2$ в молекуле пирарцетама формы II с внутримолекулярной водородной связью обеспечивает лучшие условия контакта этих групп с рецепторами мембраны по сравнению с молекулами формы I и формы II без внутримолекулярной водородной связи. Кроме того, увеличение гидрофобности формы II с внутримолекулярной водородной связью сопровождается увеличением липофильности, что способствует повышению биологической доступности пирарцетама и, следовательно, повышению эффективности действия этой формы пирарцетама.

Мембранопротективное действие формы II с внутримолекулярной водородной связью приводит к повышению осмотической резистентности эритроцитов и к наблюдаемым постишемическим ответам мозга после перенесенной острой билатеральной транзиторной ишемии мозга проявляются.

Ключевые слова: пирарцетам; кристаллическая структура; химическое строение; лабораторные крысы; репаративные процессы; большие полушария мозга; транзиторная билатеральная окклюзия сонных артерий.

Введение. Заболевания сосудов, приводящие к нарушению мозгового кровообращения, являются причиной смерти животных, хотя это заболевание встречается у них гораздо реже, чем у людей. [1]. Болеют животные всех видов, но наиболее часто лошади [2]. Так же,

как и в случае нарушения мозгового кровообращения у людей, в ветеринарной практике применяются ноотропные препараты [3].

Исследование влияния пирарцетама на повреждение головного мозга собак, перенесших геморрагический шок, описаны в [4]. Авто-

ры обнаружили некротические клетки из-за ишемии в тканях мозга субъектов, подвергнутых геморрагическому шоку. Было показано, что пирарцетам значительно уменьшает количество апоптозированных клеток, предотвращает изменения послеоперационного кровоизлияния при промежуточном шоке. Обнаружено, что повреждение головного мозга в группе лечения пирарцетамом было меньше, чем в контрольной группе [4].

Известно [5, 6], что биологическая активность органических веществ напрямую зависит от их кристаллической и химической структуры. Взаимосвязь «структура – биологические свойства (терапевтическая эффективность)» является актуальной. Это подтверждается тем, что в США 30 % лекарственных препаратов проходит тест на структурное состояние.

В кристаллической структуре пирарцетама при комнатной температуре выявлены 3 формы, две из них (I, III–IV) имеют моноклинную решетку, а форма II – триклинную [7–11]. Причем высокотемпературная форма I отличается крайней неустойчивостью и при комнатной температуре переходит в форму II через несколько часов после получения [8].

Сравнительные исследования биологической активности пирарцетама разных кристаллических форм в открытой печати отсутствуют, поэтому проведение таких исследований актуально.

Целью данной работы явилось получение пирарцетама разной кристаллической и химической структуры и исследование взаимосвязи влияния пирарцетама на репаративные процессы моторной коры больших полушарий лабораторных крыс после транзиторной билатеральной окклюзии сонных артерий.

Объекты и методы исследования. Образцы пирарцетама получали кристаллизацией из водных растворов пирарцетама с добавлением уксусной кислоты (рН = 3.1) и аммиака (рН = до 10.96) при температуре 115 ± 0.1 °С.

Механоактивация порошков пирарцетама проводилась в шаровой планетарной мельнице АГО-2С (Россия) (600 об./мин.) в среде аргона в течение 30 мин. Энергонапряженность мельницы составляла 2 кДж/г.

Рентгенофазовый анализ (РФА) порошков проведен на дифрактометре Bruker D8 Advance (Германия) с использованием CuK_α излучения. Обработка дифракционных данных и уточнение структуры методом Ритвельда проведены с использованием TOPAS 4.2 в варианте WPPF (whole-powder pattern fitting). **Инструменталь-**

ный вклад в профиль дифракционных линий учитывали с использованием эталона MgO [6]. ИК- спектры получены на ИК Фурье спектрометре ФСМ 1202 (Россия).

Истинную плотность полученных порошков определялись пикнометрическим методом. В качестве вспомогательной жидкости использовали n-гептан. **Определение рН водных растворов пирарцетама** проводилось на рН-метре МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ-301 (Россия). Ошибка определения составляла ± 0.01 . Капиллярная вязкость водных растворов измерялась с помощью вискозиметра ВПЖ-2 с диаметром капилляра 0.37 мм. Ошибка измерения составляла ± 1 %. Плотность растворов определяли с помощью пикнометра Оствальда объемом 0.9436 мл. Ошибка измерения составляла ± 0.3 %.

Биологические свойства пирарцетама оценивались на основании исследований осмотической резистентности эритроцитов крови человека и неврологического статуса белых лабораторных крыс. Для проведения экспериментов был взят пирарцетам формы II и полученной механоактивацией в течение 30 мин. При определении осмотической резистентности эритроцитов на фоне введения пирарцетама, в образец крови, отобранной из вены натошак, в вакуумные пробирки с ЭДТА объемом 5 мл добавляли 0.25 мл 2 % раствора пирарцетама в физиологическом растворе. В качестве контроля использовали образец крови, в который добавляли эквивалентное количество физиологического раствора.

Исследования неврологического статуса проводили на белых лабораторных крысах – самцах линии «Wistar» в соответствии с правилами проведения работ с экспериментальными животными. Объектами исследования служили 234 крысы (возраст 6 месяцев, масса 180–200 г) постнатального онтогенеза на 3, 7, 14 сутки после транзиторной билатеральной окклюзии сонных артерий. Контрольным животным осуществлялась билатеральная окклюзия общих сонных артерий при отсутствии дополнительных лечебных манипуляций, первой опытной группе вводили раствор пирарцетама кристаллической формы I, второй группе – раствор формы II. В течение первых 3 суток раствор вводили внутримышечно в область бедра в дозе 300 мг/кг в сутки. В последующие сроки в течение всего времени наблюдения – перорально. Оценка неврологического статуса проводилась по шкале Ворониной Т. А. [7].

Животные подвергались эвтаназии (эфирный наркоз в летальной дозе) согласно требова-

ниям, изложенным в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием лабораторных животных» (1989).

Результаты и обсуждение. Структура и физико-химические свойства образцов пирецетама. Анализ кристаллографических параметров порошков пирецетам показал, что полученный из раствора с рН $3.1 \div 5.7$ порошок пирецетам представляет собой кристаллическую форму I (моноклинная решетка, пространственная группа P21/n) [8], кристаллографические параметры которой хорошо согласуются с параметрами чистого пирецетама [9, 10]. В отличие от формы I чистого пирецетама исследованной в [11], полученная нами форма I остается стабильной достаточно долго: повторный РФА анализ этого же образца, проведенный через 6 месяцев, показал, что структура формы I не изменилась. Повышение рН раствора до $7.1 \div 10.96$ при кристаллизации приводит к образованию пирецетама формы II (триклинная решетка, пространственная группа, P-1) [8].

РФА данные показывают, что уже после 10 мин. механоактивации формы I превращается в форму II. Увеличение времени механоактивации до 30 мин. не приводит к другим полиморфным превращениям. Кристаллографические параметры полученных в настоящей работе порошков пирецетама формы II хорошо согласуются с параметрами, приведенными в работах [10, 12] для формы II, полученной другими методами.

Положение максимумов полос ИК спектров пирецетама формы I и формы II свидетельствует об отсутствии примесей других веществ. В ИК спектре пирецетама формы II, полученного механоактивацией, по сравнению с пирецетамом формы I наблюдаются незначительные изменения в области деформационных C-N колебаний гетероцикла ($1050-1100 \text{ см}^{-1}$) и уширение (на 30 %) полос поглощения в области спектра $1600-1800 \text{ см}^{-1}$, соответствующей валентным колебаниям C = O гетероцикла и C = O амида. Причиной этих эффектов может быть формирование в механоактивированном пирецетаме формы II различных надмолекулярных структур [8].

Растворимость обеих форм пирецетама в дистиллированной воде (рН = 6.7) составляет $72.5 \text{ г}/100 \text{ г}$, что хорошо согласуется с данными в работе [13]. Анализ ИК-спектров свидетельствует о том, что водные растворы пирецетама стабильны не менее 36 ч, затем происходит гидролиз.

Структурно-чувствительные свойства пирецетама форм I и II в дистиллированной воде были исследованы с целью выяснения, сохраняется ли различие структурного состояния молекул пирецетама при растворении пирецетама форм I и II, или при взаимодействии с водой эти различия исчезают. На рисунках 1–1а и 1–2а приведены концентрационные зависимости динамической вязкости и температурного коэффициента объемного расширения соответственно растворов пирецетама формы II при различных температурах. Для растворов формы I характер зависимости практически такой же. Динамическая вязкость водных растворов пирецетама формы II несколько ниже, чем формы I (рис. 1–1б). Для растворов пирецетама формы I и II (7.4 мол.%) избыточная плотность (при $25 \text{ }^\circ\text{C}$) составляет $0,0871$ и $0,0789 \text{ г}/\text{см}^3$ соответственно.

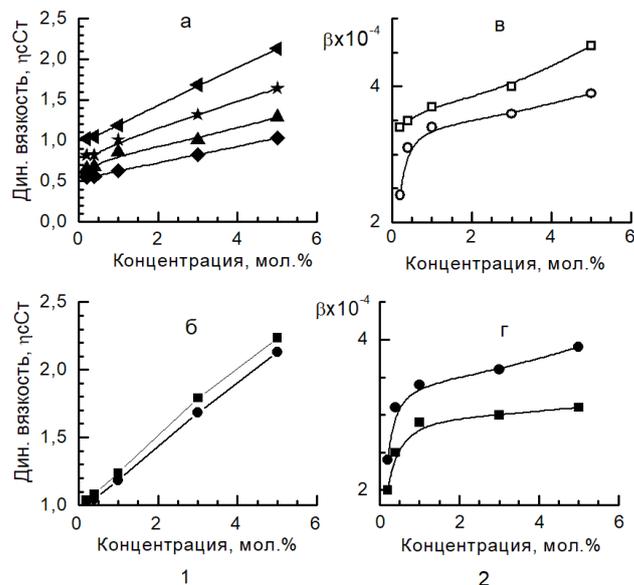


Рисунок 1 – Концентрационная зависимость динамической вязкости (1) и температурного коэффициента объемного расширения (2) растворов пирецетама:

- 1: (а) – форма II: ◀ – $20 \text{ }^\circ\text{C}$, ★ – $30 \text{ }^\circ\text{C}$, ▲ – $40 \text{ }^\circ\text{C}$, ◆ – $50 \text{ }^\circ\text{C}$;
 (б) – форма I (■) и форма II (●), $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
 2: (в) – форма II: ○ – $20-30 \text{ }^\circ\text{C}$, □ – $20-50 \text{ }^\circ\text{C}$;
 (г) – форма I (■) и форма II (●), $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Все эти различия свидетельствует о повышении гидрофобности молекулы пирецетама при растворении формы II. Уменьшение доли связанных молекул воды подтверждается повышением температурного коэффициента объемного расширения: $4.5 \cdot 10^{-4}$ и $5.1 \cdot 10^{-4}$ для растворов пирецетама формы I и II соответственно.

Величина рН растворов парацетама формы I и II (0.98 мол. %), полученных кристаллизацией из растворов с различными рН, практически одинакова: 5.90 и 5.98 соответственно.

Парацетам, как и все амиды, является слабой NH-кислотой, атомы водорода NH₂ группы могут замещаться на атомы металла, в данном случае – на атомы натрия из ацетата натрия. Увеличение количества ионов водорода в растворе с ростом концентрации приводит к наблюдаемому понижению рН водного раствора парацетама формы I. Для раствора с рН = 5.89 количество молекул парацетама, прореагировавших с натрием, составляет величину порядка 10⁻⁶ моль/л.

Водный раствор (0.39 мол.%) парацетама формы II, полученного механоактивацией, имеет значение рН нейтральной среды (6.66), которое повышается с ростом концентрации парацетама до 7.59 для раствора 0.98 мол.%. Различное поведение значений рН свидетельствует об изменении механизма гидролиза, т.е. об изменении характера взаимодействия гидрофильных групп молекулы парацетама, участвующих в гидролизе, который определяется зарядовым состоянием этих групп. Одной из причин изменения механизма гидролиза может быть образование внутримолекулярных водородных связей между NH₂-группой амида и C = O группой амина в молекуле парацетама формы II вследствие более благоприятных стерических условий, возникающих при механоактивации. В результате изменяется эффективный заряд на NH₂-группе и кислотные свойства парацетама подавляются.

Еще одной возможной причиной подавления гидролиза может быть таутомерное превращение – переход атома водорода от NH₂ группы к ближайшей C = O группе, в результате чего понижается гидрофильность обеих групп. Если предположить, что одна гидроксильная группа появляется в результате взаимодействия с водой одной молекулы парацетама, то в растворе 0.98 мол.% в таком взаимодействии участвует порядка 10⁻⁷ молекул, т.е. количество таутомеров или молекул парацетама формы II с внутримолекулярной связью чрезвычайно мало.

Таким образом:

- кристаллизацией из водных растворов парацетама с разной рН были получены разные кристаллические формы парацетама – формы I и II;
- механоактивацией в шаровой планетарной мельнице химическая структура формы II

была изменена – в результате механоактивации образовалась внутримолекулярная водородная связь.

Биологические свойства полученных форм парацетама. Одним из предполагаемых механизмов ноотропного действия парацетама является его влияние на эластические свойства биологических мембран [14]. Отмеченное подтверждается исследованием воздействия парацетама формы I и формы II с внутримолекулярной водородной связью (ВВС) на осмотическую резистентность эритроцитов человека. Без применения парацетама гемолиз наблюдался при смешивании образца крови с 0.4 %-ным раствором хлорида натрия.

Смешивание крови с раствором формы I давало тот же результат. Парацетам формы II с ВВС повышал устойчивость эритроцитов к осмотическому гемолизу до 0.35 %-ного раствора хлорида натрия.

Исследования неврологического статуса на лабораторных крысах показали следующее.

На 3-и сутки после временной окклюзии общих сонных артерий без последующей коррекции парацетама (контрольная группа) наблюдалась заметная динамика морфофункциональной организации двигательной коры крыс.

Выраженные морфологические ответы тел нейронов во II, III слоях коры проявлялись в набухании тел значительного процента нервных клеток, проявления, вакуолизации их цитоплазмы. Изменения в V, VI слоях коры больших полушарий менее заметны (табл. 1).

Обнаружено просветление кариоплазмы, умеренная вакуолизация цитоплазмы, умеренно выраженные проявления тигролиза. В отдельных нейронах наблюдается перераспределение тел нейронов и появление тесно прилежащих пар или групп из нескольких перикарионов нейронов.

Аналогичные изменения наблюдались после острой окклюзии и применения парацетама формы I.

Введение парацетама формы II с ВВС сопровождается существенными различиями, как в степени ответных реакций на гипоксию, так и в преобладании особенностей возможных морфологических ответов. Набухание нейронов в поверхностных слоях коры менее выражено. При этом число клеток с проявлениями сморщивания тел нейронов остается на прежнем уровне. Существенно повысилось число клеток без признаков значительных реактивных изменений перикарионов.

Таблица 1 – Относительное содержание различных популяций ганглионарных нейронов (%) в V слое моторной коры больших полушарий

Время после билат. оккл.	Группа животных	Содержание популяций ганглионарных нейронов (%)			
		Морфологически не измененные	Гиперхромные, сморщенные	Вакуолизованные	Гипертрофированные
3 суток	Контроль	56,2 ± 1,6	24,7 ± 1,5	17,4 ± 1,3	1,7 ± 0,2
	Группа 1	61,4 ± 1,2	20,6 ± 1,3	14,8 ± 1,7	2,9 ± 0,6
	Группа 2	38,4 ± 1,9	22,3 ± 2,1	34,5 ± 1,6	4,8 ± 0,2
7 суток	Контроль	36,1 ± 2,3	29,7 ± 2,0	30,7 ± 1,9	3,5 ± 0,2
	Группа 1	41,2 ± 2,8	26,5 ± 2,7	31,1 ± 2,6	1,2 ± 0,1
	Группа 2	47,3 ± 2,2	17,3 ± 1,3	27,8 ± 1,0	7,6 ± 0,4
14 суток	Контроль	54,5 ± 3,0	18,4 ± 1,7	19,8 ± 2,1	7,3 ± 0,6
	Группа 1	60,4 ± 2,9	16,9 ± 1,2	14,5 ± 1,0	8,2 ± 0,4
	Группа 2	67,2 ± 2,8	14,1 ± 1,1	8,4 ± 0,9	10,3 ± 0,3

На 7-е сутки после острой окклюзии изменения в поверхностных слоях коры больших полушарий в контрольной и первой опытной группах были практически одинаковы. IV, V, VI слои в обеих группах характеризовались реактивными ответами в виде вакуолизации части нейронов и в виде сморщивания с проявлением гиперхромных клеток. Однако проявления грубых очаговых проявлений мозга выявлялись несколько реже в первой опытной группе. Применение формы II с ВВС пираретама во второй опытной группе сопровождалось менее выраженными морфологическими ответами во всех рассматриваемых слоях, однако если в I–III слоях коры динамика сопровождалась уменьшением числа клеток с грубыми проявлениями внутриклеточного отека и вакуолизации, то в глубоких слоях ответные реакции проявлялись в уменьшении гиперхромных сморщенных клеток. Преобладали реакции в виде умеренного набухания и вакуолизации, гипертрофии ядрышкового аппарата. Менее выражены были и проявления тканевого отека.

Экспрессия каспазы 3 при количественном анализе в V слое моторной коры указывает на высокий уровень апоптотических ответов, в среднем составляя $6,7 \pm 0,5$ клеток в поле зрения в контрольной группе, $5,9 \pm 0,4$ – в 1-ой опытной группе и $4,2 \pm 0,3$ – во 2-й опытной группе.

В первой опытной группе на 14-е сутки эксперимента распределение нейронов по степени их реактивности в ответ на транзиторную ишемию указывает на тенденцию к умень-

шению числа вакуолизованных нейронов и повышению содержания морфологически неизмененных популяций, но тенденция эта слабовыраженная и не имеет статистически достоверного характера. Положительное влияние применения пираретама формы I более заметно в глубоких слоях коры больших полушарий. Как и в более ранние сроки, грубые мелкоочаговые изменения более редки по сравнению с контрольной группой. В то же время иммуногистохимическое исследование каспазы 3 в 1-й опытной группе обнаруживало аналогичные тенденции по отношению к контрольной группе ($7,2 \pm 0,5$ клеток в поле зрения в контрольной группе, $6,9 \pm 0,6$ в 1-ой опытной группе). Во 2-й опытной группе обнаруживается значимое уменьшение реактивных нейронов как во II, так и в V слоях коры преимущественно за счет снижения популяции вакуолизованных или сморщенных нейронов, при этом повышается численность гипертрофированных нейронов, что более заметно в V слое. Это сочетается с большей плотностью нейронов в рассматриваемых слоях, что косвенно указывает на уменьшение гибели популяции нервных клеток в условиях коррекции ПА формы II. Отсутствовали зоны фокального некроза. Снижались проявления нейронафагии по сравнению с контрольной группой.

Экспрессия каспазы 3 во 2-й опытной группе проявляет тенденцию к уменьшению числа нейронов ($3,9 \pm 0,4$ клеток в поле зрения) с высокой экспрессией белка. Распределение клеток, как и в контрольной группе, носит диф-

фузный характер в виде отдельных нейронов либо групп из нескольких клеток. Склонность к группировкам обнаруживается в основном в поверхностных слоях коры, в то время как одиночные нейроны с высокой экспрессией каспазы 3 выявляются в V–VI слоях коры больших полушарий.

Таким образом, можно заключить, что применение пираретама формы II с ВВС оказывает влияние в острый период ишемической реакции мозга преимущественно за счет протективного ответа на клеточные популяции.

Выводы. Кристаллизацией из водных растворов получены кристаллические формы пираретама I и II. **Форма I, полученная кристаллизацией из уксуснокислого водного раствора пираретама, стабильна при комнатной температуре в течение длительного времени (не менее 6 месяцев) в отличие от описанного в литературе чистого пираретама этой формы, полученного при повышенной температуре.**

Кристаллизацией из водных растворов получены кристаллические формы пираретама I и II. **Форма I, полученная кристаллизацией из уксуснокислого водного раствора пираретама, стабильна при комнатной температуре в течение длительного времени (не менее 6 месяцев) в отличие от описанного в литературе чистого пираретама этой формы, полученного при повышенной температуре.**

Механоактивация пираретама формы I в течение 30 мин. приводит к формированию формы II. **Механоактивация формы II не изменяет ее кристаллической структуры, при этом изменяется зарядовое состояние NH₂-группы и C = O группы амина, приводящее к изменению механизма гидролиза пираретама.**

Более высокая биологическая активность пираретама формы II проявляется, во-первых, в более высокой осмотической резистентности эритроцитов в растворе пираретама этой формы по сравнению с раствором пираретама формы I. **Во-вторых, выявлено более эффективное действие формы II в острый период ишемической реакции мозга преимущественно за счет протективного ответа на клеточные популяции.**

Проведено исследование влияния пираретама разного кристаллического строения на осмотическую резистентность эритроцитов человека и репаративные процессы моторной коры больших полушарий лабораторных крыс после транзиторной билатеральной окклюзии сонных артерий. Прием механоактивированной формы II оказывает мембрано-

протективное действие, проявляющееся в повышении осмотической резистентности эритроцитов. Возможно, аналогичные эффекты в ходе постишемических ответов мозга после перенесенной острой билатеральной транзиторной ишемии мозга проявляются в большей выживаемости животных, снижении проявлений апоптозов и вакуолизации нейронов, менее выраженных проявлений глиоза.

Для эффективного взаимодействия вещества с рецепторами мембраны клеток необходима такая структура молекул, которая обеспечивает наиболее тесный контакт с рецепторами. От степени сближения вещества с рецептором зависит прочность межмолекулярных связей.

Результаты физико-химических исследований позволяют предположить, что в результате механоактивации в молекуле пираретама формируется внутримолекулярная водородная связь. Возможно, что изменение взаимного расположения групп C = O и -NH₂ способствует улучшению условий контакта этих групп с рецепторами мембраны. Кроме того, увеличение гидрофобности формы II с внутримолекулярной водородной связью по сравнению с немеханоактивированным пираретамом формы II и с пираретамом формы I сопровождается увеличением липофильности, что должно способствовать улучшению биологической доступности пираретама и, следовательно, повышению его эффективности.

Авторы выражают благодарность И. Вольхиной за участие в биологических экспериментах.

Список литературы

1. Инсульт у животных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dobrovvet.ru (дата обращения 10.04.2020).
2. Анемия головного мозга и его оболочек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vetvo.ru> (дата обращения: 10.04.2020).
3. Инсульт у животных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vetusklinika.ru/diseases/cardiovascular/insult-animal> (дата обращения: 10.04.2020).
4. ResearchGate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net> (дата обращения: 10.04.2020).
5. Дубинская, А. М. Механохимия лекарственных веществ (обзор) / А. М. Дубинская // Химико-фармацевтический журнал. – 1989. – Т. 23. – № 6. – С. 755–764.
6. Pratapa, S. Development of MgO ceramic standards for x-ray and neutron line broadening assessments /

S. Pratapa, B. O'Connor // *Advances in X-ray Analysis*. – 2001. – V. 45. – P. 41–47.

7. Хабриев, Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Р. У. Хабриев. – М., 2000.

8. Канунникова, О. М. Влияние различных деформационных воздействий на структурно-химическое состояние парацетама / О. М. Канунникова, С. С. Михайлова, О. В. Карбань, и др. // *Деформация и разрушение материалов*. – 2015. – № 2. – С. 9–15.

9. Kazantsev, A. *Molecular Flexibility in Crystal Structure Prediction* / A. Kazantsev // Thesis for the Doctor of Philosophy degree of Imperial College London, UK. 2011. – 223 p.

10. Fabbiani, F. P. A. An exploration of the polymorphism of piracetam using high pressure / F. P. A. Fabbiani, D. R. Allan, S. Parsons, C. R. Pulham // *Cryst. Eng. Comm.* – 2005. – V. 7. – № 29. – P. 179–186.

11. Louer, D. Structure of a metastable phase of piracetam from X-ray powder diffraction using the atom-atom potential method / D. Louer, M. Louer, V. A. Dzyabchenko, V. Agafonov, R. Ceolin // *Acta Crystallogr. B*. – 1995. – V. 51. – P. 182–187.

12. Admiraal, G. Structures of the triclinic and monoclinic modifications of (2-Oxo-1-pyrrolidinyl)acetamide / G. Admiraal, J. C. Eikelenboom, A. Vos // *Acta Crystallogr. B*. – 1982. – V. 38. – P. 2600–2605.

13. Парацетам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.selekhem.com/products/piracetam (дата обращения: 11.04.2020).

14. Winblad, B. Piracetam: a review of pharmacological properties and clinical uses. *CNS* / B. Winblad // *CNS Drug Reviews*. – 2005. – № 11. – P. 169–82.

Spisok literatury

1. Insul't u zhivotnyh [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: www.dobrovot.ru (дата обращения 10.04.2020).

2. Anemiya golovnogo mozga i ego oboloček [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://vetvo.ru> (дата обращения: 10.04.2020).

3. Insul't u zhivotnyh [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://www.vetusklinika.ru/diseases/>

cardiovascular/insult-animal (дата обращения: 10.04.2020).

4. ResearchGate [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net> (дата обращения: 10.04.2020).

5. Dubinskaya, A. M. Mekhanohimiya lekarstvennyh veshchestv (obzor) / A. M. Dubinskaya // *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal*. – 1989. – T. 23. – № 6. – S. 755–764.

6. Pratapa, S. Development of MgO ceramic standards for x-ray and neutron line broadening assessments/ S. Pratapa, B. O'Connor // *Advances in X-ray Analysis*. – 2001. – V. 45. – P. 41–47.

7. Habriev, R. U. Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv / R.U. Habriev. – М., 2000.

8. Kanunnikova, O. M. Vliyanie razlichnyh deformatsionnyh vozdeystvij na strukturno-himicheskoe sostoyanie piracetama / O. M. Kanunnikova, S. S. Mihajlova, O. V. Karban', i dr. // *Deformaciya i razrushenie materialov*. – 2015. – № 2. – С. 9–15.

9. Kazantsev, A. *Molecular Flexibility in Crystal Structure Prediction* / A. Kazantsev // Thesis for the Doctor of Philosophy degree of Imperial College London, UK. 2011. – 223 p.

10. Fabbiani, F. P. A. An exploration of the polymorphism of piracetam using high pressure / F. P. A. Fabbiani, D. R. Allan, S. Parsons, C. R. Pulham // *Cryst. Eng. Comm.* – 2005. – V. 7. – № 29. – P. 179–186.

11. Louer, D. Structure of a metastable phase of piracetam from X-ray powder diffraction using the atom-atom potential method / D. Louer, M. Louer, V. A. Dzyabchenko, V. Agafonov, R. Ceolin // *Acta Crystallogr. B*. – 1995. – V. 51. – P. 182–187.

12. Admiraal, G. Structures of the triclinic and monoclinic modifications of (2-Oxo-1-pyrrolidinyl)acetamide / G. Admiraal, J. C. Eikelenboom, A. Vos // *Acta Crystallogr. B*. – 1982. – V. 38. – P. 2600–2605.

13. Парацетам [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: www.selekhem.com/products/piracetam (дата обращения: 11.04.2020)

14. Winblad, B. Piracetam: a review of pharmacological properties and clinical uses. *CNS* / B. Winblad // *CNS Drug Reviews*. – 2005. – № 11. – P. 169–82.

Сведения об авторах:

Канунникова Ольга Михайловна – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел. 8(922)681-44-51, e-mail: olam313597@gmail.com).

Васильев Юрий Геннадьевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии и физиологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел. 8(909)065-29-43, e-mail: olam313597@gmail.com).

Берестов Дмитрий Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой анатомии и физиологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел. +7(3412) 59-15-20, 77-16-27).

Yu. G. Vasiliev, O. M. Kanunnikova, D. S. Berestov
Izhevsk State Agricultural Academy

EFFECT OF PIRACETAM STRUCTURE ON THE LABORATORY RATS' REPARATIVE PROCESSES OF THE MOTOR CORTEX OF THE CEREBRAL HEMISPHERES AFTER TRANSIENT BYLATERAL OCCLUSION

Vascular diseases that lead to impaired cerebral circulation are the cause of death among animals, although they are much less common than among humans. Animals of all types get sick, but most often horses. Just as in the case of cerebral circulation disorders in humans, nootropic drugs are used in veterinary practice.

It is known that the biological activity of organic substances directly depends on their crystal and chemical structure. The interrelation "structure - biological properties (therapeutic effectiveness)" is relevant. At room temperature, piracetam can be found in three crystalline forms-I, II, III. Comparative studies of the biological activity of piracetam of different crystal forms are not available in the open press, therefore, such studies stay relevant.

A study of interrelation of a crystalline and chemical structure of piracetam when its influence on osmotic resistance of human red blood cells, and on reparative processes of the motor cortex of laboratory rats after transient bilateral occlusion of carotid arteries.

By crystallization from aqueous solutions of piracetam with different pH, different crystalline forms of piracetam were obtained – forms I and II: from a solution with a pH < 7, form I crystallizes, and from a solution with a pH > 7, form II. Mechanical activation in a spherical planetary mill results in transforming form I into form II. The crystal structure of form II does not change during mechanical activation, though the chemical structure does. The results of physical and chemical studies suggest that as a result of mechanical activation, an intramolecular hydrogen bond is being formed in the piracetam molecule. Moreover, the difference in the spatial structure of forms I, II and II with intramolecular coupling persists for some time in aqueous solutions.

There was a high survival rate of animals observed acquiring the form of piracetam after transient bilateral carotid artery occlusion. They also had a decrease in the manifestations of apoptosis and vacuolization of neurons, less pronounced manifestations of gliosis. Currently, it is assumed that piracetam molecules bind to the polar heads of phospholipids in the cell membranes, which leads to the reorganization of lipids. As a result, the elasticity of the cell membrane rises. It is possible that the restoration of cell membrane elasticity is the key factor responsible for most of the clinical effects of piracetam. Phospholipids interact with groups C = O and-NH₂, the latter possessing of an effective charge. It is admissible that the mutual arrangement of C = O and-NH₂ groups in a form II of the piracetam molecule with an intramolecular hydrogen bond provides better contact conditions for these groups with the membrane receptors compared to the molecules of form I and form II without an intramolecular hydrogen bond. In addition, an increase in the hydrophobicity of form II with an intramolecular hydrogen bond is accompanied by an increase in lipophilicity, which increases the bioavailability of piracetam and thus, increases the effectiveness of this form of piracetam. The membranoprotective effect of form II with intramolecular hydrogen bonding leads to an increase in osmotic resistance of red blood cells and to the observed post-ischemic responses of the brain after acute bilateral transient brain ischemia having been manifested.

Key words: *piracetam; crystal structure; chemical structure; laboratory rats; reparative processes; large brain hemispheres; transient bilateral occlusion of the carotid arteries.*

Authors:

Kanunnikova Olga Mikhailovna – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Chemistry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, tel. 8(922)681-44-51, e-mail: olam313597@gmail.com).

Vasiliev Yuri Gennadievich – Doctor of Medicine, Professor, Department of Anatomy and Physiology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, tel. 8(909)065-29-43, e-mail: olam313597@gmail.com).

Berestov Dmitry Sergeevich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Anatomy and Physiology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, tel. +7(3412) 59-15-20, 77-16-27).

УДК 638.145.3(470.51)

С. Л. Воробьева, А. С. Фёдорова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ПОРОДЫ ПЧЕЛ И ИХ ПОМЕСЕЙ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Подвергаясь постоянному влиянию, как искусственного, так и естественного отбора, у пчел меняются морфометрические и хозяйственно полезные качества. Особенно эти преобразования затронули среднерусскую породу пчёл, разводимую в Удмуртской Республике. Оказавшись малоустойчивыми, медоносные пчелы поддались влиянию южных пород. Целью исследований является анализ селекционных признаков среднерусской породы пчел и их помесей в Удмуртской Республике.

Материалом для исследований послужили чистопородные среднерусские пчелы и их помеси. Морфологическая оценка осуществлялась по методике А. А. Алпатова, а медовая продуктивность оценивалась с учетом количества кормового и товарного меда. В статье представлен сравнительный анализ результатов морфологических (прямых) признаков – длина хоботка, ширина третьего tergита, ширина и длина передних крыльев, кубитальный индекс; косвенных признаков – поведение пчёл при осмотре и открывании гнезда, масса однодневной пчелы, масса неплодной и плодной матки пчел.

Среди опытных групп выявлена наибольшая длина хоботка у чистопородных пчел – 6,18 мм, длина крыла – 9,8, но наименьшая ширина передних крылышек 3,07 мм. Медовая продуктивность от одной пчелиной семьи среднерусской породы за сезон составила – 18,2 кг, от помесных пчел – 13,6. Определенно, что чем выше морфологические признаки у испытуемых групп, тем больше они показывают наивысшую медовую продуктивность за сезон.

Ключевые слова: пчелиная семья; порода; морфологические признаки; длина хоботка; ширина третьего tergита; кубитальный индекс; медовая продуктивность.

Актуальность. Успешная работа в отрасли пчеловодства зависит от направленной селекционной работы, опирающаяся в значительной степени на исходный материал. В данном случае под термином «исходный материал» рассматривается использование определенного типа породы медоносной пчелы в каждой пчеловодной зоне. Под влиянием человечества пчелиные семьи претерпели многие изменения. Особенно очевидны следы видоизменений в наследственной форме. Среднерусская порода обнаружила в себе комплектование свойств южных, а чаще всего серых горных кавказских и желтых кавказских пчел. Появившиеся помеси с изменениями на генном уровне потеряли возможность передачи стабильных свойств, а также отличительных черт, свойственных среднерусской породе медоносных пчел. В существенной степени данному положению способствовало обширное использование межпородной гибридизации. Возникающие межпородные формы представляют собой набор разнообразных сочетаний генетических структур, что заставляют в дальнейшем задуматься о неопределенных характеристиках вида [10, 12].

Цель исследования – провести сравнительный анализ породной принадлежности пчелиных семей и их медовой продуктивности

в природной – климатической зоне Удмуртской Республики.

Для решения поставленной цели определены следующие **задачи**:

1. Исследовать природно-климатические условия на территории Удмуртской Республики.
2. Определить породную принадлежность пчёл, провести анализ экстерьерной оценки основных и косвенных признаков.
3. Осуществить анализ медовой продуктивности пчелиных семей.

Материал и методика исследований. Исследование осуществлялось в 2019 г. на стационарных пасеках в Можгинском и Увинском районах Удмуртской Республики. Предметом данного исследования явились среднерусские медоносные пчелы и их помеси. Для проведения экспериментальных исследований были сформированы две опытные группы, по 10 пчелиных семей из каждого района, методом пар-аналогов, идентичных по силе семьи, количеству печатного расплода и мёда, конструкции и размера ульев. Опытные группы сравнивались по степени отклонения от стандарта среднерусской породы. Морфологическая оценка была осуществлена по принципу работы, разработанной А. А. Алпатовым (1948), с использованием бинокулярного микроскопа МИК-

МЕД – 5 и линейки окуляр – микрометра. Медовая продуктивность учитывалась по сумме валового сбора. Статистическую обработку полученных сведений выполняли на платформе Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. Климатические условия в Удмуртской Республике умеренные, с продолжительной холодной и многоснежной зимой, сравнительно теплым летом и сменяющимися двумя переходными сезонами. Состояние оптимального влажного воздуха совершается за счёт циклонов, несущих с Атлантики. По данным «Удмуртского агентства по специализированному гидрометеобеспечению», в Можгинском и Увинском районе абсолютный максимум температуры составляет (+38 °С) минимум (-48 °С). Северным и морозным в году месяцем считается январь (-14,5 °С), а наиболее жарким – июль (+18 °С). Первоначальный холод близится во второй половине сентября, а последние холодные дни – в конце мая. Образование гололеда возможно с октября по апрель. Атмосферные дожди льют непостоянно, значительная их доля приходится в раннелетний промежуток. За год в среднем выпадает 500–525 мм осадков. В течение года преобладают юго-западные и южные направления ветров, а летом возможно ожидать еще и северо-западное. Средняя скорость ветра за год 3–4 м/с. Удмуртская Республика полностью подходит под дальнейшее развитие и улучшение основных признаков пчел среднерусской породы.

Технология содержания пчелиных семей имеет высокое значение в отрасли пчеловодства, ее роль – создание оптимального условия для роста, развития и продуктивности пчелиных семей, облегчая труд пчеловода, при максимальной производительности [2].

В опыте (табл. 1) на пасечных территориях используются ульи 12 и 16-рамочного типа, состоящего из одного корпуса и магазинной надставки. Сочетающие в себе подходящие рамки с размерами 435×300 мм.

В связи с тем, что в Удмуртии преобладают достаточно суровые зимы, пчеловоды практикуют содержание пчелиных семей в зимовниках. В южных районах обходятся и без них, так как пчелы круглый год находятся «на воле». В зависимости от климатических условий и уровня грунтовых вод строят подземные, полуподземные и надземные. Причем под контролем обязательно находится температура воздуха около 0 °С с колебаниями не более 1–2 °С и влажностью воздуха в пределах 75–80 %. Сырые помещения совершенно не пригодны [12].

На опытной пасеке № 1 в данном случае используется зимовник надземный, так как вблизи земельного участка располагается водоем и уровень залегания подземных вод, в данном случае выше, вторая пасека применяется для этих целей подземный зимовник.

Расширение пчелиных семей проводится естественным способом – роением и искусственным, за счёт формирования новой семьи. Пчелиная семья, приближающаяся к процессу роения, сокращает яйцекладку матки, выкармливание расплода, прекращает воссоздавать соты, а также снижает получение пыльцы с нектаром. В окончательном результате уменьшается медовая и восковая эффективность пчёл. В крупных племенных репродукторах естественное размножение стремятся предотвращать в связи с трудностями по проведению селекционной деятельности, так как взамен усовершенствования наследственных качеств совершается неблагоприятный отбор семей на ройливость, а также заниженную эффективность. Полностью ликвидировать такое состояние медоносной пчеле не удастся. Поэтому активно используют искусственное размножение, наращивая в весенний сезон сильные семьи к главному медосбору. Оно даёт возможность организованно осуществлять прирост семей на пасеке и является средством по предупреждению роения.

Таблица 1 – Технология содержания пчёл

Показатель	Опытная пасека № 1	Опытная пасека № 2
Типовая конструкция ульев	12 и 16-рамочные улья, с магазинной надставкой	16-рамочные улья, с магазинной надставкой
Тип рамки	Гнездовая, магазинная	Гнездовая, магазинная
Размер гнездовой/магазинной рамки	435×300 и 435×145	435×300 и 435×145
Зимовка пчёл	Зимовник надземный	Зимовник подземный
Способ размножения	Искусственный, естественный	Естественный
Кормовая база	100 %	100 %
Феромонные препараты	Активное использование	Среднее использование
Добавление воицины весной, шт.	1–2	1–2

Способы искусственного размножения по наиболее применимому методу различают: формированием отводков, делением семьи на пол-лета и налетом на матку [1, 11].

Размножение пчелиных семей на опытных пасеках производится естественным способом, тем не менее, первая опытная группа использует ещё и искусственное разведение. Для формирования отводков выращивают индивидуальную новую семью (из пчел и расплода одного материнского гнезда) и сборную (от нескольких семей). Назначение отводков изменяется в зависимости от потребности: продажа пчелиных пакетов, получение плодных пчелиных маток.

Кормовая база представляет собой основу успеха на пасеке любой специализации. Для правильного использования и максимального производства продукции важное значение имеет оценка местности в медоносном отношении. Удмуртская Республика представлена лесными медоносами – липа, черемуха, рябина, калина; многолетними посевными травами – люцерна, донник, гречиха, клевер; медоносами садов и огородов – вишня садовая, яблоня, малина, смородина; и другими дикорастущими растениями [8, 13, 16].

Опытные пасеки в полном объеме обеспечены кормовой базой на всей территории. Практикуется высевание культурных и декоративных растений для усиления и повышения медовой продуктивности.

Установление породной принадлежности осуществляется при проведении морфологической оценки в сравнительном анализе основных и косвенных признаков (табл. 2). У рабочих пчёл исследуются показатели, которые в большой степени характеризуют породную принадлежность, такие показатели, как длина хоботка, ширина 3-го тергита, длина и ширина переднего крыла, кубитальный индекс [5].

Строение хоботка у всех особей одинаковое, разница заключается лишь в длине. У маток среднерусской породы она равна 4,14 мм, у трутней – 4,04 мм. У рабочих пчел длина хоботка колеблется в больших пределах, зависящая от принадлежности к той или иной породе – от 5,5 до 7,2 мм и длительной эволюцией с растительными сообществами различного видового состава. Как правило, пчелы, имеющие наиболее длинный хоботок, способны приносить нектар из цветков, где он расположен более глубоко. Данный критерий стабильно переходит по наследству, а также обладает независимой селекционной значимостью [14, 19, 20].

Анализируя таблицу № 2, выяснилось, что длина хоботка в опытных группах, находящаяся в пределах 6,07–6,18 мм, что соответствует стандарту среднерусской породы пчёл, стоит отметить, что минимальная величина была на уровне 6,02 мм, а максимальная – 6,29 мм.

Ширина 3-го тергита (спинное полукольцо), также сходна со стандартом, в колебаниях от 5,00 до 5,05 мм, при C_v – 0,471–0,845 %. Условная ширина третьего тергита оказывает прямое воздействие на размер тела пчелы, причем изменение этого показателя отрицательно влияет на продуктивность (снижение медового зобика нектаром, экскрементная работа задней доли кишечного тракта, работа дыхательной системы).

Необходимо учитывать показатели длины и ширины крыла. В представленном исследовании рассматриваются только передние крылья. Так, длина передних крыльев пчел в опытной группе № 1 превосходит на 0,2 мм аналогов опытной группы № 2 при C_v – 2,46–2,35. Ширина крыла медоносных пчёл отличается на 0,33 мм в пользу опытной группы № 2 и превосходит стандарт породы на 0,2 мм, с C_v – 6,19–11,02.

Таблица 2 – Морфологические признаки пчёл

Показатель	Стандарт среднерусской породы	Опытная пасека № 1		Опытная пасека № 2	
		$x \pm m$	$C_v, \%$	$x \pm m$	$C_v, \%$
Окраска тела	Темно-серая	Темно-серая	–	Темно-коричневая	–
Длина хоботка, мм	6,0–6,4	$6,18 \pm 0,008$	0,95	$6,07 \pm 0,006$	0,71
Ширина 3-го тергита, мм	4,8–5,2	$5,05 \pm 0,006$	0,84	$5,00 \pm 0,003$	0,47
Длина крыла, мм	9,3–10,2	$9,8 \pm 0,034$	2,46	$9,6 \pm 0,032$	2,35
Ширина крыла, мм	2,9–3,2	$3,07 \pm 0,026$	6,19	$3,4 \pm 0,053$	11,02
Кубитальный индекс, %	60–65	$62,75 \pm 0,07$	0,79	$52,30 \pm 0,68$	0,09
Печатка меда	Белая/светлая	светлая	–	светлая	–

Крылышки пчел имеют способность быстро изнашиваться. Под влиянием создания вентиляции, уборки пчелиного гнезда, а особенно периода главного медосбора. По этой причине пасеки необходимо располагать рядом с ресурсами медосбора и массивами аграрных культур, чтоб уменьшить затраты времени и силы пчел [3].

Кубитальный индекс также используется для определения расовой принадлежности пчёл. Благодаря этому возможно безошибочно определить долю чистопородности медоносной пчелы. Он вычисляется как отношение длины меньшей жилки к длине большой, в этой ячейке и выражается в процентах. Именно третья кубитальная ячейка показывает форму и направленность породы, среднерусская медоносная пчела имеет широкую и «коренастую».

Исследования показали, что среднее значение кубитального индекса у пчелиных семей подопытной группы № 1 соответствует стандарту и находится в пределах 62,75 %, опытная группа № 2 имеет сниженный показатель – 52,30 %, что говорит о содержании в помесях, примесь южных пород.

Коэффициент вариации сравнительно низкий, что свидетельствует об однородности анализируемого материала данного эксперимента.

В этих же целях во время осмотров гнезд определяют косвенные признаки: злобливость пчел; окраску их тела; поведение; характер печатки меда; наличие или отсутствие восковых перемычек, соединяющих соседние соты; сопоставляя затем полученные результаты со стандартом соответствующей породы.

Косвенные признаки характеризуют проявление поведенческих, воспроизводительных и медопродуктивных качеств пчелиных семей (табл. 3). Самым необходимым признаком для селекционера является скороспелость и плодовитость маток пчелиных семей [14].

Стоит отметить, что результативные свойства пчелиной семьи формируются особенностью матки. При отборе матки принимают во внимание ее потомственные характер-

ные черты (вид, продуктивность, ройливость), а также зоотехнические кондиции (масса, повреждение туловища, число и качество расплода, сила).

Необходимо выделить то, что среднерусская порода пчел (*Apis mellifera mellifera*) отличается хорошей зимостойкостью, положительным преимуществом, которым служит для разведения в зоне с затяжной зимой. Цвет хитина однородный, с темно-серой окраской, масса медоносной пчелы в однодневном возрасте составляет 100–110 мг, неплодная матка весит 190–200 мг, а плодная более 210 мг и более [18].

В ходе анализа выявилось (табл. 3), что пчелы опытной пасеки № 1 имеют приближенные значения к стандарту среднерусской породы, расхождения между группами в показателе массы однодневной пчелы составляет –6,23 г, а опытной группе № 2 различие составляет 12,78 г, неплодной матки соответственно – 3,94 г и 7,73 г, плодные матки, соответственно – 6,72 г и 10,09 г. Принято считать, чем больше пчелиная матка, тем правильнее сформированы её яичники, тем выше и интенсивней совершается яйцекладка в гнезде.

Для правильного использования пчелиных семей и максимального производства продукции большое значение имеет оценка медовой продуктивности пчелиных семей.

В данном эксперименте медовая эффективность обуславливалась количеством меда, откаченного на протяжении сезона и сохраненного пчелами кормовых резервов (табл. 4).

Медовая продуктивность имеет значение не только в чистопородном разведении, но и в использовании семей-помесей. Совместно с этим наиболее значительная по сравнению с исходным материалом эффективность помесей прослеживается в первоначальном поколении, а в дальнейшем их превосходство стремительно снижается. Одновременно результативность скрещивания помесей случается тем ниже, чем менее являются чистопородными матки и трутни, в нем участвующие [4, 6].

Таблица 3 – Косвенные признаки пчёл

Показатель	Стандарт среднерусской породы	Опытная пасека № 1		Опытная пасека № 2	
		X ± m	Cv, %	X ± m	Cv, %
Поведение пчел, при осмотре гнезда	Покидают сот	Покидают сот	–	Покидают сот	–
Поведение пчел, при открывании гнезда	Агрессивное	Агрессивное	–	Агрессивное	–
Масса однодневной пчелы, г	100–110	103,77 ± 0,84	5,74	97,22 ± 0,94	6,88
Масса неплодной матки, г	180–190	186,06 ± 0,51	1,96	182,27 ± 0,75	2,94
Масса плодной матки, г	200–210	203,28 ± 0,68	2,37	199,91 ± 0,95	3,36

Таблица 4 – Медовая продуктивность пчёл

Показатель	Опытная пасаека № 1	Опытная пасаека № 2
Валовый сбор меда, кг	209	161
Товарный мед, кг	182	136
Кормовой мед, кг	27	25
Товарный мёд на пчелосемью кг	18,2 ± 0,10	13,6 ± 0,09

Пчелы из опытной группы № 1 были наиболее активны и приносили большее количество меда – 209 кг, на 10 пчелосемей, что на 48 кг больше в сравнении с помесями. Обеспечение кормовым мёдом даёт поддержку семьям в зимний период, в связи с этим для первой группы его оставляют с запасом – 27 кг, вторая – 25 кг, вследствие чего оставшийся мёд реализован в качестве товарной продукции. В целом за время испытания пчелиные семьи на опытной пасеке № 1 выявили наиболее максимальную продуктивность.

Заключение. Исследования показали, что при медосборе за сезон валовый сбор мёда составил в Можгинском районе 180 кг, таким образом, товарный мед на одну пчелиную семью составлял около 18,2 кг, что больше, чем в опытной группе № 2 на 4,6 кг. В сильных семьях, в которых создавался наиболее благоприятный температурный режим, выращивались высококачественные пчелы, по морфологии они крупнее, обладали более длинным хоботком на 0,11 мм, шириной 3-го тергита на 0,05 мм, длине крыла – на 0,2 мм и кубитальному индексу – на 10,45 %, но уступали в ширине крыла на 0,33 мм. Всё это говорит о том, что сохранение чистопородного состава является значимым резервом по увеличению медовой продуктивности пчелиных семей. Помесные типы могут долго сохранять видовые признаки, определяющие биологическую и хозяйственную ценность.

Список литературы

1. Воробьева, С. Л. Влияние абиотических факторов на продуктивность пчел в условиях Удмуртской Республики / С. Л. Воробьева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 1667.
2. Воробьева, С. Л. Влияние разных технологий зимовки на мёдопродуктивность пчелиных семей в условиях Среднего Предуралья / С. Л. Воробьева, Н. А. Санникова // Зоотехническая наука на удмуртской земле. Состояние и перспективы: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. – С. 21–26.

3. Воробьева, С. Л. Динамика работы медоносных пчел в период главного медосбора / С. Л. Воробьева // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2011. – С. 117–119.

4. Воробьева, С. Л. Качественные показатели меда Удмуртской Республики / С. Л. Воробьева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 16–67.

5. Воробьева, С. Л. Морфометрические показатели пчёл Удмуртии / С. Л. Воробьева // Вестник Ижевской ГСХА. – 2008. – № 2 (16). – С. 20–21.

6. Воробьева, С. Л. Характеристика экологических факторов, влияющих на жизнедеятельность пчелиных семей в природно-климатических условиях Среднего Предуралья: дис. ... учен. степ. докт. с.-х. наук / Воробьева Светлана Леонидовна. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 272.

7. Воробьева, С. Л. Экономическая эффективность содержания пчел при проведении профилактических обработок / С. Л. Воробьева // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – С. 87–89.

8. Кислякова, Е. М. Кормовая база пчеловодства Удмуртии / Е. М. Кислякова, С. И. Коконов, С. Л. Воробьева, Н. А. Санникова // Пчеловодство. – 2015. – № 1. – С. 26–27.

9. Кривцов, Н. И. Нектароносные растения Рязанской области и их пыльца / Н. И. Кривцов, А. П. Савин, С. В. Полякова и др. – Рыбное, 2007. – С. 288.

10. Кривцов, Н. И. Генофонд пчел *Apis mellifera mellifera* L. в России // Пчеловодство XXI век. Темная пчела (*Apis mellifera mellifera* L.) в России: м-лы Междун. конф. – М.: Пищепромиздат, 2008. – С. 22–27.

11. Кривцов, Н. И. Пчеловодство / Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев, Г. М. Туников. – М.: Колос, 2007. – С. 512.

12. Кривцов, Н. И. Среднерусские пчелы и их селекция / Н. И. Кривцов, Н. Н. Гранкин. – Рыбное: ГНУ НИИП Россельхозакадемии, 2004. – С. 140.

13. Любимов, А. И. Антропогенное воздействие на жизнедеятельность и продуктивность пчелиных семей / А. И. Любимов, С. Л. Воробьева, Н. А. Санникова // Пчеловодство. – 2014. – № 9. – С. 14–15.

14. Плахова, А. А. Экстерьер и продуктивность пчелиных семей / А. А. Плахова // Роль генетического ресурса медоносных пчел среднерусской породы в продовольственной и экологической безопасности России: моногр. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – С. 108–113.

15. Руттнер, Ф. Техника разведения и селекционный отбор пчел / Ф. Руттнер. – М.: АСТ: Астрель, 2006. – С. 166.

16. Санникова, Н. А. К вопросу исследования кормовой базы пчёл в Удмуртской Республике /

Н. А. Санникова, С. Л. Воробьева // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2008. – С. 88–93.

17. Состояние, проблемы и перспективы рационального использования генофонда медоносных пчел России / Н. Н. Гранкин, С. Н. Бакина, А. П. Тяпкина, А. М. Игнатов, Е. А. Смирнова [и др.] // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека: м-лы V Междунар. очной науч.-практ. конференции. – Орёл: ОГУ, 2016. – С. 109–115.

18. Якимов, Д. В. Сравнительный анализ численности пчелиных семей Российской Федерации и Удмуртской Республики / Д. В. Якимов, А. С. Тронина, С. Л. Воробьева, М. И. Васильева // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. – 2018. – С. 294–297.

19. Oleksa, A. Nuclear and mitochondrial patterns of introgression into native dark bees (*Apis mellifera mellifera*) in Poland / A. Oleksa, I. Chybicki, A. Tofilski, J. Burczyk // *J. Apic. Res.* – 2011. – V. 50. – P. 116–129.

20. Pritchard, J. K. Inference of population structure using multilocus genotype data / J. K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly // *Genetics.* – 2000. – V. 155. – P. 945–959.

Spisok literatury

1. Vorob'eva, S. L. Vliyanie abioticheskikh faktorov na produktivnost' pchel v usloviyah Udmurtskoj Respubliki / S. L. Vorob'eva // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* – 2015. – № 1. – S. 1667.

2. Vorob'eva, S. L. Vliyanie raznykh tekhnologij zimovki na myodoproduktivnost' pchelinykh semej v usloviyah Srednego Predural'ya / S. L. Vorob'eva, N. A. Sannikova // *Zootekhnicheskaya nauka na udmurtskoj zemle. Sostoyanie i perspektivy: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA, 2009. – S. 21–26.

3. Vorob'eva, S. L. Dinamika raboty medonosnykh pchel v period glavnogo medosbora / S. L. Vorob'eva // *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v sovremennykh usloviyah: m-ly Vseross. nauch.-prakt. konf.* – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2011. – S. 117–119.

4. Vorob'eva, S. L. Kachestvennye pokazateli meda Udmurtskoj Respubliki / S. L. Vorob'eva // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* – 2015. – № 1–1. – S. 16–67.

5. Vorob'yova, S. L. Morfometricheskie pokazateli pchyol Udmurtii / S. L. Vorob'yova // *Vestnik Izhevskoj GSKHA.* – 2008. – № 2 (16). – S. 20–21.

6. Vorob'eva, S. L. Charakteristika ekologicheskikh faktorov, vliyayushchih na zhiznedeyatel'nost' pchelinykh semej v prirodno-klimaticheskikh usloviyah Srednego Predural'ya: dis. ... uchen. step. dokt. s.-h. nauk / Vorob'eva Svetlana Leonidovna. – Izhevsk: FGOU VO Izhevskaya GSKHA, 2015. – S. 272.

7. Vorob'eva, S. L. Ekonomicheskaya effektivnost' soderzhaniya pchel pri provedenii profilakticheskikh obrabotok / S. L. Vorob'eva // *Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: m-ly Vseross. nauch.-prakt. konf.* – Izhevsk: FGOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016. – S. 87–89.

8. Kislyakova, E. M. Kormovaya baza pchelovodstva Udmurtii / E. M. Kislyakova, S. I. Kokonov, S. L. Vorob'eva, N. A. Sannikova // *Pchelovodstvo.* – 2015. – № 1. – S. 26–27.

9. Krivcov, N. I. Nektaronosnye rasteniya Ryazanskoj oblasti i ih pyl'ca / N. I. Krivcov, A. P. Savin, S. V. Polyakova i dr. – Rybnoe, 2007. – S. 288.

10. Krivcov, N. I. Genofond pchel *Apis mellifera mellifera* L. v Rossii // *Pchelovodstvo XXI vek. Temnaya pchela (Apis mellifera mellifera L.) v Rossii: m-ly Mezhdun. konf.* – M.: Pishchepromizdat, 2008. – S. 22–27.

11. Krivcov, N. I. *Pchelovodstvo* / N. I. Krivcov, V. I. Lebedev, G. M. Tunikov. – M.: Kolos, 2007. – S. 512.

12. Krivcov, N. I. Srednerusskie pchely i ih selekciya / N. I. Krivcov, N. N. Grankin. – Rybnoe: GNU NIIP Rossel'hozokademii, 2004. – S. 140.

13. Lyubimov, A. I. Antropogennoe vozdejstvie na zhiznedeyatel'nost' i produktivnost' pchelinykh semej / A. I. Lyubimov, S. L. Vorob'eva, N. A. Sannikova // *Pchelovodstvo.* – 2014. – № 9. – S. 14–15.

14. Plahova, A. A. Ekster'er i produktivnost' pchelinykh semej / A. A. Plahova // *Rol' geneticheskogo resursa medonosnykh pchel srednerusskoj porody v prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii: monogr.* – Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2016. – S. 108–113.

15. Ruttner, F. Tekhnika razvedeniya i selekcionnyj otbor pchel / F. Ruttner. – M.: AST: Astrel', 2006. – S. 166.

16. Sannikova, N. A. K voprosu issledovaniya kormovoj bazy pchyol v Udmurtskoj Respublike / N. A. Sannikova, S. L. Vorob'yova // *Nauchnyj potencial – agrarnomu proizvodstvu: m-ly Vseross. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 450-letiyu vhozhdeniya Udmurtii v sostav Rossii.* – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2008. – S. 88–93.

17. Sostoyanie, problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya genofonda medonosnykh pchel Rossii / N. N. Grankin, S. N. Bakina, A. P. Tyapkina, A. M. Ignatov, E. A. Sмирнова [i dr.] // *Aktual'nye problemy estestvennonauchnogo obrazovaniya, zashchity okruzhayushchej sredy i zdorov'ya cheloveka: m-ly V Mezhdunar. ochnoj nauch.-prakt. konferencii.* – Oryol: OGU, 2016. – S. 109–115.

18. YAKimov, D. V. Sravnitel'nyj analiz chislenosti pchelinykh semej Rossijskoj Federacii i Udmurtskoj Respubliki / D. V. YAKimov, A. S. Tronina, S. L. Vorob'eva, M. I. Vasil'eva // *Vklad molodykh uchenykh v innovacionnoe razvitie APK Rossii: m-ly Vseross. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh.* – 2018. – S. 294–297.

19. Oleksa, A. Nuclear and mitochondrial patterns of introgression into native dark bees (*Apis mellifera mellifera*) in Poland / A. Oleksa, I. Chybicki, A. Tofilski, J. Burczyk // *J. Apic. Res.* – 2011. – V. 50. – P. 116–129.

20. Pritchard, J. K. Inference of population structure using multilocus genotype data / J. K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly // *Genetics.* – 2000. – V. 155. – P. 945–959.

Сведения об авторах:

Воробьева Светлана Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, проректор по учебной и воспитательной работе, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: vorobievasveta@mail.ru).

Федорова Александра Сергеевна – студент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: alfed98@yandex.ru).

S. L. Vorobiova, A. S. Fyodorova
Izhevsk State Agricultural Academy

ANALYSIS OF BREEDING CHARACTERS OF CENTRAL RUSSIAN BREED OF BEES AND THEIR CROSSES IN THE UDMURT REPUBLIC

Being subjected to the constant influence of both artificial and natural selection, bee families undergo morphometrical and economic properties. Especially, these transformations affected the Central Russian bee breed, cultivated in the Udmurt Republic. Having proved to be low-resistant honeybees succumbed to their southern counterbreeds. The aim of the research is to analyze the selective properties of the Central Russian bee breed and their crosses in the Udmurt Republic. The purebred Central Russian bees and their crosses have served as a study material. Morphological assessment followed as per the A.A. Alpatov's method, whereas the honey productivity was assessed with the account of the gross collection of honey.

The article also presents a comparative analysis of the results of morphological (direct) properties - the length of the proboscis, the width of the third tergite, the width and length of the fore wings, the cubital index; indirect properties - the behavior of bees when their hive having been observed and unlidded, the mass of a one-day bee, the mass of an infertile and a fertile queen.

Among the experimental groups, the highest length of the proboscis has been defined for the purebred bees - 6,18 mm, the wing length - 9,8 mm, though the least width of the fore wings - 3,07 mm. The seasonal honey productivity from a bee colony of the Central Russian breed was 18,2 kg, from the cross bees it has reached 13,6 kg. It is clear that the higher the morphological characteristics of the tested groups, the more they show the highest honey productivity for the season.

Key words: *bee colony; breed; technology; morphological properties; proboscis length; width of the third tergite; cubital index; honey productivity.*

Authors:

Vorobiova Svetlana Leonidovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Feeding and Breeding Farm Animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: vorobievasveta@mail.ru).

Fyodorova Aleksandra Sergeyevna – Member of the Zoengineering Faculty, student of the department of feeding and breeding farm animals, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: alfed98@yandex.ru).

УДК 633.13:631.559

В. Г. Колесникова, Т. И. Печникова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДЕСИКАНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА ЯКОВ

Приводятся данные исследований по изучению последствия десикантов на урожайность овса Яков. В условиях Удмуртской Республики подобные изучения на посевах овса не были изучены. Работы выполняли в 2016–2017 годах путем проведения полевых опытов и осуществления лабораторных анализов в лаборатории. Почва полевых опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса от 2,28 до 3,21 %, подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 24,4–33,7, калия (K_2O) – 17,2–27,0 мг на 100 г сухой почвы, рН солевой вытяжки – 5,44–5,85. Погодные условия вегетационных периодов 2016–2017 гг. различались между собой, 2016 г. был засушливый (ГТК = 0,6) и 2017 г. – избыточно увлажненный (ГТК = 4,3). Исследования в микрополевым опыте включали следующие варианты: последствие сроков обработки в фазе молочно-тестообразного состояния (МТС) зерна, через 3, 6, 9 и 12 суток после МТС препаратами Раундап, ВР (3 л/га), Баста, ВР (3 л/га), Реглон Супер, ВР (2 л/га). Размер делянки 1,05 м², повторность шестикратная. Посев микрополевого опыта проводили вручную обычным рядовым способом с шириной междурядий 15 см, с нормой высева 6,0 млн шт./га всхожих семян на глубину 3–4 см семенами овса с урожая 2015 и 2016 гг. Полевые опыты проводили по общепринятым методикам опытного дела. Выполненные исследования показали, что в среднем за 2016–2017 гг. посев овса семенами после обработки десикантами Реглон Супер, Баста и Раундап обеспечивает увеличение полевой всхожести на 3,6–5,4 %, но по количеству продуктивных растений (350–356 шт./м²), по густоте продуктивного стеблестоя (409–417 шт./м²) и по продуктивности метелки (1,05–1,12 г) не было выявлено изменений, так как $F_{ф} < F_{05}$. Установлено, что последствие десикации овса препаратами Раундап, Баста, Реглон Супер, независимо от сроков ее применения, не способствовало увеличению урожайности, но и не снизило урожайность зерна овса Яков (436–443 г/м²).

Ключевые слова: овес; десиканты; полевая всхожесть; элементы структуры урожайности; урожайность.

Актуальность. Овес – одна из наиболее распространенных и важных в мировом земледелии зерновых культур. Зерно овса используется для переработки в пищевые продукты [1], на кормовые цели [4, 5] и для получения спирта [11]. Овес в отличие от других зерновых культур имеет соцветие – метелка. В пределах метелки зерновки созревают неравномерно, поэтому при преждевременной уборке получается невыравненное по спелости зерно, а при перестое в первую очередь осыпаются крупные зерна. В технологии возделывания овса немаловажное значение имеет применение научно обоснованных агротехнических приемов, таких, как десикация. Десикация – специальное воздействие на растения, вызывающее преждевременное обезвоживание растений на корню с помощью особых химических препаратов – десикантов. Применение десикантов значительно ускоряет созревание некоторых культур, способствует проведению уборки урожая в оптимальные сроки, облегчает машинную уборку, способствует равномерному созреванию и повышению качества посевного материала [3].

Научные исследования по изучению влияния десикации на урожайность полевых культур в Удмуртской Республике в разные годы

проводили В. Г. Колесникова [5, 6], Е. В. Корепанова [7, 8], И. Ш. Фатыхов [9, 10].

Однако в научной литературе данные по последствию десикантов на урожайность полевых культур практически отсутствуют.

Поэтому перед нами была поставлена **цель** – установить последствие десикации на урожайность овса Яков.

Для осуществления данной цели были определены следующие **задачи исследований** – выявить последствие десикации на посевные качества семян, на полевую всхожесть, на элементы структуры урожайности и на урожайность зерна овса Яков.

Объект, методика и условия проведения исследований. Объектом исследований являлся овес посевной сорта Яков. Работу выполняли в 2016–2017 гг. путем проведения полевого опыта и осуществления лабораторных анализов. Почва полевого опыта дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая. Пахотный слой почвы характеризовался низким содержанием гумуса, нейтральной реакцией среды, высоким содержанием подвижного фосфора и обменного калия.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований

были разными. Май 2016 г. был теплым, и среднесуточная температура воздуха превышала на 2,0 °С среднемноголетние данные. Осадков при этом выпало 18,0 мм (38 % от нормы). В июне также стояла теплая погода. Температура воздуха в июне в среднем за месяц на 0,4 °С ниже, сумма осадков на 8 мм больше средних многолетних данных. Июль и август были жаркими и сухими. В июле среднесуточная температура воздуха была выше средних значений на 2,1 °С (64 % от нормы). Среднесуточная температура воздуха в августе была выше на 6,6 °С, осадков выпало на 47 мм меньше аналогичных показателей среднемноголетних наблюдений.

Вегетационный период 2017 г. был относительно благоприятным. Май 2017 г. характеризовался прохладной погодой – среднесуточная температура воздуха была ниже на 2,4 °С среднемноголетних данных. Осадков при этом выпало 47,0 мм, что составляет 98 % от нормы. Июнь и июль отличались прохладной погодой и избыточным увлажнением (208 и 222 % от нормы). Температура воздуха в июне в среднем за месяц на 2,5 °С ниже, сумма осадков на 67 мм больше средних многолетних данных. В июле среднесуточная температура воздуха была ниже средних значений на 1,1 °С, осадков выпало 222 % от нормы. Среднесуточная температура воздуха в августе была выше на 1,2 °С, осадков выпало на 15 мм меньше аналогичных показателей среднемноголетних наблюдений.

Таким образом, анализируя метеорологические условия, выявили, что развитие растений овса сорта Яков происходило при разных показателях среднесуточной температуры воздуха и сумме выпавших осадков, что в свою очередь повлияло на формирование урожайности зерна. В 2017 г. все периоды вегетации овса Яков проходили при относительно более низких среднесуточных температурах воздуха, большего количества осадков и высоких значений ГТК = 4,3 в сравнении с аналогичными значениями в 2016 г. (ГТК = 0,6).

Семена для закладки микрополевого опыта (схема опыта представлена в таблице 1) были взяты с урожая 2015 и 2016 гг. вариантов двухфакторного полевого опыта. Посев проводили вручную обычным рядовым способом, с нормой высева 6,0 млн шт./га всхожих семян, на глубину 3–4 см. Опыт двухфакторный, расположение вариантов – систематическое со смещением в шестикратной повторности в шесть ярусов.

Полевые исследования выполнены в соответствии с общепринятыми методиками. Математическая обработка полученных данных была проведена дисперсионным методом в изложении Б. А. Доспехова [2].

Результаты исследований. Применяя предуборочную десикацию, важно изучить последствие применяемых десикантов на посевные качества семян в урожае и урожайность, которая сформируется из этих семян.

Перед посевом семена с вариантов со сроками обработки разными десикантами имели более высокую чистоту семян 98,2–99,9 % (с урожая 2015 г.), 98,5–99,9 % (с урожая 2016 г.), массу 1000 семян 33,0–40,0 г (с урожая 2015 г.), 37,6–39,7 г (с урожая 2016 г.), энергию прорастания 86–91 % (с урожая 2015 г.), 86–91 % (с урожая 2016 г.). Десикация посевов в оба года исследований обеспечила лабораторную всхожесть семян 92–97 %, что соответствует требованиям ГОСТ 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества».

В метеорологических условиях 2016 г. было выявлено последствие десикации на полевую всхожесть, данный показатель увеличился на 7,5–10,5 %, в метеорологических условиях 2017 г. последствие десикации не повлияло на полевую всхожесть семян, по вариантам опыта она составила 79,1–80,9 %. В среднем за 2016–2017 гг. исследований полевая всхожесть по вариантам опыта составила 70,6–78,6 % (табл. 1).

Таблица 1 – Последствие десикантов на полевую всхожесть семян, элементы структуры урожайности овса Яков (средняя за 2016 – 2017 гг.)

Срок обработки (фактор В)	Препарат (фактор А)	Полевая всхожесть, %	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Продуктивность метелки, г	Масса 1000 зерен, г
Молочно-тестообразное состояние зерна (к)	Без обработки (к)	70,6	409	1,07	36,4
	Вода (к)	72,6	410	1,06	35,2
	Раундап	72,7	413	1,10	36,9
	Баста	76,7	412	1,12	37,7
	Реглон Супер	72,6	413	1,08	36,2

Срок обработки (фактор В)	Препарат (фактор А)	Полевая всхожесть, %	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Продуктивность метелки, г	Масса 1000 зерен, г			
Через 3 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	Без обработки (κ)	71,6	412	1,09	36,4			
	Вода (κ)	71,7	413	1,07	34,9			
	Раундап	73,7	412	1,11	37,2			
	Баста	75,8	413	1,12	37,5			
	Реглон Супер	74,3	415	1,12	37,6			
Через 6 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	Без обработки (κ)	71,9	413	1,05	35,4			
	Вода (κ)	74,5	412	1,08	36,3			
	Раундап	75,3	414	1,10	36,7			
	Баста	77,2	415	1,08	36,1			
	Реглон Супер	75,3	415	1,09	36,5			
Через 9 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	Без обработки (κ)	72,3	413	1,08	35,7			
	Вода (κ)	75,9	414	1,12	37,1			
	Раундап	78,6	412	1,10	37,2			
	Баста	78,6	414	1,09	36,2			
	Реглон Супер	77,7	416	1,09	36,8			
Через 12 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	Без обработки (κ)	72,6	414	1,09	36,7			
	Вода (κ)	79,3	413	1,08	36,6			
	Раундап	76,6	414	1,06	36,2			
	Баста	77,6	417	1,07	35,7			
	Реглон Супер	77,0	415	1,09	36,7			
НСР ₀₅	Полевая всхожесть, %		Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²		Продуктивность метелки, г		Масса 1000 зерен, г	
	гл. эффектов	частн. разл.	гл. эффектов	частн. разл.	гл. эффектов	частн. разл.	гл. эффектов	частн. разл.
Фактор А	1,0	2,2	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
Фактор В	0,8	1,8	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Посев овса семенами после обработки десикантами Реглон Супер, Баста и Раундап обеспечивает увеличение полевой всхожести на 3,6 – 5,4 % аналогичного показателя в контрольном варианте без обработки при НСР₀₅ главных эффектов по фактору А – 1,0 %.

После обработки посевов овса Яков через 9 и 12 суток после молочно-тестообразного состояния зерна повышается на 3,6 % полевая всхожесть относительно аналогичного показателя в контрольном варианте без обработки при НСР₀₅ главных эффектов по фактору В – 0,8 %. Относительно высокая полевая всхожесть в последствии десикантов сформировалась в варианте – после обработки через 9 суток после наступления молочно-тестообразного состояния зерна препаратами Раундап и Баста (78,6 %).

По высоте растений (99,1–100,7 см), по количеству продуктивных растений (350–356 шт./м²), по густоте продуктивного стеблестоя (409–417 шт./м²), по озерненности метелки (33,0–36,1 шт.), по продуктивности метелки (1,05–1,12 г) и по массе 1000 зерен (35,4–37,2 г) не было выявлено существенных изменений, так как $F_{\phi} < F_{05}$.

Реакция овса Яков на последствие десикации препаратами Раундап, Баста и Реглон Супер не оказала существенного влияния на урожайность зерна (табл. 2).

Овес Яков в 2016 г. сформировал урожайность зерна по вариантам опыта 340 – 355 г/м², в условиях 2017 г. – 528 – 538 г/м². В среднем за два года исследований по вариантам опыта урожайность овса Яков находилась в пределах 436 – 443 г/м².

Таблица 2 – Последействие десикантов на урожайность зерна, г/м²

Срок обработки (Фактор В)	Препарат (Фактор А)					Среднее по фактору В
	Без обработки (к)	Вода (к)	Раундап	Баста	Реглон Супер	
2016 г.						
Молочно-тестообразное состояние зерна (контроль)	346	341	348	351	345	346
Через 3 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	342	340	347	354	355	348
Через 6 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	340	346	345	348	347	345
Через 9 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	342	352	346	343	345	345
Через 12 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	348	346	340	341	347	345
Среднее по фактору А	344	345	345	347	348	–
2017 г.						
Молочно-тестообразное состояние зерна (контроль)	529	528	536	536	530	532
Через 3 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	533	531	538	532	532	533
Через 6 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	531	533	537	530	533	533
Через 9 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	532	530	535	535	534	533
Через 12 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	530	531	531	531	530	531
Среднее по фактору А	531	531	535	533	532	–
Среднее за 2016 – 2017 гг.						
Молочно-тестообразное состояние зерна (контроль)	438	435	442	443	438	439
Через 3 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	437	436	443	443	443	440
Через 6 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	436	439	441	439	440	439
Через 9 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	437	441	440	439	440	439
Через 12 суток после молочно-тестообразного состояния зерна	439	439	436	436	438	438
Среднее по фактору А	437	438	440	440	440	–
НСР ₀₅	Главных эффектов			Частных различий		
	2016 г.	2017 г.	среднее за 2016 – 2017 гг.	2016 г.	2017 г.	среднее за 2016 – 2017 гг.
Фактор А	$F_{\phi} < F_{05}$			$F_{\phi} < F_{05}$		
Фактор В	$F_{\phi} < F_{05}$			$F_{\phi} < F_{05}$		

Выводы. Таким образом, последействие десикантов Раундап, Баста и Реглон Супер не вызывает существенных изменений по полевой всхожести семян, по элементам структуры урожайности и урожайности зерна овса Яков.

Список литературы

1. Баталова, Г. А. Формирования урожая и качества зерна овса / Г. А. Баталова // Достижение науки и техники АПК. – 2010. – № 11. – С. 10–13.

2. Десикация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/desikatsiya> (дата обращения: 25.05.2020).

3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., перераб. и доп. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Колесникова, В. Г. Нормы высевы, сроки азотной подкормки и уборки овса Улов на зерносенаж / В. Г. Колесникова, И. Ш. Фатыхов // Материалы

XX научно-практической конференции Ижевской ГСХА. – Ижевск: Шеп, 2000. – С. 65.

5. Колесникова, В. Г. Приемы ухода и уборки овса в Предуралье: моногр. / В. Г. Колесникова, И. Ш. Фатыхов. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2003. – 164 с.

6. Колесникова, В. Г. Влияние сроков проведения десикации на урожайность и качество овса Гунтер / В. Г. Колесникова, Е. А. Иванова // Агрохимия в Предуралье: история и современность: м-лы Всеросс. научн.-практ. конф., посвящ. 55-летию каф. агрохимии и почвоведения (9 ноября 2012 г.). – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2012 – С. 124–131.

7. Корепанова, Е. В. Продуктивность льна масличного ВНИИМК 620 при разных сроках десикации и уборки в Среднем Предуралье / Е. В. Корепанова, В. Н. Гореева, В. С. Самаров // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы научно-практической конференции. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. – С. 47–56.

8. Корепанова, Е. В. Реакция льна долгунца Восход на сроки десикации и уборки при возделывании на волокно в условиях Среднего Предуралья / Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов // Актуальные проблемы науки и агропромышленного комплекса в процессе интеграции: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию высшего сельскохозяйственного образования на Урале. – 2013. – С. 61–65.

9. Фатыхов, И. Ш. Научные основы системы земледелия Удмуртской Республики : практическое руководство. В 4 кн. Кн. 1. Почвенно-климатические условия. Системы обработки почвы / И. Ш. Фатыхов, Е. В. Корепанова. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – 44 с.

10. Фатыхов, И. Ш. Ячмень яровой в адаптивном земледелии Среднего Предуралья: моногр. / И. Ш. Фатыхов – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2002. – 385 с.

11. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, N. Abu-yhannam. – Biochem Eng T. – 2010. – № 52. – P. 199–204.

Spisok literatury

1. Batalova, G. A. Formirovaniya urozhaya i kachestva zerna ovsa / G. A. Batalova // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2010. – № 11. – S. 10–13.

2. Desikaciya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.agrocounsel.ru/desikatsiya> (data obrashcheniya: 25.05.2020).

3. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – 5-e izd., pererab. i dop. / B. A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

4. Kolesnikova, V. G. Normy vyseva, sroki azotnoj podkormki i uborki ovsa Ulov na zernosnazh / V. G. Kolesnikova, I. SH. Fatyhov // Materialy XX nauchno-prakticheskoy konferencii Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk: SHep, 2000. – S. 65.

5. Kolesnikova, V. G. Priemy uhoda i uborki ovsa v Predural'e: monogr. / V. G. Kolesnikova, I. SH. Fatyhov. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2003. – 164 s.

6. Kolesnikova, V. G. Vliyanie srokov provedeniya desikacii na urozhajnost' i kachestvo ovsa Gunter / V. G. Kolesnikova, E. A. Ivanova // Agrohimiya v Predural'e: istoriya i sovremennost': m-ly Vseross. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 55-letiyu kaf. agrohimii i pochvovedeniya (9 noyabrya 2012 g.). – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2012 – S. 124–131.

7. Korepanova, E. V. Produktivnost' l'na maslichnogo VNIIMK 620 pri raznyh srokah desikacii i uborki v Srednem Predural'e / E. V. Korepanova, V. N. Goreeva, V. S. Samarov // Teoriya i praktika – ustojchivomu razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa: m-ly nauchno-prakticheskoy konferencii. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2015. – S. 47–56.

8. Korepanova, E. V. Reakciya l'na dolgunca Voskhod na sroki desikacii i uborki pri vzdelyvanii na volokno v usloviyah Srednego Predural'ya / E. V. Korepanova, I. SH. Fatyhov // Aktual'nye problemy nauki i agropromyshlennogo kompleksa v processe integracii: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 95-letiyu vysshego sel'skohozyajstvennogo obrazovaniya na Urale. – 2013. – S. 61–65.

9. Fatyhov, I. SH. Nauchnye osnovy sistemy zemledeliya Udmurtskoj Respubliki : prakticheskoe rukovodstvo v 4 kn. Kn. 1. Pochvenno-klimaticheskie usloviya. Sistemy obrabotki pochvy / I. SH. Fatyhov, E. V. Korepanova. – Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2015. – 44 s.

10. Fatyhov, I. SH. Yachmen' yarovoj v adaptivnom zemledelii Srednego Predural'ya: monogr. / I. SH. Fatyhov – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2002. – 385 s.

11. Gupta, S. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats / S. Gupta, N. Abu-yhannam. – Biochem Eng T. – 2010. – № 52. – P. 199–204.

Сведения об авторах:

Колесникова Вера Геннадьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (423033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: kvg789@yandex.ru).

Печникова Татьяна Ивановна – аспирант кафедры растениеводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (423033, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: TANYA1491@yandex.ru).

V. G. Kolesnikova, T. I. Pechnikova
Izhevsk State Agricultural Academy

AFTEREFFECT OF DESICCANTS ON THE YIELD OF YAKS OATS

This article presents research data on the aftereffect of desiccants on the yield of Yak oats. In the conditions of the Udmurt Republic, such studies on oat crops had not been studied, so far. The work was carried out in 2016–2017, by conducting field experiments and going through laboratory analyses. The soil of field experimental plots is sod-podzolic medium loam. Humus content varied from 2,28 to 3,21 %, respectively, mobile forms of phosphorus (P_2O_5) – 24,4–33,7, potassium (K_2O) – 17,2–27,0 mg per 100 g of dry soil, pH of salt extract – 5,44–5,85. The weather conditions of the growing seasons in 2016 – 2017 differed from year to year: 2016 was dry (GTC = 0,6), and 2017 – was excessively humid (GTC = 4,3). Studies in the microfield experiment included the following options: the aftereffect of the processing time in the phase of the milk-dough state (MTS) of grain, in 3, 6, 9 and 12 days as followed after MTS with roundup, BP (3 l/ha), Basta, BP (3 l/ha), Reglon Super, BP (2 l/ha). The size of the plot was 1,05 m², the repeatability was sixfold. Seeding of the micro-field experiment was performed manually in the usual drill-way, with the interrow of 15 cm, with a seeding rate of 6.0 million pcs/ha of germinated seeds to a depth of 3–4 cm with oat seeds, 2015/2016 crops. Field experiments were carried out according to the generally accepted methods of experimental work. The performed research has shown that on average for 2016–2017, sowing oats with seeds after processing with desiccants Reglon Super, Basta and roundup provides an increase in field germination by 3,6–5,4 % whereas there were no changes in the number of productive plants (350–356 pcs/m²), in the density of the productive stem (409 – 417 pcs./m²) and in the productivity of the panicle (1,05–1,12 g), since $F_F < F_{0,05}$. It was found out that the aftereffect of oat desiccation with roundup, Basta, Reglon Super preparations, regardless of the timing of its application, did not increase the yield, though did not reduce the yield of Yak oat grain (436–443 g/m²), either.

Key words: oats; desiccants; field germination; elements of the yield structure; yield.

Authors:

Kolesnikova Vera Gennadievna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Plant Cultivation, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, Russian Federation, 426033, e-mail: kvg789@yandex.ru).

Pechnikova Tatiana Ivanovna – Associate Professor, Department of Plant Cultivation, Izhevsk State Agricultural Academy (16, Kirov St., Izhevsk, Russian Federation, 426033, e-mail: TANYA1491@yandex.ru).

УДК 636.2.087.7

О. А. Краснова, Е. В. Хардина, С. А. Храмов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК

Проведен комплексный научно-хозяйственный опыт по изучению эффективности использования дигидрокверцетина в составе природной кормовой добавки в молочном скотоводстве. Исследования проводились на базе племенного хозяйства АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики. В рамках опыта было сформировано 2 группы коров-первотелок черно-пестрой породы по 10 голов в каждой. Животные контрольной группы получали основной рацион, животные опытной группы дополнительно к основному рациону получали природную кормовую добавку. В составе природной кормовой добавки присутствовали соль кормовая и дигидрокверцетин (чистота 92 %). Животным опытной группы природная кормовая добавка скармливалась через месяц после отела, в течение трех месяцев в первой половине дня. До конца периода лактации опытных животных кормили по основному рациону, как и контрольных. В ходе исследований установлено, что наивысший среднесуточный удой молока отмечался у коров опытной группы и составил 22,5 кг ($P \geq 0,95$), что на 0,6 кг больше, чем в контрольной. Удой, полученный за первые 100 дней лактации от коров опытной группы, составил в пределах 2250 кг ($P \geq 0,95$), что на 54,1 кг больше, чем от коров контрольной группы. Содержание жира в молоке опытной группы составило 3,87 %, что превосходило сверстниц на 0,3 %. При анализе удоя за 305 дней лактации установлено, что в опытной группе удой составил 6793,7 кг ($P \geq 0,95$), что на 7,3 % превышало показатель контрольной группы. При этом содержание жира в среднем за лактацию в мо-

локе коров-первотелок опытной группы составило 4,21 % ($P \geq 0,95$), что на 0,18 % выше показателя контрольной группы. При цене реализации 1 кг молока 24 рубля, экономический эффект производства молока от животных опытной группы составил 18,3 %, что выше контрольной группы на 13,8 %.

Ключевые слова: черно-пестрая порода; коровы-первотелки; дигидрохверцетин; кормовая соль; лактация; удой; массовая доля жира; уровень рентабельности.

Актуальность. Обеспечение населения Российской Федерации молочной продукцией отечественного производства зависит от развития агропромышленного комплекса и определяет продовольственную независимость страны [6].

Решить эту проблему можно повышением продуктивности животных, что позволит увеличить производство молока, а значит, и молочных продуктов. Особое внимание при этом следует уделить организации полноценного кормления. Организация правильного кормления молочного скота основана на знании потребностей животных в различных питательных веществах, витаминах, минеральных веществах и ценности корма в питании животных. Только полноценное кормление обеспечивает животным хорошее здоровье, нормальные воспроизводительные функции, высокую продуктивность и хорошее качество продукции с наименьшими затратами [4, 5]. Неполная обеспеченность животных необходимыми питательными веществами и энергией способствует снижению не только удоя, но и изменению количества и соотношения компонентов молока, что снижает биологические характеристики и технологические показатели. Стоит помнить, что питание животного – это достаточно сложный процесс взаимодействия между организмом животного и поступающими в него кормовыми средствами. В этом процессе питательные и биологически активные вещества кормов воздействуют на организм животного не самостоятельно и изолированно друг от друга, а в комплексе. Соответственно, неправильный и шаблонный подход в отношении кормления крупного рогатого скота, как правило, не дает положительных результатов [7].

За последние годы в области кормления молочного скота появилось множество новых и перспективных рекомендаций [13, 14]. Интенсификация производства продукции животноводства, разведение высокопродуктивных животных, использование ограниченного набора кормов, частые возникновения стрессовых ситуаций, особенно при промышленной технологии производства, выдвигают необходимость обязательного использования кормовых добавок, содержащих биологически активные вещества. Правильное применение раз-

личных кормовых добавок и комплекса биологически активных веществ (количество их постоянно увеличивается) является одним из важных факторов повышения продуктивности животных, снижения расхода кормов на единицу продукции и повышения эффективности отрасли [1, 8, 12].

Исследования ряда авторов показывают, что сохранить здоровье животных и получить высокую продуктивность можно при использовании добавок, способных активизировать биохимические и физиологические процессы. Одним из стимуляторов роста и активаторов обменных процессов в организме является природное соединение, обладающее антиоксидантными свойствами – дигидрохверцетин. Данное вещество относится к группе биофлавоноидов. Биофлавоноиды могут использоваться для синтеза биологически важных соединений в клетке (например, убихинона). Рутин и хверцетин – полифенолы, обладающие Р-витаминной активностью, являются эффективными антиоксидантами. В отличие от витамина Е, биофлавоноиды кроме прямого антирадикального действия могут также связывать ионы металлов с переменной валентностью, ингибируя тем самым процесс перекисного окисления липидов мембран. Разработка нового поколения экологически безопасных препаратов должна в значительной степени способствовать обеспечению биологической защиты и высокой продуктивности животных. Достаточно изученным является капилляроукрепляющее действие витамина Р, обусловленное его способностью регулировать образование коллагена (синергизм с витамином С) и препятствовать деполимеризации основного вещества соединительной ткани гиалуронидазой. Дигидрохверцетин является доминирующим компонентом биофлавоноидного комплекса диквертина. Дигидрохверцетин является биофлавоноидом с широким спектром биологического действия: регулирует метаболические процессы, оказывает положительное влияние на функциональное состояние внутренних органов организма, создает механизмы защиты здоровых клеток организма от патологий, вызываемых химическими отравлениями, воздействием электромагнитного излу-

чения и радиации, путем нейтрализации радикальной активности, процессов вирусной и бактериальной природы. Дигидрохверцетин обладает высокой активностью при небольших концентрациях, устойчив к тепловым и механическим воздействиям. Признан как эталонный антиоксидант и широко применяется в медицине и пищевой промышленности. Благодаря капилляропротекторным и антиоксидантным свойствам дигидрохверцетина значительно улучшается обмен веществ на границе клетки и капилляра и коррекция антиоксидантного статуса организма. Антиоксидантные действия дигидрохверцетина, как и других флавоноидов, является одним из неспецифических механизмов реализации многих других его биологических свойств [2, 3].

Применяя антиоксиданты в кормлении животных, стоит не забывать об их безвредности для здоровья. Дигидрохверцетин не токсичен и безвреден. Легитимность применения дигидрохверцетина описана в ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Очень важно использовать в кормлении животных такие ингибиторы окисления, которые не изменят вкус и запах используемых рационов.

Синтетические антиоксиданты в отличие от природных достаточно быстро выделяются из организма. Вследствие быстрого распада синтетических антиоксидантов они не накапливаются в тканях животного. Не остаются в организме также продукты их распада. Накопленный опыт по сравнительному изучению различных антиоксидантов убедительно показывает, что дигидрохверцетин значительно превосходит по стабилизирующему действию все другие вещества, и поэтому наиболее пригоден в качестве добавки к кормам [3].

За последнее десятилетие рядом исследователей проведены опыты по применению дигидрохверцетина в качестве кормовой добавки при кормлении крупного рогатого скота, и получен положительный эффект. Однако до сих пор остается много практических вопросов по способу внесения данного вещества в рационы животных. Дигидрохверцетин по своим физическим свойствам является порошкообразным веществом с мелкодисперсной структурой, что весьма затрудняет процесс его внесения непосредственно в момент кормления животных. Исследователями ФГБОУ ВО Ижевской ГСХА разработаны рекомендации по использованию дигидрохверцетина в смеси

с солью кормовой. Апробация полученной природной кормовой добавки проводилась в хозяйствах, ориентированных на откорм крупного рогатого скота. В настоящее время проводятся исследования по изучению эффективности применения природной кормовой добавки в молочном скотоводстве [2, 9, 10, 11].

В связи с этим использование природной кормовой добавки с дигидрохверцетином в рационах кормления коров-первотелок в качестве катализатора обменных процессов в организме, а также изучение его влияния на физиологическое состояние, рост и развитие, а также молочную продуктивность коров является новым и актуальным и имеет научное и практическое значение.

Цель исследования. Изучить эффективность влияния природной кормовой добавки с дигидрохверцетином на молочную продуктивность коров-первотелок и качество молока в АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние природной кормовой добавки с дигидрохверцетином на молочную продуктивность и качество молока коров-первотелок.

2. Рассчитать экономическую эффективность проведенных исследований.

Материал и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт проводился в АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики. Для опыта было сформировано 2 группы коров-первотелок черно-пестрой породы по 10 голов в каждой методом групп-аналогов с учетом породы, состояния здоровья, живой массы, возраста и срока отела.

Животные контрольной группы получали основной рацион, животные опытной группы дополнительно к основному рациону получали природную кормовую добавку (табл. 1).

Таблица 1 – Схема кормления подопытных животных

Группа	Состав группы	n	Рацион
Контрольная группа		10	Основной рацион (ОР)
Опытная группа	Коровы – первотелки	10	ОР + природная кормовая добавка (с суточным потреблением дигидрохверцетина 75 г на 100 кг живой массы)

В составе природной кормовой добавки присутствовали соль кормовая и дигидрокверцетин (чистота 92 %). Расход кормовой соли производился согласно установленным нормам кормления коров-первотелок в период раздоя.

Согласно схеме исследования, животным опытной группы природная кормовая добавка скармливалась через месяц после отела, в течение трех месяцев в первой половине дня. Далее опытных животных кормили по основному рациону, как и контрольных животных, до конца периода лактации.

Молочную продуктивность коров-первотелок оценивали во время контрольных доений за два смежных дня, качество молока определяли по следующим методикам: массовая доля жира (ГОСТ 5867-80 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира»), массовая доля белка (ГОСТ 25179-2014 «Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка»). При оценке органолептических и физико-химических свойств сырого молока опирались на требования ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Экономическая эффективность была рассчитана по итогам научно-хозяйственных опытов и данных бухгалтерского учета в АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» Воткинского района. При расчете экономических показателей производства молока учтены производственные затраты на содержание одной головы, выручка от реализации продукции, рассчитана ее себестоимость и рентабельность.

Полученный цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики.

Результаты исследований. Для установления эффективности влияния дигидрокверцетина на молочную продуктивность и качество молока коров-первотелок были проведены контрольные доения коров в период их раздоя. Полученные результаты свидетельствуют, что наивысший среднесуточный удой молока отмечен у коров опытной группы, он составляет 22,5 кг ($P \geq 0,95$), что в среднем на 0,6 кг больше, чем в контрольной. Удой, полученный за первые 100 дней лактации от коров опытной группы, составил в пределах 2250 кг ($P \geq 0,95$), что на 54,1 кг больше, чем от коров контрольной группы. Содержание жира в молоке опытной группы составило 3,87 %, что превосходило сверстниц на 0,3 %.

Для выявления остаточного эффекта влияния органоминеральной добавки на молочную продуктивность коров-первотелок при введении ее в рацион в первые месяцы после оте-

ла, проанализировали продуктивность коров-первотелок за всю лактацию.

При оценке молочной продуктивности коров-первотелок выявлено, что использование природной кормовой добавки в первые месяцы после отела, благоприятно отразилось на показателях молочной продуктивности за 305 дней лактации. Подопытные животные, получавшие в составе рациона природную кормовую добавку, содержащую дигидрокверцетин, превосходили аналогов из контрольной группы по удою за 305 дней, их удой составил 6793,7 кг ($P \geq 0,95$), что на 7,3 % больше контрольной группы.

В среднем за лактацию содержание жира в молоке коров-первотелок опытной группы составило 4,21 % ($P \geq 0,95$), что на 0,18 % больше контроля, это свидетельствует о том, что использование изучаемой природной кормовой добавки повышает активность ферментов, участвующих в синтезе молочного жира.

Если говорить о повышении конкурентоспособности российского скотоводства на инновационной основе, в частности, используя нетрадиционные методы и технологии кормления и содержания животных, то нельзя забывать о некоторых особенностях инвестиций в скотоводстве. Во-первых, конечный результат любого животноводческого комплекса зависит от совокупности некоторых факторов, которые неподвластны влиянию извне (погодные условия, урожай, поражение поголовья болезнями); во-вторых, инвестиции в скотоводство приносят первую и ощутимую прибыль через 3–5 лет; в-третьих, нужно учитывать, что за последние десять лет инвестиции в отрасль скотоводства практически приблизились к нулю, потому что финансовые вливания при создании новых технологий и инновационных направлений в данной отрасли должны быть в 2–3 раза выше. Поэтому большинство экспертов и предпринимателей сегодня убеждены, что молочное скотоводство имеет достаточно низкую инвестиционную привлекательность в силу высоких рисков и длительности окупаемости проектов.

При проведении данных исследований были учтены многие риски и разработаны корректирующие мероприятия на случай возникновения форс-мажорных обстоятельств в рамках опыта.

Так как проведенный опыт показал, что природная кормовая добавка оказала положительное влияние на молочную продуктивность коров-первотелок и на химический состав молока, то целесообразным является расчет эконо-

мической эффективности применения данной добавки. Были определены доход от реализации молока, прибыль и уровень рентабельности.

При цене реализации 24 рубля 1 кг молока базисной жирности и белковости, уровень рентабельности производства молока от животных опытной группы составил 18,3 %, что выше контроля на 13,8 %, это в значительной степени говорит о том, что применение исследуемой природной кормовой добавки в кормлении коров-первотелок оказывает положительный экономический эффект и дает возможность получить максимальную прибыль с минимальными затратами.

Выводы. Таким образом, использование природной кормовой добавки, содержащей дигидрокверцетин в рационах кормления коров-первотелок, оказало стимулирующее влияние на организм животного, что позволило увеличить удой в целом за лактацию на 7,3 %, а содержание жира – на 0,18 %, с экономическим эффектом, равным 18,3 %.

Список литературы

1. Булатов, А. П. Эффективность использования комплексных добавок в рационах лактирующих коров / А. П. Булатов, Ю. А. Кармацких, Н. М. Костомахин // Кормление сельскохозяйственных животных. – 2017. – № 6. – С. 3–11.
2. Краснова, О. А. Влияние биоантиоксидантных комплексов на морфологические показатели крови бычков черно-пестрой породы / О. А. Краснова, Т. А. Трошина, М. И. Васильева // Известия Горского ГАУ. – 2015. – Т. 52. – № 3. – С. 83–86.
3. Краснова, О. А. Дигидрокверцетин в молочном скотоводстве / О. А. Краснова, Е. В. Хардина, М. Р. Кудрин // Главный зоотехник. – 2019. – № 1. – С. 11–18.
4. Кудрин, М. Р. Резервы увеличения продолжительности производственного использования коров и их молочной продуктивности / М. Р. Кудрин, С. И. Евстафьев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2018. – № 2 (55). – С. 44–56.
5. Обмен веществ, продуктивность и воспроизводительные функции высокопродуктивных коров при обогащении рационов холином в защищенной форме / А. М. Гаджиев, М. Г. Чабаев, Н. И. Анисова и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 2. – С. 12–15.
6. Проблемы реализации потенциала продуктивности молочного скота / Р. В. Некрасов, А. С. Аникин, В. М. Дуборезов и др. // Зоотехния. – 2017. – № 3. – С. 7–12.
7. Улимбашев, М. Б. Продолжительность использования и пожизненная продуктивность отечественного и импортного скота в стадах с разной технологией содержания / М. Б. Улимбашев, Ж. Т. Алагирова // Пути продления продуктивной жизни

молочных коров на основе оптимизации разведения, технологий содержания и кормления животных: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 28–29 мая 2015 г. – Дубровицы, 2015. – С. 147–150.

8. Улимбашев, М. Б. Компенсаторно-приспособительные механизмы реализации генетического потенциала отечественного и импортного скота / М. Б. Улимбашев, А. Ф. Шевхужев, Ж. Т. Алагирова, Р. А. Улимбашева // Известия Тимирязевской ГСХА. – 2018. – № 3. – С. 78–94.

9. Хардина, Е. В. Физико-химические свойства и технологические особенности молока коров-первотелок при включении в рацион дигидрокверцетина / Е. В. Хардина, О. А. Краснова, С. А. Храмов // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 1 (25). – С. 137–144.

10. Хардина, Е. В. Влияние природной кормовой добавки на санитарно-гигиеническое состояние молока коров-первотелок и их молочную продуктивность / Е. В. Хардина, О. А. Краснова, С. А. Храмов // Известия Горского ГАУ. – 2019. – Т. 56. – № 4. – С. 76–80.

11. Храмов, С. А. Воспроизводительные качества коров-первотелок при использовании в рационах кормления природной кормовой добавки / С. А. Храмов, Е. В. Хардина, О. А. Краснова // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2020. – № 1 (49). – С. 143–147.

12. Чабаев, М. Г. Использование различных кормовых фосфатов в питании новотельных коров и молодняка крупного рогатого скота / М. Г. Чабаев, Р. В. Некрасов, А. М. Гаджиев // Зоотехния. – 2015. – № 15. – С. 13.

13. Kislykova, E. Influence of using of flax and raps in cows rates on quality of milk and dairy products / E. Kislykova, G. Berezkina, S. Vorobyeva, S. Kokonov, I. Strelkov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2019. – Т. 25. – № 1. – С. 129–133.

14. Kislykova, E. Influence of innovative calcium-containing additive on growth and development of heifer replacement / E. Kislykova, S. Vorobyeva, S. Kokonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2019. – С. 62020.

Spisok literatury

1. Bulatov, A. P. Effektivnost' ispol'zovaniya kompleksnyh dobavok v racionah laktiruyushchih korov / A. P. Bulatov, YU. A. Karmackih, N. M. Kostomahin // Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. – 2017. – № 6. – С. 3–11.
2. Krasnova, O. A. Vliyanie bioantioksidantnyh kompleksov na morfologicheskie pokazateli krovi bychkov cherno-pestroj porody / O. A. Krasnova, T. A. Troshina, M. I. Vasil'eva // Izvestiya Gorskogo GAU. – 2015. – Т. 52. – № 3. – С. 83–86.
3. Krasnova, O. A. Digidrokvercetin v molochnom skotovodstve / O. A. Krasnova, E. V. Hardina, M. R. Kudrin // Glavnyj zootekhnik. – 2019. – № 1. – С. 11–18.

4. Kudrin, M. R. Rezervy uvelicheniya prodolzhitel'nosti proizvodstvennogo ispol'zovaniya korov i ih molochnoj produktivnosti / M. R. Kudrin, S. I. Evstaf'ev // Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2018. – № 2 (55). – S. 44–56.
5. Obmen veshchestv, produktivnost' i vosproizvoditel'nye funktsii vysokoproduktivnykh korov pri obogashchenii racionov holinom v zashchishchennoj forme / A. M. Gadzhiev, M. G. CHabaev, N. I. Anisova i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2014. – № 2. – S. 12–15.
6. Problemy realizatsii potentsiala produktivnosti molochnogo skota / R. V. Nekrasov, A. S. Anikin, V. M. Duborezov i dr. // Zootekhniya. – 2017. – № 3. – S. 7–12.
7. Ulimbashev, M. B. Prodolzhitel'nost' ispol'zovaniya i pozhiznennaya produktivnost' otechestvennogo i importnogo skota v stadah s raznoj tekhnologiej sodержaniya / M. B. Ulimbashev, ZH. T. Alagirova // Puti prodleniya produktivnoj zhizni molochnykh korov na osnove optimizatsii razvedeniya, tekhnologij sodержaniya i kormleniya zhivotnyh: m-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 28–29 maya 2015 g. – Dubrovicy, 2015. – S. 147–150.
8. Ulimbashev, M. B. Kompensatorno-prisposobitel'nye mekhanizmy realizatsii geneticheskogo potentsiala otechestvennogo i importnogo skota / M. B. Ulimbashev, A. F. Shevchuzhev, ZH. T. Alagirova, R. A. Ulimbasheva // Izvestiya Timiryazevskoj GSKHA. – 2018. – № 3. – S. 78–94.
9. Hardina, E. V. Fiziko-himicheskie svoystva i tekhnologicheskie osobennosti moloka korov-pervotelok pri vkluchenii v racion digidrokvercetin / E. V. Hardina, O. A. Krasnova, S. A. Hramov // Permskij agrarnyj vestnik. – 2019. – № 1 (25). – S. 137–144.
10. Hardina, E. V. Vliyanie prirodnoj kormovoj dobavki na sanitarno-gigienicheskoe sostoyanie moloka korov-pervotelok i ih molochnyuyu produktivnost' / E. V. Hardina, O. A. Krasnova, S. A. Hramov // Izvestiya Gorskogo GAU. – 2019. – T. 56. – № 4. – S. 76–80.
11. Hramov, S. A. Vosproizvoditel'nye kachestva korov-pervotelok pri ispol'zovanii v racionah kormleniya prirodnoj kormovoj dobavki / S. A. Hramov, E. V. Hardina, O. A. Krasnova // Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA. – 2020. – № 1 (49). – S. 143–147.
12. CHabaev, M. G. Ispol'zovanie razlichnykh kormovykh fosfatov v pitanii novotel'nykh korov i molodnyaka krupnogo rogatogo skota / M. G. CHabaev, R. V. Nekrasov, A. M. Gadzhiev // Zootekhniya. – 2015. – № 15. – S. 13.
13. Kislykova, E. Influence of using of flax and raps in cows rates on quality of milk and dairy products / E. Kislyakova, G. Berezkina, S. Vorobyeva, S. Kokonov, I. Strelkov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2019. – T. 25. – № 1. – S. 129–133.
14. Kislykova, E. Influence of innovative calcium-containing additive on growth and development of heifer replacement / E. Kislyakova, S. Vorobyeva, S. Kokonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2019. – S. 62020.

Сведения об авторах:

Краснова Оксана Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частного животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: krasnova-969@mail.ru).

Хардина Екатерина Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: chydo.izhevsk@rambler.ru).

Храмов Сергей Андреевич – аспирант кафедры частного животноводства, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, E-mail: cham993@mail.ru).

O. A. Krasnova, Ye. V. Khardina, S. A. Khrarov
Izhevsk State Agricultural Academy

EFFECTIVENESS OF NATURAL FEED ADDITIVES IN COW FEEDING DIETS-HEIFERS'

A comprehensive scientific and economic experience was conducted to study the effectiveness of using dihydroquercetin as a natural feed additive in a dairy cattle breeding. The studies were based on the breeding farm of JSC "Uchkhovskoye, Izhevsk State Agricultural Academy", Votkinsky District of the Udmurt Republic. To proceed with the experiment, the 2 groups of first-calf cows of black-and-white breed were formed, 10 heads in each one. Animals of the control group received the standard diet; animals of the experimental group received a natural feed additive as a supplement to the standard diet. The natural feed additive contained feed salt and dihydroquercetin (purity 92%). Animals of the experimental group were fed with a natural feed additive a month after calving, during three months and a.m. feeding in a dry powdered form mixed with feed salt. Till the end of the lactation period, the experimental animals, as well as the control ones were fed according to the standard diet. In the run of the research, it was found out that the highest average daily milk yield was in the cows of the experimental group, and had reached 22.5 kg ($P \geq 0.95$), and that was by 0.6 kg more than in the control group. The milk yield obtained during the first 100 days of lactation from cows of the experimental group was very close to 2250 kg ($P \geq 0.95$), and that was by 54.1 kg more than from the cows of the control group. The fat content in the milk of the experimental group showed 3.87%, which exceeded the peers

by 0.3%. When analyzing milk yield during 305 days of lactation, it was found out that in the experimental group milk yield was 6793.7 kg ($P \geq 0.95$), and that was by 7.3% higher than in the control group. At the same time, the average fat content per lactation in the milk of first-calf cows in the experimental group was 4.21 % ($P \geq 0.95$), and that was by 0.18 % higher than in the control group. At the milk sale price 24 rubles / kg, the economic effect of milk production from animals of the experimental group was 18.3 %, and that was by 13.8 % higher than for the control group.

Key words: black-and-white breed; first-calf cows; dihydroquercetin; feed salt; lactation; milk yield; mass share of fat; level of profitability.

Authors:

Krasnova Oksana Anatolievna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Private Animal Husbandry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: krasnova-969@mail.ru).

Khardina Yekaterina Valerievna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Livestock Products Processing Technology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: chydo.izhevsk@rambler.ru).

Khramov Sergey Andreyevich – Post-graduate Student, Department of Private Animal Husbandry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: cham993@mail.ru).

УДК 579.62

Е. А. Михеева, А. В. Шишкин, К. Л. Шкляев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «БИОВОКС» НА МИКРОФЛОРУ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ

*Кормовая добавка «Биовокс» снижает количество условно-патогенных микроорганизмов (*E. coli*, *St. aureus*), обладает бактериостатическим действием на микроорганизмы. После применения препарата «Биовокс» уменьшается общее число мезофильных микроорганизмов ротовой полости лабораторных мышей. Снижается количество микроорганизмов группы кишечной палочки, в т.ч. патогенной.*

*При применении кормовой добавки отмечали задержку роста условно-патогенной микрофлоры *E. coli* и *St. aureus* в течение первых суток культивирования в разведениях 10^{-8} и 10^{-9} . Активный рост *Bacillus subtilis*, как представителей нормальной микрофлоры, при разведении 10^{-8} и 10^{-9} на вторые сутки свидетельствует о благотворном влиянии подкисленной среды на данную группу микроорганизмов.*

Ключевые слова: кормовая добавка; «Биовокс»; подкислитель воды; микрофлора воды; патогенная микрофлора; микрофлора ротовой полости.

Актуальность. На сегодняшний день в промышленном животноводстве наиболее часто приходится сталкиваться с кишечными инфекциями, в том числе клостридиозами [1, 11, 14]. В связи с этим возникает необходимость подбора наиболее эффективных препаратов, позволяющих уменьшать благоприятные факторы размножения патогенной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. Применение антибактериальных препаратов (антибиотиков) не является оправданным для постоянного применения ввиду развития антибиотикорезистентности и иммунодепрессии. Обсеменение систем автоматического поения животных патогенной и условно-патогенной микрофлорой также провоцирует кишечные инфек-

ции, что нарушает усвоение питательных компонентов корма в желудочно-кишечном тракте [11, 14].

Применение подкислителей воды и кормов нашло широкое применение в животноводстве. В качестве действующих компонентов таких препаратов используют различные виды органических кислот и их соли, каждая из которых имеет свои функциональные свойства. Сочетание их в препарате оказывает определенное действие как на бактерии, так и на плесневые грибы. Основное действие органических кислот основано на изменении pH в желудочно-кишечном тракте ввиду разной скорости диссоциации [4, 10]. Низкие и высокие показатели pH, как известно, являются не благоприятны-

ми для размножения бактерий. Помимо этого, органические кислоты стимулируют экзокринную секрецию поджелудочной железы, что способствует лучшему перевариванию компонентов корма и повышению продуктивности [1, 3, 15, 16, 17]. Подкислители предотвращают контаминацию кормов, снижают концентрацию условно-патогенной микрофлоры в рационе животных, активируют развитие полезной микрофлоры. Подкислители в жидкой форме применяют для санации системы водоснабжения и поения [1, 3, 11, 14].

На современном рынке ветеринарных препаратов широко распространены различные комбинации органических кислот под разными торговыми марками. Однако поиск новых рецептов остается оправданным и актуальным.

На основании вышеизложенного целью исследования явилась оценка эффективности использования кормовой добавки «Биовокс» в системе поения белых лабораторных мышей при воздействии на микрофлору ротовой полости и патогенную (условно патогенную) микрофлору. Были поставлены следующие задачи:

1. Оценить влияние кормовой добавки на условно-патогенные (*E.coli*, *St.aureus sp.*) и микроорганизмы из рода *Bacillus*.

2. Оценить влияние кормовой добавки на показатели микрофлоры ротовой полости белых лабораторных животных.

Материал и методы исследования. Исследование проводили на кафедрах анатомии и физиологии и инфекционных болезней и патологической анатомии ФГБОУ ВО Ижевской ГСХА в 2019 г.

Объектом исследования явилась комовая добавка «Биовокс» производства ООО «ПК Ижсинтез-Химпром». Основными компонентами добавки являются следующие кислоты: муравьиная, уксусная, молочная, сорбиновая в определенных концентрациях.

Для проведения опыта по оценке влияния кормовой добавки «Биовокс» на показатели микрофлоры ротовой полости лабораторных животных (белых мышей) было сформировано две группы подопытных животных по принципу пар-аналогов. Подборка белых лабораторных мышей осуществлялась с учетом возраста (12 мес.), происхождения и пола (беспородные самки), живой массы ($20,6 \pm 2,3$ г). Содержали подопытных животных в одинаковых условиях, с однотипным кормлением (стандартный рацион для мышей на период краткосрочных опытов). В каждой группе было по 5 мышей в стандартных условиях вивария. Экспе-

рименты выполнялись в соответствии с этическими нормами обращения с животными, соблюдением рекомендаций и требований [2, 12].

В период опыта опытной группе осуществляли выпаивание воды, содержащей кормовую добавку, из расчета 0,45 мл на 1 литр воды (что соответствует 450 мл на 1 т воды) из сосковой поилки. Контрольная группа мышей кормовую добавку не получала, использовали водопроводную воду. Время выпаивания составило 5 суток. Отбор материала (смывы со слизистой ротовой полости) осуществляли с учетом требований по отбору материала для бактериологических исследований [2, 5, 7, 12].

Оценивая эффективность препарата при выпаивании белым лабораторным мышам, определяли ОМЧ мезофильных микроорганизмов (при посеве на МПА) и рост микроорганизмов группы кишечной палочки, в т.ч. патогенной (при посеве на среду Эндо) [5, 6, 7].

Определение антибактериальной активности кормовой добавки «Биовокс» изучали с использованием культуры *E. coli*, *St. aureus sp.*, обладающих патогенными свойствами, выделенных от белых лабораторных мышей, непатогенной культуры *Bacillus subtilis*. Первоначальное разведение микроорганизмов осуществляли по стандарту мутности из расчета: для *E. coli* и *St. aureus* – $0,6 \times 10^9$ кл/мл, для *Bacillus subtilis* – $0,02 \times 10^9$ кл/мл. Затем готовили стандартные десятикратные разведения культуры [5, 7, 9]. Характер влияния кормовой добавки «Биовокс» на различные виды микроорганизмов, в т.ч. патогенные, оценивали при посеве на мясо-пептонный бульон (МПБ) с последующим пересевом на плотную питательную среду (МПА) [5, 7, 8, 13].

Результаты исследования. По результатам исследования получены следующие данные, которые отображены в таблице 1.

Из таблицы видно, что после применения препарата «Биовокс» уменьшается общее число мезофильных микроорганизмов ротовой полости (ОМЧ). Снижается количество микроорганизмов группы кишечной палочки и, в частности, патогенной кишечной палочки, передающейся между особями при поении и кормлении (фекальном загрязнении корма и воды).

При определении видовой принадлежности микроорганизмов до момента выпаивания препарата выявлено наличие большого количества микрофлоры в ротовой полости мышей, в частности, группа кишечной палочки, стафилококк, несколько видов энтерококков, аэробные и анаэробные бациллы и стрептобациллы и т.д.

Таблица 1 – Показатели микробной обсемененности ротовой полости мышей до и после выпаивания препарата «Биовокс»

№ объекта	ОМЧ до выпаивания КОЕ/1 мл	ОМЧ после выпаивания КОЕ/1 мл	Группа кишечной палочки КОЕ/1 мл (в т.ч. патогенная) до выпаивания	Группа кишечной палочки КОЕ/1 мл (в т.ч. патогенная) после выпаивания
1	1500	100	150	3
2	2000	189	30	5
3	500	57	150 (52)	12 (3)
4	1500	110	100 (10)	8
5	1800	155	150 (30)	10 (3)

После применения добавки «Биовокс» определялся рост преимущественно аэробных бактерий, энтерококки, микрококки, являющиеся постоянными обитателями органов пищеварения мышей.

Характер роста в бульоне (МПБ) при различных разведениях микроорганизмов показан в таблице 2. Из данных таблицы видно, что при применении комовой добавки задержка роста микроорганизмов в течение первых суток отмечали в разведениях 10^{-8} и 10^{-9} степени. Однако уже на 2 сут. выявляли помутнение бульона. При посеве стандартных разведений на МПА в разведениях 10^{-8} и 10^{-9} роста не выявлено. Одновременно с этим в контроле (МПБ без «Биовокс») рост всех исследуемых микроорганизмов наблюдали во всех пробирках уже в первые сутки исследования.

Из двухсуточных опытных культур в разведениях 10^{-8} и 10^{-9} получили рост по *Bacillus subtilis* – 70 и 8 КОЕ/мл; *E.Coli* – 15 и 12 КОЕ/мл, *St. aureus* – 9 и 4 КОЕ/мл соответственно.

Наличие активного роста *Bacillus subtilis* при высокой степени разведения может свидетельствовать о благотворном влиянии подкисленной среды на микроорганизмы данной группы, что определяет положительный момент для развития нормальной микрофлоры кишечника.

Таблица 2 – Показатели роста микроорганизмов при различных концентрациях добавки «Биовокс» в МПБ

Титр заведения микроорганизмов	<i>E. coli</i>	<i>St. aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
10^{-5}	+	+	+
10^{-6}	+	+	+
10^{-7}	+	+	+
10^{-8}	++	++	++
10^{-9}	++	++	++

Примечание:

+ – рост на первые сутки

++ – рост на вторые сутки

Выводы:

1. Кормовая добавка «Биовокс» снижает количество условно-патогенных микроорганизмов (*E.coli*, *St.aureus*), обладает бактериостатическим действием на микроорганизмы.

2. После применения препарата «Биовокс» уменьшается общее число мезофильных микроорганизмов ротовой полости лабораторных животных. Уменьшается количество микроорганизмов группы кишечной палочки, в т.ч. патогенной.

3. При применении комовой добавки задержку роста микроорганизмов в течение первых суток отмечали в разведениях 10^{-8} и 10^{-9} .

4. Активный рост *Bacillus subtilis*, как представителей нормальной микрофлоры, при разведении 10^{-8} и 10^{-9} на вторые сутки может свидетельствовать о благотворном влиянии подкисленной среды на данную группу микроорганизмов.

Список литературы

1. Апалеева, М. Г. Влияние препарата на основе органических кислот на продуктивность цыплят-бройлеров / М. Г. Апалеева, Т. А. Краснощекова, Г. А. Андреева // Вестник Донского ГАУ. – 2020. – № 1 (35.1) – С. 15–19.

2. Европейская конвенция по защите экспериментальных животных Страсбург, 1986 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://google.ru/> (дата обращения: 12.05.2020).

3. Калевич, А. Н. Эффективность подкислителей кормов / А. Н. Калевич // Птицеводство, 2011. – № 1. – С. 3–9.

4. Кравченко, В. В. Влияние органических кислот на обмен веществ у животных / В. В. Кравченко, Л. Н. Скворцова, Е. А. Вольская // Материалы X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко. – Кубань: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина. – 2017. – С. 219–220.

5. Методика эколого-гигиенической оценки питьевой воды, используемой для поения с.-х. животных (Рекомендации). // Дальневост. науч.-метод. центр., ДальЗНИВИ. – Благовещенск, 2005. – С. 145–160.

6. Методические рекомендации. Методы бактериологических исследований условно-патогенных микроорганизмов в клинической микробиологии // Методические рекомендации Минздрава РСФСР от 19.12.1991 г.

7. Михеева, Е. А. Основы санитарной микробиологии и вирусологии / Е. А. Михеева, В. В. Тихонова. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2013. – 41 с.

8. Михеева, Е. А. Ветеринарная микробиология и микология. Общая микробиология / Е. А. Михеева, Е. С. Климова. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017. – 84 с.

9. МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. Методические указания. – М.: Издательство стандартов, 2004.

10. Околелова, Т. Кислотосвязывающая способность компонентов в профилактике заболеваний ЖКТ / Т. Околелова, Т. Кузнецова, А. Кузнецов // Комбикорма. – 2006. – № 6. – С. 109–117.

11. Отченашко, В. У каждого подкислителя свои особенности / В. Отченашко // Животноводство России. – 2016. – С. 29–31.

12. Руководство по лабораторным мышам и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях / Под ред. Н. Н. Каркищенко, С. В. Грачева. – М: Профиль, 2010. – 358 с.

13. Тихонова, В. В. Общая микробиология / В. В. Тихонова, Е. С. Климова, Е. А. Михеева, Е. В. Максимова. – Ч. 1. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017. – 58 с.

14. Шацких, Е. В. Органические подкислители для выращивания бройлеров / Е. В. Шацких, О. В. Васина // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 10. – С. 39–40.

15. Дяченко, Л. С. Перетравність корму, баланс азоту та продуктивність курчат-бройлерів за вищювання різних доз підкислювача / Л. С. Дяченко, С. В. Сиваченко // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2016. – № 250. – С. 23–34.

16. Brzówska, F. Effect of dietary acidifier on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens / F. Brzówska, B. Śliwiński, O. Michalik-Rutkowska // Annals of Animal Science. – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 85–96.

17. Demchuschun, S. V. The effectiveness of the use of acidifiers in the industrial growing of broiler chickens / S. V. Demchuschun // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. – 2016. – Т. 18. – № 2–2 (67). – С. 81–84.

Spisok literatury

1. Apaleeva, M. G. Vliyanie preparata na osnove organicheskikh kislot na produktivnost' suplyat-broylerov / M. G. Apaleeva, T. A. Krasnoshchekova, G. A. Andreeva // Vestnik Donskogo GAU. – 2020. – № 1 (35.1) – С. 15–19.

2. Evropejskaya konvenciya po zashchite eksperimental'nyh zhivotnyh Strasburg, 1986 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://google.ru/> (data obrashcheniya: 12.05.2020).

3. Kalevich, A. N. Effektivnost' podkislitelej kormov / A. N. Kalevich // Pticevodstvo, 2011. – № 1. – С. 3–9.

4. Kravchenko, V. V. Vliyanie organicheskikh kislot na obmen veshchestv u zhivotnyh / V. V. Kravchenko, L. N. Skvorcova, E. A. Vopol'skaya // Materialy H Vseros. konf. molodyh uchenykh, posvyashch. 120-letiyu I. S. Kosenko. – Kuban': FGBOU VO Kubanskij GAU im. I. T. Trubilina. – 2017. – С. 219–220.

5. Metodika ekologo-gigienicheskoy ocenki pit'evoy vody, ispol'zuemoj dlya poeniya s.-h. zhivotnyh (Rekomendacii) // Dal'nevost. nauch.-metod. centr., Dal'ZNI VI. – Blagoveshchensk, 2005. – С. 145–160.

6. Metodicheskie rekomendacii. Metody bakteriologicheskikh issledovanij uslovno-patogennykh mikroorganizmov v klinicheskoy mikirobiologii // Metodicheskie rekomendacii Minzdrava RSFSR ot 19.12.1991 g.

7. Miheeva, E. A. Osnovy sanitarnoj mikirobiologii i virusologii / E. A. Miheeva, V. V. Tihonova. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2013. – 41 s.

8. Miheeva, E. A. Veterinarnaya mikirobiologiya i mikologiya. Obshchaya mikirobiologiya / E. A. Miheeva, E. S. Klimova. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2017. – 84 s.

9. МУК 4.2.1890-04 Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam. Metodicheskie ukazaniya. – М.: Izdatel'stvo standartov, 2004.

10. Okolelova, T. Kislotosvyazyvayushchaya sposobnost' komponentov v profilaktike zabojevanij ZHKТ / T. Okolelova, T. Kuznecova, A. Kuznecov // Kombikorma. – 2006. – № 6. – С. 109–117.

11. Otchenashko, V. U kazhdogo podkislitelya svoi osobennosti / V. Otchenashko // ZHivotnovodstvo Rossii. – 2016. – С. 29–31.

12. Rukovodstvo po laboratornym mysham i al'ternativnym modelyam v biomedicinskih tekhnologiyah / Pod red. N. N. Karkishchenko, S. V. Gracheva. – М: Profil', 2010. – 358 s.

13. Tihonova, V. V. Obshchaya mikirobiologiya / V. V. Tihonova, E. S. Klimova, E. A. Miheeva, E. V. Maksimova. – CH. 1. – Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2017. – 58 s.

14. SHackih, E. V. Organicheskie podkisliteli dlya vyrashchivaniya brojlerov / E. V. SHackih, O. V. Vasina // Agrarnyj vestnik Urala. – 2011. – № 10. – С. 39–40.

15. Dyachenko, L. S. Peretravnist' kormu, balans azotu ta produktivnist' kurchat-broyleriv za vipoyuvannya riznih doz pidkisluyvacha / L. S. Dyachenko, S. V. Sivachenko // Naukovij visnik NUBiP Ukraini. Seriya: Tekhnologiya virobniictva i pererobki produkciї tvarinnictva. – 2016. – № 250. – С. 23–34.

16. Brzóška, F. Effect of dietary acidifier on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens / F. Brzóška, B. Śliwiński, O. Michalik-Rutkowska // Annals of Animal Science. – 2013. – Т. 13. – № 1. – S. 85–96.

17. Demchuschun, S. V. The effectiveness of the use of acidifiers in the industrial growing of broiler chickens / S. V. Demchuschun // Naukovij visnik L'vivs'kogo nacional'nogo universitetu veterinarnoї medicini ta biotekhnologij imeni S. Z. Izhic'kogo. – 2016. – Т. 18. – № 2–2 (67). – S. 81–84.

Сведения об авторах:

Михеева Екатерина Александровна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры инфекционных болезней и патологической анатомии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: mikhkatia@yandex.ru).

Шишкин Александр Валентинович – доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии и физиологии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: shishkinlab@yandex.ru).

Шкляев Константин Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: roma.rus85@mail.ru).

Ye. A. Mikheyeva, A. V. Shishkin, K. L. Shklyayev
Izhevsk State Agricultural Academy

INFLUENCE OF FEED ADDITIVE «BIOVOX» ON THE MICROFLORA OF THE LABORATORY MICE

Feed additive «Biovox» reduces the number of conventionally pathogenic microorganisms (E. coli, St. aureus) and possesses of bacteriostatic effect on microorganisms. Biovax having been applied to, the total number of mesophilic microorganisms in the oral cavity of laboratory mice has decreased. Decreases the number of microorganisms of the Escherichia coli group, pathogenic included.

When using a feed additive, growth of conventionally pathogenic microflora E. coli and St. aureus has deterred during the first day of cultivation in dilutions 10^{-8} and 10^{-9} . Active growth of Bacillus subtilis, as representatives of normal microflora and at 10^{-8} and 10^{-9} dilution on the second day, indicates a beneficial effect of the acidified environment on this group of microorganisms.

Key words: *feed additive; "Biovox"; a water acidifier; a water microflora; pathogenic microflora; microflora of the oral cavity.*

Authors:

Mikheyeva Yekaterina Alexandrovna – Associate Professor, Candidate of Veterinarian Sciences, Associate Professor at the Department of Infectious Diseases and Pathological Anatomy, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: Mikhkatia@yandex.ru).

Shishkin Alexander Valentinovich – Doctor of Medicine, Professor at the Department of Anatomy and Physiology, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: shishkinlab@yandex.ru).

Shklyayev Konstantin Leonidovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Tractors, Automobiles and Agricultural Machines, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: roma.rus85@mail.ru).

УДК 634.737:581. 5:581.522.4(476)

Ж. А. Рупасова¹, А. П. Яковлев¹, П. Н. Белый¹, Т. И. Василевская¹,
В. С. Задаля¹, Т. В. Шпитальная¹, И. М. Гаранович¹, В. И. Домаш²,
С. Г. Азизбекян³, И. И. Лиштван⁴, Т. М. Карбанович⁵

¹ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

²Институт экспериментальной ботаники
им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси

³Институт физико-органической химии НАН Беларуси

⁴Институт природопользования НАН Беларуси

⁵Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОФЛАВОНОИДНЫЙ КОМПЛЕКС ПЛОДОВ ЖИМОЛОСТИ СЪЕДОБНОЙ (*LONICERA EDULIS TURCZ. EX FREYN*) НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА

Приведены результаты сравнительного исследования на выработанном торфянике низинного типа влияния $N_{16}P_{16}K_{16}$, Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на биофлавоноидный комплекс плодов сортов Камчадалка и Ленинградский великан жимолости съедобной, установлена его значительная трансформация, степень которой определялась генотипом растений и видом агроприема. Установлено увеличение, по сравнению с контролем, содержания в них общего количества биофлавоноидов на 16–91 %, в том числе антоциановых пигментов на 16–112 % (из них собственно антоцианов на 12–109 %, лейкоантоцианов на 23–116 %) и флавонолов на 5–49 %, на фоне снижения содержания катехинов на 8–32 %. При этом сорт Камчадалка характеризовался наиболее значительным увеличением содержания в плодах биофлавоноидов, особенно при внесении Гидрогумата, тогда как сорт Ленинградский великан – при обработках Наноплантом.

Использование удобрений способствовало увеличению в составе Р-витаминного комплекса плодов обоих сортов жимолости в 1,1–1,2 раза долевого участия собственно антоцианов и в меньшей степени лейкоантоцианов за счет снижения доли катехинов (в 1,8–2,7 раза) и флавонолов (в 1,3–1,4 раза у сорта Камчадалка) и неоднозначных изменениях у сорта Ленинградский великан при наибольшей выразительности обозначенных сдвигов у обоих сортов на фоне обработок Экосилом.

Ключевые слова: жимолость; биофлавоноидный комплекс; удобрения; сорт; урожайность.

Актуальность исследований. В связи с испытанием на выработанных торфяниках низинного типа в Кличевском р-не Могилевской обл. при выращивании жимолости съедобной минеральных и органических удобрений – полного минерального («Растворин» марки «Б»), Экосила, содержащего природный комплекс тритерпеновых кислот [1], Гидрогумата, действующим веществом которого являются гуматы – водорастворимые соли гуминовых кислот [2] и Нанопланта-8, включающего комплекс микроэлементов (Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se) [3], в 2017–2018 гг. была исследована ответная реакция на их применение бифлавоноидного комплекса плодов данного интродуцента.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнены на примере двух

модельных сортов жимолости съедобной – Камчадалка и Ленинградский великан в рамках полевого опыта, заложенного на участке среднекислого ($pH_{KCl} = 5,5–5,7$), малоплодородного, содержащего в мг/кг: аммонийного и нитратного азота 114–200 и 26–110, P_2O_5 и K_2O 130–135 и 50–93 соответственно, полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа высокой степени разложения, представленного осоково-гипсовой ассоциацией. Схема опыта включала 5 вариантов в пятикратной повторности: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – луночное внесение в мае и июне полного минерального удобрения $N_{16}P_{16}K_{16}$ кг/га д.в., или 5 г на 1 растение; 3 – некорневая обработка опытных растений препаратом Наноплант; 4 – луночное внесение препарата Гидрогумат методом полива;

5 – некорневая обработка опытных растений препаратом Экосил. В каждом варианте опыта было высажено по 25 растений опытных сортов жимолости съедобной.

В качестве полного минерального удобрения использовали «Растворин» марки «Б». Обработку надземных органов растений Экосилом проводили дважды за вегетационный период. Первый раз ее осуществляли в утренние часы в конце первой декады июня, второй раз – в конце первой декады июля, на начальном этапе созревания плодов. Для приготовления рабочего раствора эмульсию Экосила (0,5 мл, или 15 капель), разводили в 3 л теплой воды (40–50 °С), после чего доводили до необходимого объема водой комнатной температуры и тщательно перемешивали. Расход рабочей жидкости при некорневой подкормке составлял 120 мл/растение. Луночное внесение Гидрогумата проводили в те же сроки, что и при использовании препарата Экосил. Для приготовления рабочего раствора 40 мл эмульсии Гидрогумата растворяли в 10 л воды. Расход рабочей жидкости при поливе составлял 0,5 л/растение. В отличие от двух предыдущих препаратов, обработка опытных растений Наноплантом производилась, кроме обозначенных выше сроков, еще и в период их цветения в середине июня, то есть трижды за вегетационный период. Для приготовления рабочего раствора 30 капель препарата растворяли в 3 л воды. Расход рабочей жидкости при некорневой обработке составлял 120 мл/растение.

В период плодоношения опытных растений в высушенных при температуре 60 °С усредненных пробах плодов повариантно определяли суммарное содержание антоциановых пигментов по методу Т. Swain, W. E. Hillis [4], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов арнии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [5]; собствен-

но антоцианов и катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [6, 7]; а также флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [8]. Все аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Повариантное исследование в двухлетнем цикле наблюдений состава, чрезвычайно богатого Р-витаминного комплекса плодов жимолости съедобной (табл. 1), показало, что общее содержание биофлавоноидов в их сухой массе варьировалось в рамках эксперимента у сорта *Камчадалка* – от 18 617 до 35 638 мг/100 г при суммарном содержании антоциановых пигментов от 14 305 до 30 343 мг/100 г (в том числе собственно антоцианов от 7851 до 16 397 мг/100 г, лейкоантоцианов от 6454 до 13 946 мг/100 г), катехинов – от 1055 до 1547 мг/100 г, флавонолов – от 2766 до 3873 мг/100 г. У сорта *Ленинградский великан* аналогичные диапазоны составляли: для общего количества биофлавоноидов – 22 449–34 754 мг/100 г, суммарного содержания антоциановых пигментов – 17 882–29 048 мг/100 г (из них собственно антоцианов 11 119–19 447 мг/100 г, лейкоантоцианов 6763–9602 мг/100 г), катехинов – 1105–1602 мг/100 г, флавонолов – 2966–4430 мг/100 г.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков свидетельствовала об их существенной зависимости от испытываемых агроприемов, оказавших неоднозначное влияние на количественные характеристики Р-витаминного комплекса плодов жимолости. Как следует из таблицы 1, применение минеральных и органических удобрений способствовало выраженной активизации в них биосинтеза основных групп биофлавоноидов, кроме катехинов.

Таблица 1 – Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с использованием удобрений по усредненным в двухлетнем цикле наблюдений биохимическим характеристикам плодов *Lonicera edulis* %

Показатель	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Наноплант	Гидрогумат	Экосил
Сорт Камчадалка				
Собственно антоцианы	+107,7	+49,8	+108,8	+104,8
Лейкоантоцианы	+89,8	+24,3	+116,1	+82,0
Сумма антоциановых пигм.	+99,6	+38,3	+112,1	+94,5
Катехины	–	-31,7	-8,0	-31,8
Флавонолы	+29,2	+5,4	+40,0	+29,6
Сумма биофлавоноидов	+80,5	+27,6	+91,4	+74,4

Показатель	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	Наноплант	Гидрогумат	Экосил
Сорт Ленинградский великан				
Собственно антоцианы	+12,3	+74,9	+73,6	+55,8
Лейкоантоцианы	+22,7	+42,0	+25,3	+23,2
Сумма антоциановых пигм.	+16,2	+62,4	+55,3	+43,5
Катехины	-31,0	-20,3	-22,4	-18,4
Флавонолы	+40,1	+49,4	+45,4	+22,7
Сумма биофлавоноидов	+16,0	+54,8	+48,5	+36,3

Примечание: прочерк означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$

Наиболее выразительно это проявилось у сорта *Камчадалка*, для которого было показано увеличение суммарного содержания биофлавоноидов на 28–91 % по сравнению с контролем, наибольшее при внесении N₁₆P₁₆K₁₆ и особенно Гидрогумата и наименьшее при обработках Наноплантом. Для сорта *Ленинградский великан*, характеризовавшегося менее выраженной, чем у сорта *Камчадалка*, ответной реакцией на применение удобрений, последний агроприем, напротив, оказался самым эффективным, обусловив, как и внесение Гидрогумата, наибольшее в эксперименте увеличение (на 55 %) общего количества Р-витаминов, тогда как при внесении N₁₆P₁₆K₁₆ оно было минимальным, составив лишь 16 %. Как видим, темпы биосинтеза полифенолов в плодах жимолости съедобной при применении удобрений в значительной степени определялись генотипом опытных растений. Наиболее существенные позитивные изменения в Р-витаминном комплексе плодов установлены для доминирующей в нем группы биофлавоноидов – антоциановых пигментов, суммарное содержание которых увеличилось по сравнению с контролем на 38–112 % у сорта *Камчадалка* и на 16–62 % у сорта *Ленинградский великан*. При этом наибольшими размерами данного увеличения характеризовались собственно антоцианы, особенно при внесении Гидрогумата, а у второго таксона также при обработках Наноплантом. Стимулирующий эффект от использования удобрений в отношении флавонолов наиболее выразительно проявился у сорта *Ленинградский великан*, при сходных размерах увеличения их содержания на 40–49 % по сравнению с контролем на фоне всех испытываемых агроприемов, за исключением обработок Экосилом, обеспечивших усиление накопления данных соединений не более чем на 23 % (табл. 1). Для сорта *Камчадалка* наиболее эффективным в этом плане было внесение Ги-

дрогумата, тогда как наименее результативным – применение Нанопланта.

В отличие от антоциановых пигментов и флавонолов, для катехинов, напротив, было показано ингибирование биосинтеза под действием испытываемых агроприемов, на что указывало снижение их содержания в плодах по сравнению с контролем на 8–32 % у сорта *Камчадалка* и на 18–31 % у сорта *Ленинградский великан*. При этом в характере их ответной реакции на применение удобрений опять-таки проявились существенные генотипические различия. Так, если у первого таксона наиболее значительное, причем сходное по величине, обеднение плодов катехинами выявлено на фоне обработок Наноплантом и Экосилом, то у второго – при внесении N₁₆P₁₆K₁₆.

Показанные выше сдвиги в содержании основных групп биофлавоноидов в плодах жимолости съедобной под действием испытываемых агроприемов, обусловленные различиями темпов их биосинтеза, заметно отразились на составе Р-витаминного комплекса. При этом у обоих сортов жимолости были выявлены сходные тенденции в изменении долевого участия в нем антоциановых пигментов и катехинов, наиболее значительном у сорта *Камчадалка* (табл. 2).

Так, использование удобрений, особенно Экосила, способствовало увеличению у него в 1,1–1,2 раза долевого участия собственно антоцианов и в меньшей степени лейкоантоцианов за счет ослабления такового катехинов (в 2,0–2,7 раза) и флавонолов (в 1,3–1,4 раза).

Подобное увеличение в составе Р-витаминного комплекса плодов сорта *Ленинградский великан* доли собственно антоцианов сопровождалось ее снижением в 1,8 раза у катехинов при неоднозначных изменениях у флавонолов, но, как и у сорта *Камчадалка*, наиболее отчетливо обозначенные сдвиги проявились при обработках растений Экосилом.

Таблица 2 – Долевое участие основных групп биофлавоноидов в составе Р-витаминного комплекса плодов *Lonicera edulis* в вариантах полевого опыта, %

Вариант опыта	Собственно антоцианы	Лейко-антоцианы	Сумма антоц. пигм.	Катехины	Флавонолы
Сорт Камчадалка					
Контроль	42	35	77	8	15
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	49	36	85	4	11
Наноплант	50	34	84	4	12
Гидрогумат	46	39	85	4	11
Экосил	50	36	86	3	11
Сорт Ленинградский великан					
Контроль	50	30	80	7	13
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	48	32	80	4	16
Наноплант	56	28	84	4	12
Гидрогумат	58	25	83	4	13
Экосил	57	27	84	4	12

Выводы. В результате сравнительного исследования на выработанном торфянике низинного типа влияния N₁₆P₁₆K₁₆, Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на биофлавоноидный комплекс плодов сортов *Камчадалка* и *Ленинградский великан* жимолости съедобной установлена его значительная трансформация, степень которой определялась генотипом растений и видом агроприема.

Установлено увеличение по сравнению с контролем содержания в них общего количества биофлавоноидов на 16–91 %, в том числе антоциановых пигментов на 16–112 % (из них собственно антоцианов на 12–109 %, лейкоантоцианов на 23–116 %) и флавонолов на 5–49 %, на фоне снижения содержания катехинов на 8–32 %.

При этом сорт *Камчадалка* характеризовался наиболее значительным увеличением содержания в плодах биофлавоноидов, особенно при внесении Гидрогумата, тогда как сорт *Ленинградский великан* – при обработках Наноплантом.

Использование удобрений способствовало увеличению в составе Р-витаминного комплекса плодов обоих сортов жимолости в 1,1–1,2 раза долевого участия собственно антоцианов и в меньшей степени лейкоантоцианов за счет снижения доли катехинов (в 1,8–2,7 раза) и флавонолов (в 1,3–1,4 раза у сорта *Камчадалка*) и неоднозначных изменениях у сорта *Ленинградский великан* при наибольшей выразительности обозначенных сдвигов у обоих сортов на фоне обработок Экосилом.

Список литературы

1. Шабанов, А. А. Биоорганические препараты Гидрогумат и Экосил – полезные компоненты в органическом земледелии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecosil.by/a27989-ekologicheskoe-zemledelie-rostoregulatory.html> (дата обращения: 05.02.2019).
2. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 328 с.
3. Азизбеян, С. Г. Наноплант – белорусский «эликсир урожайности» / С. Г. Азизбеян и др. // Белор. сельск. хоз-во. – 2017. – № 3 (155). – С. 3–5.
4. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus Domenstica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10. – № 1. – P. 63–68.
5. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафган // Тр. 3 Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.
6. Андреев, В. Ю. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреев, Г. И. Калинин, Н. Э. Коломиец, Н. В. Исайкина // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
7. Чупахина, Г. Н. Методы анализа витаминов: практикум / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников. – Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта, 2004. – 35 с.
8. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 430 с.

Spisok literatury

1. SHabanov, A. A. Bioorganicheskie preparaty Gidrogumat i Ekosil – poleznye komponenty v organicheskom zemledelii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ecosil.by/a27989-ekologicheskoe-zemledelie-rostoregulatory.html> (data obrashcheniya: 05.02.2019).

2. Tomson, A. E. Torf i produkty ego pererabotki / A. E. Tomson, G. V. Naumova. – Minsk: Belarus. navuka, 2009. – 328 s.

3. Azizbekyan, S. G. Nanoplant – belorusskij «eliksir urozhajnosti» / S. G. Azizbekyan i dr. // Belor. sel'sk. hoz-vo. – 2017. – № 3 (155). – S. 3–5.

4. Swain, T. The phenolic constituents of Prunus Domenstica. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // J. Sci. Food Agric. – 1959. – Vol. 10. – № 1. – P. 63–68.

5. Skorikova, YU. G. Metodika opredeleniya antocianov v plodah i yagodah / YU. G. Skorikova, E. A. SHaftan // Tr. 3 Vsesoyuz. seminara po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod. – Sverdlovsk, 1968. – S. 451–461.

6. Andreev, V. YU. Metodika opredeleniya antocianov v plodah aronii chernoplodnoj / V. YU. Andreev, G. I. Kalinkina, N. E. Kolomic, N. V. Isajkina // Farmaciya. – 2013. – № 3. – S. 19–21.

7. SHupahina, G. N. Metody analiza vitaminov: praktikum / G. N. SHupahina, P. V. Maslennikov. – Kaliningrad: Baltijskij federal'nyj universitet im. I. Kanta, 2004. – 35 s.

8. Ermakov, A. I. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij / A. I. Ermakov, V. V. Arasimovich, N. P. YArosh i dr. – M.: VO Agropromizdat, 1987. – 430 s.

Сведения об авторах:

Рупасова Жанна Александровна – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, завлабораторией химии растений, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by).

Яковлев Александр Павлович – кандидат биологических наук, доцент, завлабораторией экологической физиологии растений, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by).

Белый Павел Николаевич – кандидат биологических наук, ученый секретарь, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: belyj@cbg.org.by).

Василевская Тамара Ивановна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии растений ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: T.Vasileuskaya@cbg.org.by).

Задаля Виктория Сергеевна – младший научный сотрудник лаборатории химии растений, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: zada.93@mail.ru).

Шпитальная Тамара Васильевна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая сектором «Интродукционный питомник древесных растений», Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: T.Shpitalnaya@cbg.org.by).

Гаранович Игорь Михайлович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией интродукции древесных растений, Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 2, e-mail: I.Garanovich@cbg.org.by).

Домаш Валентина Иосифовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 27, e-mail: nan.botany@yandex.by).

Азизбекян Сергей Гургенович – старший научный сотрудник ГНУ «Институт физико-органической химии» НАН Беларуси, руководитель нанопроектов для агропромышленного комплекса (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 13, e-mail: birukova@igic.bas-net.by).

Лиштван Иван Иванович – академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, Институт природопользования НАН Беларуси (220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 10, e-mail: eco@ecology.basnet.by).

Карбанович Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, заместитель начальника Главного управления растениеводства Минсельхозпрода, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (220030, Республика Беларусь, Минск ул. Кирова, 15, e-mail: veget@mshp.gov.by).

Zh. A. Rupasova¹, A. P. Yakovlev¹, P. N. Belyj¹, T. I. Vasilevskaya¹,
V. S. Zadalya¹, T. V. Shpital'naya¹, I. M. Garanovich¹, V. I. Domash², S. G. Azizbekyan³,
I. I. Lishtvan⁴, T. M. Karbanovich⁵

¹GNU «Central Botanical Garden, National Academy of Sciences, Republic of Belarus»

²Institute of Experimental Botany after V.F. Kuprevich, National Academy of Sciences, Republic of Belarus'

³Institute of Physical and Organic Chemistry, National Academy of Sciences, Republic of Belarus'

⁴Institute of Environmental Management, National Academy of Sciences, Republic of Belarus'

⁵Ministry of Agriculture and Food, Republic of Belarus'

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE BIOFLAVONOID COMPLEX OF EDIBLE HONEYBOARD FRUITS (*LONICERA EDULIS TURCZ. EX FREYN*) ON A LOW-TYPE PEATBOARD

The article presents the results of a comparative study of the influence of $N_{16}P_{16}K_{16}$, Nanoplant, Hydrohumat and Ekosil on the bioflavonoid complex of fruits of the Kamchadalka and Leningrad Giant honeysuckle edible on the developed peat bog of lowland peat, its significant transformation was established, the degree of which was determined by the plant genotype and by the type of agricultural method accepted. Compared to the control, an increase has been found in their content of the total number of bioflavonoids by 16–91 %, the anthocyanin pigments by 16–112 %, including (of which anthocyanins themselves by 12–109 %, leucoanthocyanins by 23–116 %), and flavonols by 5–49 %, against the background of a decrease in the content of catechins by 8–32 %. In the case, the Kamchadalka variety was characterized by the most significant increase of the content of bioflavonoids in the fruits, especially when Hydrohumate had been added, whereas the Leningrad Giant cultivar - when treated with Nanoplant. The use of fertilizers has contributed to the increase of fruits in the composition of the P-vitamin complex of both honeysuckle varieties by 1.1–1.2 times the share of the actual anthocyanins and, to a lesser extent, leucoanthocyanins due to the weakening of those catechins (1.8–2.7 times) and flavonols (1.3–1.4 times in the Kamchadalka variety) and ambiguous changes in the Leningradsky giant variety, with the greatest expressiveness of the indicated shifts in both varieties on the background of Ecosil treatments

Key words: honeysuckle; bioflavonoid complex; fertilizers; variety; yield.

Authors:

Rupasova Zhanna Aleksandrovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the NAS of Belarus, Head of the Laboratory of Plant Chemistry, Central Botanical Garden of the NAS, Republic of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Republic of Belarus', 220072, e-mail: J.Rupasova@cbg.org.by).

Yakovlev Alexander Pavlovich – Associate Professor, Head of the Laboratory of Ecological Plant Physiology, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Central Republic of Belarus', 220072, e-mail: A.Yakovlev@cbg.org.by).

Belyj Pavel Nikolaevich – Candidate of Biological Sciences, scientific Secretary, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Central Republic of Belarus', 220072, e-mail: belyj@cbg.org.by).

Vasilevskaya Tamara Ivanovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Plant Chemistry, GNU «Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Republic of Belarus', 220012, e-mail: T.Vasilevskaya@cbg.org.by).

Zadalia Viktoria Sergeevna – Junior Researcher, Plant Chemistry Laboratory, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganova St., Minsk, Republic of Belarus', 220072, e-mail: zada.93@mail.ru).

Shpital'naya Tamara Vasilevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Introducing Nursery of Woody Plants Sector, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Republic of Belarus', 220012, e-mail: T.Shpitalnaya@cbg.org.by).

Garanovich Igor Mikhailovich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory for the Introduction of Woody Plants, Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus' (2, Surganov St., Minsk, Republic of Belarus', 220012, e-mail: I.Garanovich@cbg.org.by).

Domash Valentina Iosifovna – Doctor of Biological Sciences, Leading Scientific Researcher, Institute of Experimental Botany after V. F. Kuprevich, NAS of Belarus' (27, Academic St., Minsk, Republic of Belarus', 220072, e-mail: nan.botany@yandex.by).

Azizbekyan Sergey Gurgenovich – Senior Researcher, State Institution “Institute of Physical and Organic Chemistry”, National Academy of Sciences of Belarus’ (13, Surganov St., Minsk, Republic of Belarus’, 220072, e-mail: veget@mshp.gov.by).

Lishtvan Ivan Ivanovich – Academician of the National Academy of Sciences of Belarus’, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Academy of Sciences of Belarus’ Institute of Nature Management (10, Franziska Skarina St., Minsk, Republic of Belarus’, 220072, e-mail: eco@ecology.basnet.by).

Karbanovich Tatyana Mikhailovna – Candidate of Biological Sciences, Deputy Chief of the Main Directorate of Plant Production of the Ministry of Agriculture and Food, Ministry of Agriculture and Food, Republic of Belarus’ (15, Kirov St., Minsk, Republic of Belarus’, 15220030, e-mail: veget@mshp.gov.by).

УДК 629.114.2

Г. А. Иовлев, И. И. Голдина

ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

ЗАРУБЕЖНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ТРАКТОРЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Парк тракторов России формируется за счёт импортных поставок как из стран дальнего зарубежья, так и республик Беларусь и Казахстан. Малогабаритная техника поставляется в основном из Китая и Японии.

В статье представлена динамика рынка сельскохозяйственных тракторов РФ, из которой видно, что за последние три года наличие тракторов зарубежного производства на рынке России увеличивается примерно с темпами 24 % в год. Также представлена структура импорта основных фирм изготовителей зарубежных сельскохозяйственных тракторов на рынок России.

Отмечено, что из общего количества тракторов, поставляемых по импорту в Россию, основная доля приходится на тракторы с мощностью двигателя свыше 177 л.с. В диапазоне до 102 л.с. преобладают тракторы фирмы Deutz Fahr; от 102 до 177 л.с. – New Holland; свыше 177 л.с. это фирмы Massey Ferguson, Fend Vario и John Deer.

Дана характеристика ведущих фирм-изготовителей сельскохозяйственных тракторов, далее рассмотрены особенности конструкции зарубежных тракторов John Deer, Deutz Fahr, New Holland, Massey Ferguson, Fend Vario.

Дана методика определения эксплуатационных свойств трактора, разработанная и применяемая на кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» Уральского ГАУ. Исходя из данной методики определен рейтинг марок тракторов различных производителей в зависимости от мощности двигателя. На основании произведённого анализа эксплуатационных свойств зарубежных тракторов и структуры импорта тракторов на рынок России сделаны выводы об оценке эксплуатационных свойств в различных диапазонах мощности.

Ключевые слова: *сельскохозяйственные тракторы; зарубежные тракторы; импорт зарубежных тракторов; мощность двигателя; диапазон мощности двигателя; эксплуатационные свойства тракторов.*

Актуальность. В сельскохозяйственных организациях России во время проведения основных сельскохозяйственных работ на поля выходит огромное количество тракторов различных производителей, различных марок, различных компоновочных схем, различного назначения, различной мощности и тягового усилия. Это тракторы, собираемые на территории России из тракторкомплектов Минского тракторного завода, тракторы собственно российской разработки и производства, а также производство белорусских тракторов с глубокой локализацией производства. Кроме того, в России собираются тракторы фирм из дальнего зарубежья – это тракторы фирмы Claas в Краснодаре и фирмы John Deere в Подмосковье.

Парк тракторов России формируется также за счёт импортных поставок, как из стран дальнего зарубежья, так и республик Беларусь и Казахстан. Малогабаритная техника поставляется в основном из Китая и Японии.

Цель исследований – оценить существующий парк сельскохозяйственных тракторов

Российской Федерации (РФ), по предложенной методике рассчитать эксплуатационные свойства зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определить рейтинговые показатели.

Задачи:

- проанализировать динамику рынка сельскохозяйственных тракторов в России;
- проанализировать структуру импорта основных зарубежных сельскохозяйственных тракторов в России;
- дать краткую характеристику фирм-изготовителей зарубежных сельскохозяйственных тракторов;
- рассчитать эксплуатационные свойства и рейтинговые показатели зарубежных сельскохозяйственных тракторов.

Материалы и методы. Материалами для исследований явились национальные аграрные каталоги, экспресс-отчеты, данные о производстве и рынке сельскохозяйственных тракторов в России в интернет-источниках, ГОСТ 4.40-84. Методами исследований являются: абстрактно-логический, монографический,

экономико-статистический, метод прогнозирования, экономико-математического моделирования, экспертных оценок и другие.

Результаты исследований. Динамика рынка сельскохозяйственных тракторов РФ за последние три года представлена в таблице 1 [1–4].

Таблицу 1 проанализируем с точки зрения динамики изменения показателя наличия на рынке тракторов зарубежных фирм, как поставляемых по импорту, так и собираемых на территории России, и изменение их доли в структуре рынка сельскохозяйственных тракторов. Так, за последние три года наличие тракторов зарубежного производства на рынке России увеличивается примерно с темпами в 24 % в год. В структуре же доля тракторов зарубежных моделей увеличилась с 10,7 % в 2016 г. до 20,1 % в 2018 г.

Структура сельскохозяйственных тракторов, поставляемых на рынок РФ по импорту,

с различной мощностью двигателей, представлена в таблице 2 [5].

Из таблицы 2 видно, что из общего количества тракторов, поставляемых по импорту в Россию, основная доля приходится на тракторы с мощностью двигателя свыше 177 л.с. Если смотреть в разрезе фирм-производителей, то видно следующее: в диапазоне до 102 л.с. преобладают тракторы фирмы Deutz Fahr; от 102 до 177 л.с. – New Holland; свыше 177 л.с. – это фирмы Massey Ferguson, Fend Vario и John Deer.

Для анализа и оценки импорта сельскохозяйственных тракторов в Россию вкратце рассмотрим объёмы их производства на ведущих зарубежных фирмах. В структуре мирового рынка наибольшую долю занимает Deere & Company – 18 %, Case New Holland – 11 %, AGCO – 7 % и Claas – 4 %. Ежегодно данные корпорации поставляют на мировой рынок около 400 тыс. тракторов, а это примерно 80 % всего мирового выпуска тракторов [6].

Таблица 1 – Динамика рынка сельскохозяйственных тракторов Российской Федерации

Структура рынка	Годы					
	2016		2017		Январь-март 2018 (январь-сентябрь 2018)	
	Значение	%	Значение	%	Значение	%
Всего:	21214	100	26423	100	5850 (19409)	100
Отечественные марки	2854	13,5	2410	9,1	447 (1583)	7,6 (8,2)
Тракторы МТЗ российской сборки	2997	14,1	2306	8,7	331 (1900)	5,7 (10,0)
Иномарки российской сборки	949	4,5	1979	7,5	523 (1219)	8,9 (6,3)
Импорт из республик Беларусь и Казахстан	8568	40,4	9832	37,2	2324*(7189)	39,7 (36,9)
Иномарки импортные новые	4186	19,7	7543	28,6	1746 (7519)	20,8 (38,6)
Иномарки импортные б/у	1660	7,8	2353	8,9	479 (н/д)	8,2

Примечание: * Поставки по импорту без республики Казахстан.

Таблица 2 – Структура импорта основных фирм-изготовителей зарубежных сельскохозяйственных тракторов на рынок России

Производитель, фирма	Импорт колёсных тракторов, ед	Структура и диапазон мощности двигателей, поставляемых по импорту, %				
		До 80 л.с.	80–102 л.с.	102–122 л.с.	122–177 л.с.	свыше 177 л.с.
Тракторы колёсные, всего	9750	1,7	2,3	2,7	4,6	38,1
John Deer	411	0,8	1,0	0,8	2,3	95,1
Deutz Fahr	327	27,5	36,4	2,7	8,6	24,8
New Holland	302	0,3	0,7	6,7	21,0	71,2
Massey Ferguson	225	–	–	–	0,4	99,6
Fend Vario	132	0,8	0,8	–	–	98,4

Deere & Company (John Deere). Объем продаж постоянно из года в год возрастает и в последние годы вышел за 40 млрд долларов США. При этом значительно выросли продажи сельскохозяйственных тракторов мощностью более 100 л.с. (в нашем исследовании от 102 до 185 л.с.) и энергонасыщенных тракторов с шарнирно-сочлененной рамой, с ходовой серии R (JD 9370R, JD 9420R, JD 9470R, JD 9520R, JD 9570R.), серии RX (JD 9470RX, JD 9520RX, JD 9570RX) мощностью от 370 до 570 л.с. – продажи увеличились на 31 % соответственно. Увеличились до 10 % продажи гусеничных тракторов (в нашем исследовании это: JD 8320RT, JD 8345RT, JD 8370RT, JD 9510RT, JD 9570RT) мощностью от 320 до 570 л.с.

SDF (Deutz Fahr). Компания Same Deutz Fahr (SDF) является четвертым по величине мировым производителем тракторов. Самыми продаваемыми сельскохозяйственными тракторами SDF являются тракторы с мощностью двигателя до 80 л.с. и от 80 до 102 л.с. (данные российского импорта представлены в таблице 2). В нашем исследовании это тракторы Deutz-Fahr Agropius 410, Deutz-Fahr Agrotion 4.80, Deutz-Fahr Agropius 100, Deutz-Fahr Agrotion 105. Наибольший рост продаж в классе тракторов мощностью от 150 до 200 л.с. Это тракторы Deutz-Fahr Agrotion150, Deutz-Fahr Agrotion 200. Общие годовые продажи сельскохозяйственных тракторов по фирме составляют порядка 33–35 тыс. единиц.

Case New Holland (New Holland). Является вторым, по объемам, производителем тракторов в мире. Объем продаж тракторов составляет около 6,5–7 млрд долларов США. Наиболее популярные модели CASE IH Magnum 305, CASE IH Magnum 315, New Holland T8.390.

AGCO (Fendt Vario, Massey Ferguson). Занимает третье место по производству и продажам сельскохозяйственных тракторов в мире. Объемы продаж составляют порядка 4,7–5,2 млрд долларов США. Особенно популярны тракторы Fendt Vario с бесступенчатой трансмиссией, представленные практически во всех мощностных диапазонах от 72 л.с. (Fendt Vario 207) до 598 л.с. (Fendt Vario 1165MT). Набирают популярность и признание гусеничные тракторы всех марок и моделей, выпускаемых корпорацией.

Если охарактеризовать мировой рынок сельскохозяйственных тракторов в целом, то лидирующие позиции занимает Европейский Союз – около 20 млрд евро, на втором месте рынок США – около 8,5 млрд евро.

Далее рассмотрим особенности конструкции зарубежных тракторов.

John Deere. Выпускается шесть модельных рядов. Каждый ряд включает несколько марок, различающихся мощностью двигателя, различными трансмиссиями, различными шинами. Тракторы предназначены и выполняют практически все технологические операции как в растениеводстве, так и в животноводстве. Силовая установка (двигатель) имеет запас по крутящему моменту от 25 до 40 %, в конструкции двигателя используют систему IPM (интеллектуальное управление мощностью), применяют турбокомпрессор с изменяемой геометрией лопаток турбины, рециркуляцию отработанных газов с промежуточным охлаждением. В трансмиссии, даже в механической КПП, в пределах одного диапазона возможно переключение передач без применения сцепления, т.е. без разрыва потока мощности. Компьютер, устанавливаемый на тракторе, обрабатывает и фиксирует следующую информацию: о расходе топлива, состоянии узлов и агрегатов, сроках следующего ТО, уровне загрузки трактора. Одним из достоинств и особенностей конструкции тракторов John Deere является применение гидравлической системы с изменяемым давлением.

Deutz Fahr. Линейка тракторов, представленная компанией DEUTZ-FAHR, имеет большое количество серий, моделей и модификаций. Сюда входят модели с мощностью двигателей от 25 до 440 л.с. У компании разработана и реализуется концепция уменьшения количества цилиндров. Это стало возможным в результате внедрения нейтрализатора SCR (селективная каталитическая нейтрализация), для преобразования выхлопных газов, взамен традиционной системы рециркуляции выхлопных газов, который позволил увеличить мощность двигателя и его экономичность. Это стало возможным в результате отказа от фильтра сажи и системы дожигания отработанных газов в конструкции двигателя. Уникальной особенностью тракторов является интеллектуальная адаптивная система подвески и управления переднего моста. Электроника подключает полный привод и блокировку дифференциала в зависимости от скорости движения и угла поворота колес. Бесступенчатой трансмиссией комплектуются тракторы с мощностью двигателей от 100 л.с., а тракторы версии «Р» оборудованы автоматической трансмиссией, когда система электронного контроля выбирает передачи в каж-

дом диапазоне, оптимизируя работу двигателя и расход топлива.

New Holland. Модельный ряд имеет шесть серий и представляет технику с мощностью двигателя от 65 до 600 лошадиных сил. Система интеллектуального управления выходной мощностью, в зависимости от выполняемой операции, позволяет увеличить мощность двигателя на 30–35 %. Система управления тягой Terralock позволяет эффективно использовать тяговые свойства трактора при локальных изменениях физических свойств почвы. Пробуксовку колес трактора исключает использование в передней подвеске системы terraglide.

Massey Ferguson. У Massey Ferguson линейка тракторов представлена с мощностью от 60 л.с. до 200 л.с. Основные двигатели тракторов Массей Фергюсон являются длинноходными, что гарантирует высокий крутящий момент в широком диапазоне частот вращения коленчатого вала, оснащены интеллектуальной системой повышения мощности двигателя. На диапазон, соответствующий выполнению полевых работ (от 4 до 12 км/ч), приходится шесть передач из 16 или 24, в зависимости от комплектации.

Fendt Varío. Основным нововведением фирмы является разработка и использование двигателя по новейшим технологиям и его сочетание с бесступенчатой коробкой передач Varío. В результате в тракторе реализованы важные автоматизированные функции, включающие плавное переключение передач, позволяющее оптимизировать взаимодействие двигателя и трансмиссии, управление максимальной выходной мощностью двигателя. Трансмиссия Fendt Varío – гидрообъемно-механическая, с разделением потоков мощности. При повышении оборотов двигателя увеличивается доля механической мощности, передаваемой через планетарную передачу. В зависимости от требуемой скорости и необходимой мощности она изменяет передаточное отношение таким образом, чтобы обороты двигателя снижались до диапазона оптимального расхода топлива. Фирмой используется технология повышения производительности Fendt Efficient Technology.

Для обоснования правильного выбора трактора одной из зарубежных фирм на кафедре «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК» Уральского ГАУ разработана методика определения эксплуатационных свойств трактора. Данная методика используется на кафедре в учебном процессе, при проведении лабораторных занятий

по дисциплине «Транспортные и технологические машины зарубежного производства».

Суть методики в следующем. Выборка или выборочная совокупность по маркам и моделям зарубежных тракторов составила 165 единиц. Выборкой охвачены тракторы практически всех зарубежных моделей – John Deere, New Holland, Challenger, CASE IH, Fendt Varío, Massey Ferguson. Диапазоны мощности представлены от 72 л.с. до 628 л.с. Вся выборка разбита на 18 интервалов. Первый интервал – 72–88 л.с., второй – 91–107 л.с., третий – 114–125 л.с., шестой – 170–185 л.с., седьмой – 195–222 л.с., восьмой – 225–246 л.с., шестнадцатый – 476–517 л.с., семнадцатый – 517–558 л.с. и восемнадцатый – 570–628 л.с. Рассмотрены тракторы с классической компоновкой, с шарнирно-сочлененной рамой, как для сдвоенных колес, так и тракторы с четырьмя гусеницами, чисто гусеничные тракторы.

При анализе оценивались следующие параметры: мощность двигателя, крутящий момент двигателя, вес трактора и распределение веса между мостами, размерность шин и гусениц. На основании этих параметров выведены удельные показатели, характеризующие эксплуатационные свойства тракторов.

Удельные показатели следующие:

1. Удельная мощность – это отношение номинальной мощности к объёму двигателя.
2. Удельный крутящий момент – отношение крутящего момента двигателя к его номинальной мощности.
3. Удельное давление на почву – отношение веса, приходящегося на оси, на площадь пятна контакта, создаваемого шинами, или веса трактора, приходящегося на оси и опорную площадь гусениц, или веса трактора, приходящегося на опорную площадь гусениц.
4. Индекс тягового усилия – произведение значения крутящего момента на удельное давление на почву.

Данный показатель мы использовали в связи с тем, что движитель (колёсный, гусеничный) преобразует крутящий момент, переданный с двигателя через трансмиссию на ведущие колёса или гусеницы, в касательную силу тяги. При таком преобразовании преодолеваются потери на качение этих движителей.

Касательная сила тяги P_K – это равнодействующая всех реакций почвы, приложенных к опорной поверхности колёс или гусениц. Реакция почвы как раз зависит от площади опорной поверхности колёс или гусениц, т.е. от удельного давления на почву движителей. Касатель-

ная сила тяги реализуется через преодоление сопротивления качению движителя, тягового сопротивления рабочих машин [7]. Касательная сила тяги зависит от момента, приложенного к ведущим колесам, и силы сцепления колеса с почвой или дорогой. Поэтому для своих исследований мы выбрали такой интегральный показатель, как «индекс тягового усилия».

По представленной методике выполним расчёты эксплуатационных свойств тракторов в интервале 457–470 л.с. (табл. 3).

В этом интервале представлено 8 тракторов различных фирм и моделей различных конструкций.

1. Расчёт произведём на примере John Deer 9470RX:

$$2. \text{ Удельная мощность, л.с./л } N_{yd} = \frac{N_e}{V} = \frac{470}{13,5} = 34,8 \text{ л.с./л.}$$

$$3. \text{ Удельный крутящий момент, Нм/л.с. } M_{kr}^{yd} = \frac{M_{kr}}{N_e} = \frac{2169}{470} = 4,6 \text{ Нм/л.с.}$$

Удельное давление на почву, кг/см².

$$P_{yd} = \frac{P_m}{2S_{zyc}}$$

Для переднего моста:

$$P_{yd} = \frac{P_{п.м}}{2S_{z.п.м}} = \frac{15\,780}{28\,804} = 0,55 \text{ кг/см}^2$$

$$S_{zyc} = 2 \cdot a \cdot b = 2 \cdot 76,2 \cdot 189 = 28\,804 \text{ см}^2$$

Для заднего моста:

$$P_{yd} = \frac{P_{з.м}}{2S_{z.з.м}} = \frac{10\,520}{28\,804} = 0,38 \text{ кг/см}^2$$

$$S_{zyc} = 2 \cdot a \cdot b = 2 \cdot 76,2 \cdot 183 = 27\,889 \text{ см}^2$$

$$\text{Индекс тягового усилия } I_{ту} = M_{kr} \cdot P_{yd} = 2169 \cdot 0,46 = 998$$

Для оценки эксплуатационных свойств используем метод рейтинговой оценки. Рассчитанные удельные показатели и рейтинговые места представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Эксплуатационные свойства тракторов в интервале 457–470 л.с.

№ п/п	Марка трактора	Двигатель			Вес, кг		Размерность шин	
		V,	N _e , л.с.	M _{кр} , Нм	P _{пм}	P _{зм}	Передние	Задние
1	Case IH Steiger 450	12,9	457	2136	15240	10160	710/70 R42	710/70 R42
2	CASE IH Quadtrac 450	12,9	457	2136	15780	10530	762×1830	
3	Fendt Vario 1145MT	16,8	457	2170	19 365		698×3000	
4	Challenger MT845 E	16,8	457	2170	22 000		700×2950	
5	Challenger MT855 C	15,2	460	2283	18 447		762×2950	
6	Challenger MT955 CE	15,2	460	2286	16 200	10 800	710/70R42*	710/70R42*
7	John Deer 9470RX	13,5	470	2169	15 780	10 520	762×1886	
8	John Deer 9470R	13,5	470	2169	11 180	7455	650/85 R38	650/85 R38

Таблица 4 – Удельные показатели и рейтинговые места тракторов

Марка трактора	Показатели									
	Удельная мощность, л.с./л		Удельный M _{кр} , Нм/л.с.		Удельное давление, кг/см ²				Индекс тягового усилия	
	Значение	Рейтинговое место	Значение	Рейтинговое место	Передний мост		Задний мост		Значение	Рейтинговое место
					Значение	R место	Значение	R место		
Case IH Steiger 450	35,4	1–2	4,7	3–6	1,46	8	1,46	8	3119	3
CASE IH Quadtrac 450	35,4	1–2	4,7	3–6	0,57	7	0,38	1–2	1004	5
Fendt Vario 1145MT	27,2	7–8	4,7	3–6	0,46		4		998	6–7
Challenger MT845 E	27,2	7–8	4,7	3–6	0,53		5		1150	4
Challenger MT855 C	30,3	5–6	5,0	1–2	0,41		3		936	8
Challenger MT955 CE	30,3	5–6	5,0	1–2	1,46	8	1,46	8	3338	1
John Deer 9470RX	34,8	3–4	4,6	7–8	0,55	6	0,38	1–2	998	6–7
John Deer 9470R	34,8	3–4	4,6	7–8	1,46	8	1,46	8	3167	2

На основании данных из таблицы выводим рейтинговый показатель оценки эксплуатационных свойств трактора.

1. Case IH Steiger 450 – 1,5 + 4,5 + 8 + 8 + 3 = 25
2. Challenger MT955 CE – 5,5 + 1,5 + 8 + 8 + 1 = 24
3. John Deer 9470R – 3,5 + 7,5 + 8 + 8 + 2 = 29
4. CASE IH Quadtrac 450 – 1,5 + 4,5 + 7 + 1,5 + 5 = 19,5
5. John Deer 9470RX – 3,5 + 7,5 + 6 + 1,5 + 6,5 = 25
6. Fendt Vario 1145MT – 7,5 + 4,5 + 4 + 6,5 = 22,5
7. Challenger MT845 E – 7,5 + 4,5 + 5 + 4 = 21
8. Challenger MT855 C – 5,5 + 1,5 + 3 + 8 = 18

На основании рейтинговых показателей делаем вывод о том, что среди тракторов мощностью 457–470 л.с. лучшие эксплуатационные свойства у трактора CASE IH Quadtrac 450 (4 гусеницы), среди чисто колёсных – Challenger MT955 CE, среди гусеничных – Challenger MT855 C.

Уровень эксплуатационных свойств тракторов в разрезе фирм-производителей представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Уровень эксплуатационных свойств тракторов зарубежного производства в интервале 405–628 л.с. (5 интервалов)

Уровень эксплуатационных свойств, представленных на рисунке 1, сформирован по сумме рейтинговых мест тракторов, входящих в данный интервал. В нашем случае лучшие эксплуатационные свойства у тракторов марки Challenger, примерно равные у Case IH и Fendt Vario.

Для других интервалов аналогичным образом также определён уровень эксплуатационных свойств. Для наглядности данные представим в таблице 5.

Анализ рейтинга, представленного в таблице 3, проведём в сравнении с рейтингом популярности фирм-производителей по классам мощности тракторов, составленным А. Нефедовым [8], с использованием технических показателей по ГОСТ 4. 40–84 [9].

Анализ рейтинга тракторов различных производителей в зависимости от мощности двигателя (по мере уменьшения):

До 110 л.с. – Fendt Vario, Deutz-Fahr, Case IH, Massey Ferguson.

– 110–165 л.с. – Case IH, John Deer, Massey Ferguson, Challenger, Fendt Vario.

– 170–222 л.с. – Fendt Vario, Challenger, Case IH.

– 225–270 л.с. – Challenger, практически одинаковые эксплуатационные свойства у Fendt Vario, Deutz-Fahr, John Deer последнее место Case IH.

– 284–339 л.с. – Challenger, John Deer, Massey Ferguson, Case IH.

– 340–385 л.с. – Challenger, John Deer, Massey Ferguson, Fendt Vario, Case IH.

– 405–470 л.с. – Case IH, Challenger, Fendt Vario, John Deer.

– Свыше 470 л.с. – Challenger, Fendt Vario, Case IH, John Deer.

Таблица 5 – Рейтинг марок тракторов различных производителей в зависимости от мощности двигателя

Мощность двигателя, л.с.	Рейтинговое место, марка трактора				
	I	II	III	IV	V
72–88	Fendt Vario 208	Case Farmal 90JX Deutz-Fahr Agropius 410		Case Farmal 80JX	Fendt Vario 208
91–107	Fendt Vario 311	Fendt Vario 210	Case JX95	MF 455 Xtra	Case Farmal 95C JX
110–125	Massey Ferguson 5470	Case Maxxum 120	Challenger MT515 D	John Deer 6125 M	Case Maxxum 115
126–142	Case Puma 140 John Deer 6140 M		Case Maxxum 130	Challenger MT515 D	MF 7615
144–165	Case Puma 165	Case Puma 155	Challenger MT545 D	Fendt Vario 716	Challenger MT545 B
170–185	Challenger MT575 B MF 7180		Fendt Vario 718	Case Puma 180	Challenger MT565 B

Мощность двигателя, л.с.	Рейтинговое место, марка трактора				
	I	II	III	IV	V
195–222	Fendt Vario 722	Challenger MT595 B	Fendt Vario 720	Challenger MT575 B	Case Puma 210
225–246	Fendt Vario 724	Deutz-Fahr Agrottron 230	John Deer 8245 R	Fendt Vario 824	Case IH Puma 225
255–270	Challenger MT 700 C	Case IH Magnum 260	Deutz-Fahr Agrottron 260 Fendt Vario 826 Challenger MT 645C		
284–305	Challenger MT 775 C	MF 8670	John Deer 8295 R	Case IH Magnum 290	MF 8730 Challenger MT 655C
309–339	John Deer 8320 RT Challenger MT 765 C		Challenger MT 755D	John Deer 8335 R	Case IH Magnum 315
340–368	Challenger MT 765D	John Deer 8345 RT	Challenger MT 835 C	Challenger MT 755 E	Case IH Magnum 340
370–385	John Deer 8370 RT	Challenger MT 765 E	MF 8737	Fendt Vario 938 MT	John Deer 8370 R
405–435	Challenger MT 845 C	Fendt Vario 943 MT	Fendt Vario 940 MT	John Deer 9420 R Challenger MT 945 CE	
457–470	Challenger MT 855 C	Case IH Quadtrac 450	Challenger MT 845 E	Fendt Vario 1145 MT	Challenger MT 955 CE
476–510	Challenger MT 855 E Challenger MT 865 C		Fendt Vario 1154 MT	Case IH Quadtrac 500	Challenger MT 965 CE
517–558	Case IH Quadtrac 550	Fendt Vario 1155 MT Challenger MT 865 E		John Deer 9510 RT	John Deer 9520 RX
570–628	Challenger MT 875 C	Fendt Vario 1165 MT Challenger MT 875 E		Case IH Quadtrac 600	John Deer 9570 RT

Таблица 6 – Рейтинг популярности фирм-производителей по классам мощности тракторов

Мощность двигателя, л.с.	Рейтинговое место, марка трактора				
	I	II	III	IV	V
До 100	John Deere	Case IH Steyr	Deutz-Fahr	Fendt	New Holland
101–150	Fendt	Deutz-Fahr	John Deere	Claas	Case IH Steyr
151–200	John Deere	Fendt	Case IH Steyr	New Holland	Massey Ferguson
201–300	Fendt	John Deere	Claas	Mercedes-Benz*	New Holland
Свыше 300	Fendt	John Deere	Massey Ferguson	Claas	Case IH Steyr

Выводы. На основании произведённого анализа эксплуатационных свойств зарубежных тракторов и структуры импорта тракторов на рынок России (табл. 2) видим следующее:

– в диапазоне мощности до 102 л.с., наибольшие поставки на российский рынок у тракторов марки Deutz-Fahr и они имеют одни из лучших эксплуатационных свойств (второе рейтинговое место). Лучшие эксплуатационные свойства в этом классе у тракторов Fendt Vario, но они практически не поставляются на рынок России (1,3 %).

– в диапазоне мощности 122–177 л.с. наибольшие поставки на российский рынок у тракторов марки New Holland, но у них низкие экс-

плуатационные свойства по сравнению с тракторами других производителей (не вошли в пятёрку лучших по рейтингу) (табл. 3).

– в диапазоне мощности свыше 177 л.с. лучшие эксплуатационные свойства у тракторов Challenger, но они практически не поставляются на рынок России. Из поставляемых тракторов лучшие эксплуатационные свойства у тракторов Fendt Vario. У тракторов Deutz-Fahr, John Deer, Massey Ferguson одинаковые эксплуатационные свойства, но если John Deer представлен практически во всех мощностных диапазонах, то Deutz-Fahr и Massey Ferguson только в одном (225–270 л.с. и 340–385 л.с. соответственно).

Список литературы

1. Российский рынок тракторов для сельскохозяйственных работ и лесного хозяйства в 2017 году. Сельхозтехника. Национальный аграрный каталог. № 17/1-е полугодие 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_17-2018.pdf (дата обращения: 07.04.2020).
2. Экспресс-отчет. Отгрузка сельскохозяйственных тракторов и самоходных комбайнов российскими и зарубежными производителями на внутренний рынок в декабре 2018 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosagromash.ru/attachments/article/2329/Экспресс-отчет%20Декабрь%202018.pdf> (дата обращения: 08.04.2020).
3. Российский рынок тракторов для сельскохозяйственных работ и лесного хозяйства в январе–марте 2018 года. Сельхозтехника. Национальный аграрный каталог. № 18/2-е полугодие 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_18-2018.pdf (дата обращения: 09.04.2020).
4. Продажи тракторов и зерноуборочных комбайнов сокращаются [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trucksale.ru/news/Продажи-тракторов-и-зерноуборочных-комбайнов-сокращаются-6180/> (дата обращения: 10.04.2020).
5. Производство и рынок сельскохозяйственных тракторов в России в 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://os1.ru/article/17904-proizvodstvo-i-rynok-selskohozyaystvennyh-traktorov-v-rossii-v-2017-g> (дата обращения: 11.04.2020).
6. Неведов, А. Состояние мировых рынков сельскохозяйственных тракторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://os1.ru/article/4953-sostoyanie-mirovyh-rynkov-selskohozyaystvennyh-traktorov> (дата обращения: 11.04.2020).
7. Рынок сельскохозяйственных машин 2019 г. Мировой рынок сельскохозяйственных машин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/18/1523096077/Рынок%20сельскохозяйственных%20машин-2019.pdf> (дата обращения: 15.04.2020).
8. Ведущий момент и касательная сила тяги движителя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bstudy.net/644002/tehnika/veduschiy_moment_kasatel'naya_sila_tyagi_dvizhitelya (дата обращения: 12.04.2020).
9. Неведов, А. Выбираем импортные тракторы для села [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://os1.ru/article/4942-vybiraem-importnye-traktory-dlya-sela> (дата обращения: 13.04.2020).
10. ГОСТ 4.40-84. Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index/7/7590.htm> (дата обращения: 14.04.2020).

Spisok literatury

1. Rossijskij rynek traktorov dlya sel'skohozyajstvennyh rabot i lesnogo hozyajstva v 2017 godu. Sel'hoztekhnika. Nacional'nyj agrarnyj katalog. № 17/1-e polugodie 2018 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_17-2018.pdf (data obrashcheniya: 07.04.2020).
2. Ekspress-otchet. Otgruzka sel'skohozyajstvennyh traktorov i samohodnyh kombajnov rossijskimi i zarubezhnymi proizvoditelyami na vnutrennij rynek v dekabre 2018 goda [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.rosagromash.ru/attachments/article/2329/Ekspress-otchet%20Dekabr'%202018.pdf> (data obrashcheniya: 08.04.2020).
3. Rossijskij rynek traktorov dlya sel'skohozyajstvennyh rabot i lesnogo hozyajstva v yanvare–marte 2018 goda. Sel'hoztekhnika. Nacional'nyj agrarnyj katalog. № 18/2-e polugodie 2018. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.selhoz-katalog.ru/pdf/kat_selhoz_18-2018.pdf (data obrashcheniya: 09.04.2020).
4. Prodazhi traktorov i zernouborochnyh kombajnov sokrashchayutsya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.trucksale.ru/news/Prodazhi-traktorov-i-zernouborochnyh-kombajnov-sokrashchayutsya-6180/> (data obrashcheniya: 10.04.2020).
5. Proizvodstvo i rynek sel'skohozyajstvennyh traktorov v Rossii v 2017 g. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://os1.ru/article/17904-proizvodstvo-i-rynok-selskohozyaystvennyh-traktorov-v-rossii-v-2017-g> (data obrashcheniya: 11.04.2020).
6. Nefedov, A. Sostoyanie mirovyh rynkov sel'skohozyajstvennyh traktorov [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://os1.ru/article/4953-sostoyanie-mirovyh-rynkov-selskohozyaystvennyh-traktorov> (data obrashcheniya: 11.04.2020).
7. Rynek sel'skohozyajstvennyh mashin 2019 g. Mirovoj rynek sel'skohozyajstvennyh mashin. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/18/1523096077/Rynek%20sel'skohozyajstvennyh%20mashin-2019.pdf> (data obrashcheniya: 15.04.2020).
8. Vedushchij moment i kasatel'naya sila tyagi dvizhitelya. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://bstudy.net/644002/tehnika/veduschiy_moment_kasatel'naya_sila_tyagi_dvizhitelya (data obrashcheniya: 12.04.2020).
9. Nefedov, A. Vybiraem importnye traktory dlya sela [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://os1.ru/article/4942-vybiraem-importnye-traktory-dlya-sela> (data obrashcheniya: 13.04.2020).
10. GOST 4.40-84. Sistema pokazatelej kachestva produkcii. Traktory sel'skohozyajstvennyye. Nomenklatura pokazatelej [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://files.stroyinf.ru/Index/7/7590.htm> (data obrashcheniya: 14.04.2020).

Сведения об авторах:

Иовлев Григорий Александрович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК», Уральский государственный аграрный университет (620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42, e-mail: gri-iovlev@yandex.ru).

Голдина Ирина Игоревна – старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования в АПК», Уральский государственный аграрный университет (620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42, e-mail: ir.goldina@mail.ru).

G. A. Iovlev, I. I. Goldina
Ural State Agrarian University

FOREIGN AGRICULTURAL TRACTORS AND THEIR OPERATIONAL PROPERTIES

The Park of tractors in Russia is formed by imports from both foreign countries and the republics of Belarus' and Kazakhstan. Small-sized machinery is supplied largely from China and Japan.

The article presents the dynamics of the agricultural tractors market in the Russian Federation, which shows that for over the past three years, the availability of tractors of foreign manufacture at the Russian market has been increasing approximately with the rate of 24 % per year. The leading manufacturers' structure of import of foreign agricultural tractors to the Russian market is also presented.

It is noted that out of the total number of tractors to be imported to Russia, the main share falls on tractors with the engine power over 177 HP. In the range of engines up to 102 HP tractors of Deutz Fahr manufacture are dominating; respectively, from 102 to 177 HP – by New Holland; over 177 HP are by the Massey Ferguson, Fend Vario and John Deer companies. The characteristic of the leading manufacturers of agricultural tractors is given, then the design features of foreign tractors by John Deer, Deutz Fahr, New Holland, Massey Ferguson, Fend Vario companies have been considered.

The technique of determining the operational properties of the tractor, developed and used at the Department of «Service of transport and technological machines and equipment in the agroindustrial complex», Ural State University. Based on this technique, the rating of tractor brands of different manufacturers depending on the engine power is determined. Based on the analysis of the operational properties of foreign tractors and the structure of the import of tractors to the Russian market, conclusions have been drawn in relation to evaluation of operational properties in various power ranges.

Key words: *agricultural tractors; foreign tractors; imports of foreign tractors; engine power; engine power range; operational properties of tractors.*

Authors:

Iovlev Grigory Aleksandrovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Service of transport and technological machinery and equipment in the agricultural sector», Ural State Agrarian University (42, K. Liebknecht St., ekaterinburg, Russian Federation, 620075, e-mail: gri-iovlev@yandex.ru).

Goldina Irina Igorevna – Senior Lecturer, Department «Service of transport and technological machinery and equipment in the agricultural sector», Ural State Agrarian University (42, K. Liebknecht St., Yekaterinburg, Russian Federation, 620075, e-mail: ir.goldina@mail.ru).

А. Г. Ипатов¹, Е. В. Харанжевский²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ СВЕРХТВЕРДЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Основная задача ремонтного производства – обеспечить конкурентоспособность применяемых технологий в процессе восстановления деталей машин. Как известно, основная доля трудоемкости восстановительного процесса отводится механической обработке при доведении восстанавливаемой поверхности до требуемых параметров чистоты и шероховатости. Особенно это проявляется при нанесении твердых и пористых покрытий, когда способы механической обработки ограничены. В данной работе проанализированы параметры качества поверхности упрочняющих керамических покрытий на основе карбида бора, полученные высокочастотной лазерной обработкой. Технологии лазерной обработки известны давно и их использование в ремонтном производстве увеличивается, поэтому вопросы анализа качества состояния поверхности после лазерной обработки являются актуальными. В процессе исследований были получены многослойные керамические покрытия на основе карбида бора B_4C с дополнительным легированием нитридом бора и оксидом магния. Характеристики поверхности и структуры покрытий определяются энергетическими, кинематическими режимами обработки и составом порошковой композиции. Все анализируемые покрытия обладают высокой плотностью, хорошей адгезией и толщиной в пределах 40–50 мкм. Покрытия из чистого карбида бора обладают неудовлетворительными характеристиками – высокой гребнистостью, волнистостью до 50 мкм и шероховатостью Rz 50. Покрытие подвержено трещинообразованию по всей толщине. Добавление нитрида бора снижает шероховатость по параметру Rz до 10...15, что является удовлетворительным результатом и соответствующей черной механической обработке. Покрытие приобретает более ровную структуру, без сильной гребнистости и волнистости. Однако у покрытия наблюдается очаговое формирование трещин в зонах концентрации карбида бора. Легирование порошковой композиции оксидом магния позволило уменьшить шероховатость до значений Ra 0,14, по Rz в пределах 1,8–2,5. Волнистость покрытия не превышает 10 мкм, гребнистость и пористость отсутствуют. Данные характеристики качества поверхности соответствуют чистой механической обработке. Таким образом, представленные результаты исследований дают наглядное доказательство высокой эффективности использования лазерной обработки в условиях получения упрочняющих и восстановительных покрытий с заведомо гарантированными характеристиками поверхности.

Ключевые слова: керамическое покрытие; лазерная обработка; качество поверхности; шероховатость; карбид бора; сверхтвердое покрытие.

Введение. Современное ремонтное производство и машиностроение особое внимание уделяют обеспечению необходимой шероховатости контактирующих поверхностей в трибосопряжениях. Характеристики шероховатости влияют на интенсивность изнашивания, плотность посадки, герметичности сопряжений и в целом определяют работоспособность деталей машин [3, 4, 5]. В процессе восстановления изношенных деталей машин реализуют различные технологии нанесения покрытий, которые, как правило, обладают высокой неравномерностью поверхности покрытия и требуют интенсивной механической обработки для достижения необходимых параметров шероховатости. Величина припуска на механическую обработку достигает более 1,0 мм, что превосхо-

дит величину предельного износа большинства сопряжений. Таким образом, при восстановлении деталей машин основная трудоемкость восстановительных операций приходится на механическую обработку с целью формирования необходимой шероховатости. Для снижения издержек восстановительных операций ремонтное производство основное внимание уделяет технологическим процессам нанесения восстановительных и упрочняющих технологий с заведомо гарантированными характеристиками поверхности. К таким способам можно отнести технологии гальванического наращивания, плазменного осаждения в вакууме, химические способы синтеза покрытий. Однако характеристики покрытий вышеуказанных способов обладают рядом ограничений в диапазоне меха-

нических и эксплуатационных свойств и не являются универсальными для массового применения. За последние годы накоплен огромный научный и практический опыт применения технологий наращивания тонких покрытий методами лазерного синтеза [9, 10, 11]. Преимущества лазерного излучения бесспорны и его использование в ремонтном производстве и в машиностроении увеличивается [7].

Цель и актуальность исследований. Основная цель данной работы заключается в анализе формируемой шероховатости поверхности образцов при синтезе упрочняющих покрытий на основе керамических материалов методом высокочастотной лазерной обработки. Как известно, формирование твердых тугоплавких покрытий всегда приводит к получению высокой гребнистости покрытия [1, 2], что вызвано низкой кинетикой движения жидких масс из-за разнородного фазового состава и неравномерной кристаллизации в объеме расплава с формированием дендритной структуры. Все существующие керамические покрытия практически не поддаются механической обработке, что значительно снижает возможность их применения в ремонтном производстве и в машиностроении [6, 8]. Поэтому вопросы получения на поверхности стальных деталей упрочняющих покрытий на основе керамических твердых материалов, обладающих контролируемой толщиной и требуемой шероховатостью, является актуальными.

Методика исследований. Методика получения покрытия описана в работе [4, 9] и заключается в послойном нанесении тонких покрытий. Для реализации керамического покрытия использовали порошковые композиции на основе карбида и нитрида бора, дополнительно легированные оксидом магния. Процесс синтеза покрытия осуществляется методом лазерного сканирования, предварительно нанесенного порошкового присадочного материала в среде защитного газа аргона. Аргон подается в защитную камеру с избыточным давлением 1,01 атм. Режимы обработки определяются из условий толщины покрытия и характеристики поверхности покрытия.

С целью определения характеристики поверхности формируемых покрытий выполнили металлографические исследования с использованием металлографического микроскопа Neophot-32 в режиме темного поля в поперечном сечении покрытий. Металлографический анализ одновременно дал возможность оценить структуру и адгезионную зону покрытия.

Параметры шероховатости образцов измерили с помощью 3D оптического профилометра Wyko NT 1100 (Veeco).

Результаты исследований и их обсуждение. Качество покрытий во многом определяется составом исходных порошковых композиций, энергетических режимов лазерной обработки, а также от толщины покрытия. Для анализа состояния поверхности покрытий подготовили образцы на стальных полках на основе карбида бора B_4C ; композиции B_4C-BN и порошкового состава $B_4C-BN-MgO$. В качестве показателей характеристик поверхности приняли шероховатость по параметрам Ra и Rz , волнистость поверхности и наличие трещин на поверхности.

Однослойные покрытия толщиной в 5–10 мкм для всех порошковых композиций обладают равномерной структурой без наличия видимых следов трещинообразования, отслоения и малой величиной параметров шероховатости, не превышающей величину 1 мкм. Основные характеристики однослойных покрытий представлены в работах [9]. Однако в условиях ремонтного производства необходимо получать толщину покрытий не менее 50 мкм. С этой целью нами были проведены экспериментальные исследования с многослойными покрытиями с использованием вышеуказанных порошковых составов.

На рисунке 1 приведены результаты металлографического анализа многослойных керамических покрытий (5 последовательно нанесенных слоев). Все представленные покрытия обладают хорошей адгезионной зоной без следов отслоения. Структура покрытий плотная без видимой пористости. Однако поверхность покрытий неоднозначна. Как видно на рисунке 1а, нанесение чистого карбида бора приводит к формированию сильно искаженной поверхности образца с высокой шероховатостью. Высокая температура плавления карбида бора и отсутствие жидкофазного состояния при лазерной обработке создает условия для низкой смачиваемости поверхности и росту крупнокапельных дендритов. Поскольку теплота от лазерного излучения преимущественно уходит в тело подложки в небольшом локальном объеме поверхности, то это вызывает формирование крупных выступающих дендритов. Высокая скорость охлаждения вызывает интенсивный фазовый наклеп, приводящий к накоплению большого количества дефектов и растрескиванию покрытия. Шероховатость поверхности колеблется в большом диапазоне и достигает Rz 50, что не удовлетворяет

требованиям ремонтного производства (табл. 1). Добавление BN в состав покрытия (рис. 1 б) увеличивает однородность покрытий, уменьшает число трещин, но уменьшает толщину полученных покрытий.

нии и шероховатости поверхности. Благодаря высокой реакционной связи оксидов частицы карбида бора и нитрида бора растворяются в мягкой фазе, что придает структуре высокие демпферные свойства и износостойкость.

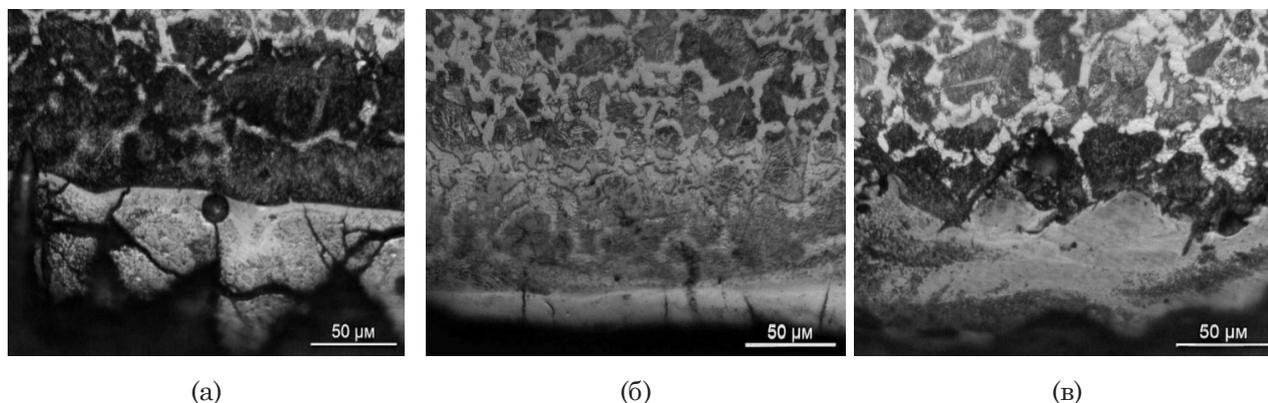


Рисунок 1 – Металлографический анализ образцов с покрытиями толщиной 50 мкм на стали 40: а – покрытие В₄С; б – В₄С-ВN; в – В₄С-ВN-МgО

При этом уменьшение толщины покрытия происходит во всем диапазоне кинематических и энергетических параметров обработки [10, 11]. Добавление нитрида бора позволило обеспечить формирование более равновесного состава близкое к эвтектическим смесям, что обеспечило более высокую «пластичность» структуры покрытия и наличие жидкофазного состояния при нанесении, что позволило разгладить поверхность покрытия. Однако высокая флуктуация плотности карбида бора вызывает локальное формирование трещин в межграницных зонах, которые распраниются по всей толщине покрытия. Шероховатость покрытия колеблется в пределах Rz 15...20, что соответствует черновому точению поверхности (табл. 1).

При этом карбидонитридные включения локализованы в структуре мягкой матрицы, их интенсивный рост ограничен, что снижает гребнистость поверхности и в целом улучшает шероховатость (рис. 2).

Таблица 1 – Шероховатость многослойных покрытий по параметрам Ra и Rz

№ пп	Состав покрытия	R _a , мкм	R _z , мкм
1	В ₄ С	4,0	50
2	В ₄ С-40 %ВN	1,5	20
3	В ₄ С-40 %ВN-10 %МgО	0,7	8

Добавление оксида магния позволило существенно уменьшить число трещин, возникающих в покрытии, и увеличить толщину наносимых покрытий до 200 мкм, а также снизить величину шероховатости. Ввод оксида магния обеспечил формирование мягкой податливой матрицы, что сказалось на трещинообразова-

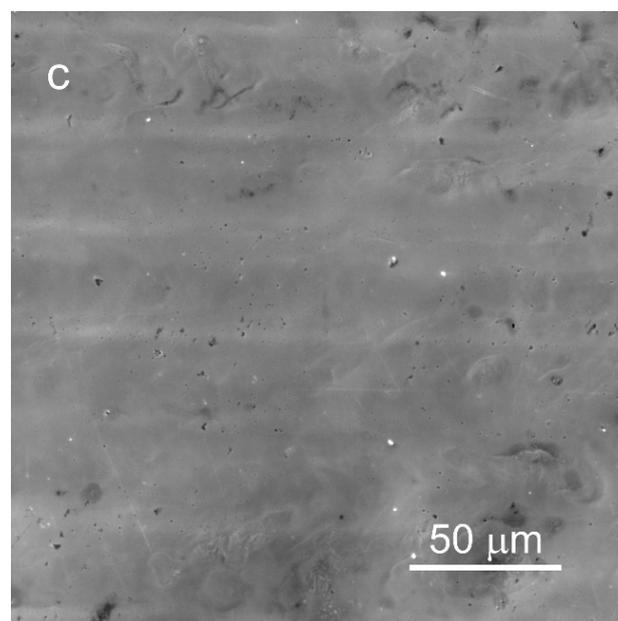


Рисунок 2 – Покрытие В₄С-ВN-МgО на подложке из стали 40

На поверхности проявляется лишь небольшая волнистость не более 10 мкм, что вызвано лазерной маркировкой присадочного порошкового материала и капиллярным эффектом расплавленного материала в силу слабой смачиваемости поверхности. Однако, как показали дополнительные исследования, следы от ла-

зерной обработки также можно нивелировать, обеспечивая перекрытие между дорожками обработки в 20 %.

Результаты СЭМ поверхности этого покрытия приведены на рисунке 3.

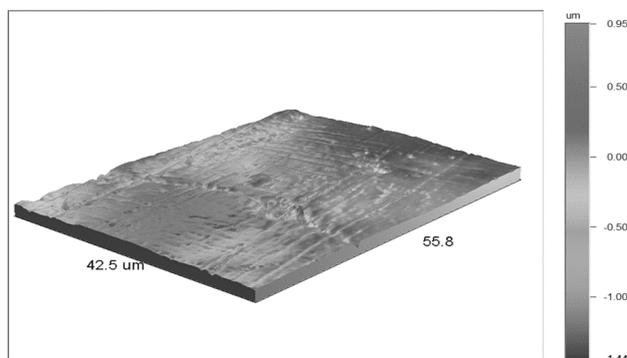


Рисунок 3 – Результаты профилометрии керамического покрытия состава В4С–ВN–MgO

Характеристика поверхности покрытия обладает шероховатостью по параметру Ra 0,14, по Rz в пределах 1,8–2,5, максимальное отклонение достигает 1,9–2,8 мкм в зонах перекрытия между дорожками обработки. Видимых пор и раковин не наблюдается, поверхность ровная, с блестящим эффектом.

Выводы. Представленные результаты анализа качества поверхности и структуры покрытий позволяют утверждать, что использование технологии получения керамических покрытий на основе карбида бора высокочастотной лазерной обработкой имеют высокий практический потенциал в ремонтном производстве и в общем машиностроении. Создаваемые покрытия обладают низкой шероховатостью, соразмерной с чистовыми методами механической обработки и контролируемой толщиной, что сказывается на себестоимости получения покрытий и их конкурентоспособности в условиях машиностроения.

Список литературы

1. Бурков, А. А. Износостойкость электроискровых WC-CO покрытий с различной концентрацией железа / А. А. Бурков // Трение и износ. – 2016. – Т. 37. – № 4. – С. 491–495.
2. Жданович, О. А. Влияние плазменной обработки на микрорельеф поверхности деталей из титанового сплава ВТ6 / О. А. Жданович, В. В. Овчинников, Н. В. Учеваткина // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 1 (145). – С. 24–29.
3. Иванов, М. В. Влияние шероховатости обработанной поверхности на эксплуатационные свойства деталей строительных машин / М. В. Ива-

нов, Н. М. Рашевский, А. А. Сеницын // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 11 (17). – С. 352–355.

4. Ипатов, А. Г. Повышение износостойкости подшипников скольжения сверхтвердыми материалами / А. Г. Ипатов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 10. – С. 16–20.

5. Ипатов, А. Г. Способ формирования покрытия и установка для его осуществления / С. М. Стрелков, С. С. Стрелков, Е. В. Харанжевский // Патент на изобретение RUS 2497978 22.07.2011.

6. Соболева, Н. Н. Влияние фрикционной обработки на микромеханические свойства Ni-Cr-B-Si покрытия, полученного лазерной наплавкой / Н. Н. Соболева, А. В. Макаров, И. Ю. Малыгина // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2017. – № 4 (42). – С. 135–140.

7. Стрелков, С. М. Некоторые проблемы восстановления подшипниковых сопряжений турбокомпрессоров / С. М. Стрелков, А. Г. Ипатов, А. Н. Давыдов // Вестник Ижевской ГСХА, 2014. – № 1 (38). – С. 32–34.

8. Ширяев, А. А. Влияние лазерной и механической упрочняющей обработки на свойства поверхностного слоя / А. А. Ширяев, В. Н. Трофимов, Н. В. Виногуров, В. В. Карманов // Математическое моделирование в естественных науках. – 2018. – Т. 1. – С. 340–342.

9. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitrid / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 40. – № 6. – P. 588–592.

10. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / G. Ya. Ostaeв, S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.

11. Kharanzhevskiy, E. V. Ultralow friction behaviour of b4c-bn-meo composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov, A. V. Makarov, F. Z. Gilmudinov, E. G. Volkova // Surface and Coatings Technology. – 2020. – Т. 390. – С. 125664.

Spisok literatury

1. Burkov, A. A. Iznosostojkost' elektroiskrovых WC-CO pokrytij s razlichnoj koncentraciej zheleza / A. A. Burkov // Trenie i iznos. – 2016. – Т. 37. – № 4. – S. 491–495.
2. Zhdanovich, O. A. Vliyanie plazmennoj obrabotki na mikrorel'ef poverhnosti detalej iz titanovogo splava VT6 / O. A. Zhdanovich, V. V. Ovchinnikov, N. V. Uchevatkina // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. – 2017. – № 1 (145). – S. 24–29.
3. Ivanov, M. V. Vliyanie sherohovatosti obrabotannoj poverhnosti na ekspluatacionnye svojstva detalej

stroitel'nyh mashin / M. V. Ivanov, N. M. Rashevskij, A. A. Sinicyn // Teoriya i praktika sovremennoj nauki. – 2016. – № 11 (17). – S. 352–355.

4. Ipatov, A. G. Povyshenie iznosostojkosti podshipnikov skol'zheniya sverhtverdymi materialami / A. G. Ipatov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. – 2019. – № 10. – S. 16–20.

5. Ipatov, A. G. Sposob formirovaniya pokrytiya i ustanovka dlya ego osushchestvleniya / S. M. Strelkov, S. S. Strelkov, E. V. Haranzhevskij // Patent na izobrenenie RUS 2497978 22.07.2011.

6. Soboleva, N. N. Vliyanie frikcionnoj obrabotki na mikromekhanicheskie svojstva Ni-Cr-B-Si pokrytiya, poluchennogo lazernoj naplavkoj / N. N. Soboleva, A. V. Makarov, I. YU. Malygina // Vektor nauki Tol'yattinskogo gosuniversiteta, 2017. – № 4 (42). – S. 135–140.

7. Strelkov, S. M. Nekotorye problemy vosstanovleniya podshipnikovyh sopryazhenij turbokompressorov / S. M. Strelkov, A. G. Ipatov, A. N. Davydov // Vestnik Izhevskoj GSKHA, 2014. – № 1 (38). – S. 32–34.

8. SHiryayev, A. A. Vliyanie lazernoj i mekhanicheskoy uprochnyayushchej obrabotki na svojstva poverhnostnogo sloya / A. A. SHiryayev, V. N. Trofimov, N. V. Vinokurov, V. V. Karmanov // Matematicheskoe modeli-rovanie v estestvennyh naukah. – 2018. – T. 1. – S. 340–342.

9. Ipatov, A. G. The Tribological Properties of Superhard and Functional Coatings Based on Carbide and Boron Nitrid / A. G. Ipatov, E. V. Kharanzhevskiy // Journal of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 40. – № 6. – P. 588–592.

10. Ipatov, A. G. An analysis of the functional properties of super hard coatings on boron carbide synthesized by short-pulse laser processing / G. Ya. Ostaev, S. N. Shmykov, L. Ya. Novikova, I. A. Deryushev // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – T. 9. – № 2. – S. 921–928.

11. Kharanzhevskiy, E. V. Ultralow friction behaviour of b4c-bn-meo composite ceramic coatings deposited on steel / E. V. Kharanzhevskiy, A. G. Ipatov, M. D. Krivilyov, A. V. Makarov, F. Z. Gilmudinov, E. G. Volkova // Surface and Coatings Technology. – 2020. – T. 390. – S. 125664.

Сведения об авторах:

Ипатов Алексей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: lpatow.al@yandex.ru).

Харанжевский Евгений Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Физика и химия», Удмуртский государственный университет (426034, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, e-mail: eh@udsu.ru).

A. G. Ipatov, Ye. V. Kharanzhevskiy
Izhevsk State Agricultural Academy

SURFACE CHARACTERISTICS OF SUPERHARD CERAMIC COATINGS OBTAINED WITH LASER TREATMENT OF HIGH FREQUENCY

The main task of repairing process is to ensure the competitiveness of the technologies used in the process of restoring machinery parts. It is known that the main part of the complexity of the recovery process refers to mechanical treatment in the run of bringing the surface being recovered to the required parameters of cleanliness and roughness. This is especially evident when applying hard and porous coatings, when the machining methods are limited. In the paper, analyzed the surface quality parameters are presented of reinforced ceramic coatings based on boron carbide, the qualities thus obtained by high-frequency laser processing. Laser processing technologies have been known for a long time, and their use in the repair industry is increasing. Therefore, issues of the quality analyses of the surface condition after laser processing are relevant. In the process of research, multilayer ceramic coatings were obtained, the latter based on boron carbide B4C with additional doping with boron nitride and magnesium oxide. The characteristics of the surface and structure of the coatings are determined with the energy, kinematic processing conditions and by the composition of the powder compound. While being analyzed, all the coatings have demonstrated high density, satisfactory adhesion and thickness in the range of 40-50 microns. Pure boron carbide coatings have unsatisfactory characteristics - high combing, undulation up to 50 microns and Rz 50 roughness. The coating is susceptible to cracking throughout its thickness. Supplementary boron nitride reduces the roughness within the parameter Rz to 10 ... 15, and which is a satisfying result for corresponding rough mechanical treatment. The coating acquires a more even structure, without strong combing and undulation. However, in the coating focal formation of cracks in the concentration zones of boron carbide is perceived. Doping of the powder compound with magnesium oxide has allowed to reduce the roughness to Ra values of 0.14, according to Rz, in the range of 1.8-2.5. The waviness of the coating does not exceed 10 μm, and no combing and porosity. These surface quality characteristics correspond to fine machining. Thus, the results of the research presented demonstrate a clear evidence of high efficiency of the laser processing use under the conditions of obtaining coatings to have been hardened and restored, with prior guaranteed surface characteristics.

Key words: ceramic coating; laser processing; surface quality; roughness; boron carbide; superhard coating.

Authors:

Ipatov Alexey Gennadievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of "Operation and Repair of Machines", Izhevsk State Agricultural Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: Ipatow.al@yandex.ru).

Kharanzhevsky Yevgeny Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the "Physics and Chemistry" Laboratory, Udmurt State University (1, Universitetskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426034, e-mail: eh@udsu.ru).

УДК 664.061.3

Т. С. Копысова¹, А. Б. Спиридонов¹, К. В. Анисимова¹, С. В. Владимиров²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ГО ВПО ДонНУЭТ имени Туган-Барановского

ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Для нормального функционирования организма человека ему необходимы питательные вещества: макро- и микроэлементы в натуральном виде. Экстракты, полученные из растительного сырья, являются натуральными пищевыми ароматизаторами, улучшителями вкуса и красителями. Известные в настоящее время традиционные способы извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья в большинстве случаев не позволяют получить необходимый эффект, т. к. не обеспечивают достаточную полноту извлечения экстрактивных веществ, характеризуются высокой длительностью процесса и непродуктивными затратами подведенной энергии. Методы электрообработки просты и не требуют сложного аппаратного оснащения; электрообработка длится короткое время; данные методы позволяют получить эффект без ухудшения пищевых качеств сырья; электрообработку легко комбинировать с традиционными технологиями производства продуктов питания.

Целью наших исследований являлось выявление воздействия СВЧ-излучения на получении экстрактов из растительного сырья и получение пищевой продукции с полученными экстрактами на примере кефирного продукта. Для реализации цели были поставлены задачи: сравнение существующих методов получения экстрактов из растительного сырья; выявление влияния СВЧ-излучения на клеточные стенки обрабатываемых биообъектов; получение данных о воздействии СВЧ-излучения на микроорганизмы; сравнение температурных параметров проведения процесса СВЧ-экстрагирования при получении продукта из различных видов растительного сырья; выявление влияния СВЧ-излучения на выделение витамина С в процессе экстракции; провести контрольную выработку продукта; оценить качество образцов кефирного продукта с внесенными экстрактами; оценить влияние растительных экстрактов на качество кефирного продукта в процессе хранения.

Исследования проводились в лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Опытно-производственные испытания проводились на базе молокоперерабатывающего предприятия ООО «Дабров и К». Для проведения испытаний использовалось сухое сырье ромашки, мяты перечной, плодов шиповника, крапивы; натуральное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы; замороженное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы.

В результате проведенной работы сделаны выводы, что применение СВЧ-излучения для выделения экстрактивных веществ из растительного сырья эффективно в условиях производства продуктов питания.

Ключевые слова: экстракция; СВЧ-излучение; растительное сырье; технология; технологические параметры.

Актуальность. Для нормального функционирования организма человека ему необходимы питательные вещества: макро- и микроэлементы в натуральном виде. В рецептуры почти всех фармацевтических и косметических средств, а также биологически активных доба-

вок к пище, входят растительные экстракты, которые позволяют восполнить дефицит тех или иных питательных веществ.

Экстракты, полученные из растительного сырья, являются натуральными пищевыми ароматизаторами, улучшителями вкуса и кра-

сителями. Извлечение природных экстрактивных веществ из растительного сырья позволит обеспечить высокие органолептические показатели продукта [8]. Рынок производства продуктов питания перенасыщен синтетическими пищевыми добавками. Применение сырья не натурального происхождения влечет за собой ряд проблем как у населения страны, так и всего человечества. В современном мире синтетические пищевые добавки привели к тому, что у большинства людей выявлена пищевая аллергия [6].

Известные в настоящее время традиционные способы извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья в большинстве случаев не позволяют получить необходимый эффект, т. к. не обеспечивают достаточную полноту извлечения экстрактивных веществ, характеризуются высокой длительностью процесса и непродуктивными затратами подведенной энергии. Постоянное увеличение объемов производства и ассортимента продуктов питания на основе экстрактов остро ставит задачу необходимости дальнейшей разработки теории процесса, новых интенсивных способов экстрагирования и оборудования, необходимого для осуществления данного процесса [3, 5].

Существующие технологии извлечения экстрактов из растительного сырья довольно трудоемки и требуют больших производственных площадей, затрат рабочего времени, высокой численности работников, сложны в производстве. Для приготовления экстрактов требуется сложное, дорогостоящее оборудование [6].

Методы электрообработки просты и не требуют сложного аппаратного оснащения; электрообработка длится короткое время; данные методы позволяют получить эффект без ухудшения пищевых качеств сырья; электрообработку легко комбинировать с традиционными технологиями производства продуктов питания [7].

Основные преимущества СВЧ-нагрева: тепловая безинерционность разогрева объекта «изнутри»; высокий термический КПД (до 85 %); равномерность нагрева по всей массе продукта; бесконтактный подвод энергии; высокая ее концентрация в малом объеме [4].

Внедрение электрофизических способов обработки растительного сырья при проведении процесса экстракции позволяет сократить время проведения процесса, снизить удельные энергозатраты, получить безопасный по микробиологическим показателям продукт. Данный вид дополнительной обработки растительного сырья легко внедрить в существующие технологические линии производства продуктов питания.

Целью современной индустрии пищевой промышленности является получение продукта высокого качества за короткий промежуток времени без внесения дополнительных ингредиентов, снижающих ценность готового продукта [6].

Цель исследования. Выявление воздействия СВЧ-излучения на получении экстрактов из растительного сырья и получение пищевой продукции с полученными экстрактами на примере кефирного продукта.

Задачи исследования. Сравнение существующих методов получения экстрактов из растительного сырья. Выявление влияния СВЧ-излучения на клеточные стенки обрабатываемых биообъектов. Получение данных о воздействии СВЧ-излучения на микроорганизмы. Сравнение температурных параметров проведения процесса СВЧ-экстрагирования при получении продукта из различных видов растительного сырья. Выявление влияния СВЧ-излучения на выделение витамина С в процессе экстракции. Провести контрольную выработку продукта. Оценить качество образцов кефирного продукта с внесенными экстрактами. Оценить влияние растительных экстрактов на качество кефирного продукта в процессе хранения.

Материал и методы проведения исследований. Исследования проводились в лаборатории кафедры «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Опытно-производственные испытания проводились на базе молокоперерабатывающего предприятия ООО «Дабров и К». Для этого произведен монтаж изготовленного образца оборудования для выделения экстрактивных веществ из растительного сырья непосредственно на территории производственного цеха.

Исходя из расчетов, была изготовлена универсальная ванна для выделения экстрактивных веществ из растительного сырья объемом 150 дм³. СВЧ-излучатель установили с постоянной частотой электромагнитного поля 2,45±0,05 ГГц и удельной мощностью 124 Вт.

В ходе испытаний контролировали ряд показателей. Температура экстракта определялась согласно методу по ГОСТ 26754-85. Выход экстрактивных веществ (метод измерения при помощи колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2МП). Температура экстракта находилась в диапазоне 20...75 °С.

Для производства кефирного продукта использовали молоко, закваску и экстракты. Молоко для производства кефирного продукта исследовали в соответствии с ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов» и по ГОСТ 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по следующим показателям: массовая доля жира, массовая доля белка, СОМО (%), которые определялись на приборе «Клевер-1М»; титруемая кислотность по ГОСТ Р 54669; плотность по ГОСТ Р 54758; количество соматических клеток на вискозиметре «Соматос-М» по ГОСТ 23453-2014; наличие ингибирующих веществ с использованием тест-культуры термофильного стрептококка, чувствительного к антибиотикам по ГОСТ 23454-2016. Скваживание молока проводили закваской, в состав которой входят мезофильный молочнокислый стрептококк и кефирные грибки. Качество закваски оценивали согласно ГОСТ 34372-2017 «Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия» по органолептическим показателям и кислотности – методом титрования по ГОСТ Р 54669. Для проведения испытаний использовалось сухое сырье ромашки, мяты перечной, плодов шиповника, крапивы; натуральное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы; замороженное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы. Для определения влияния экстрактов на сохранение свойств кефирного продукта в течение установленного срока годности оценивали качество продукта через 5 дней хранения при 4 ± 2 °С.

Данные показатели оценивались в соответствии предъявляемым требованиям ГОСТ Р 52093-2003 «Кефир. Технические условия».

Результаты исследования. На перерабатывающих предприятиях для производства используют растительные компоненты в сухом и замороженном видах. Это связано со сроками хранения сырья, а также с количеством занимаемой площади для его подготовки и обработки. Для проведения опытно-производственных испытаний применялись образцы растительного сырья различных наименований, которые широко распространены в нашем регионе. Для испытаний использовалось сухое сырье ромашки, мяты перечной, плодов шиповника, крапивы. Натуральное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы. А также замороженное сырье смородины, вишни, облепихи, клюквы.

В соответствии с ранее разработанной технологией выделения экстрактивных веществ [6], процесс экстракции проводился в течение 15...25 мин. при рабочей частоте излучателя 2450 МГц и необходимой удельной мощности излучателя. Обработка производилась при температуре 20...70 °С, в зависимости от типа обрабатываемого растительного сырья, ввиду морфологических особенностей растений.

В качестве образцов для испытания готовились экстракты, из расчета содержания в них 25 грамм растительного сырья (плодов) на 500 мл воды.

Для получения контрольных данных применялся нагрев образцов без воздействия на них СВЧ-излучения. Для сравнительных данных образцы проходили обработку в поле сверхвысокой частоты. Отборы проб продукта проводились поочередно с временными интервалами. На рисунке 1 приведены фотографии образцов экстрактов, полученных из замороженной клюквы.

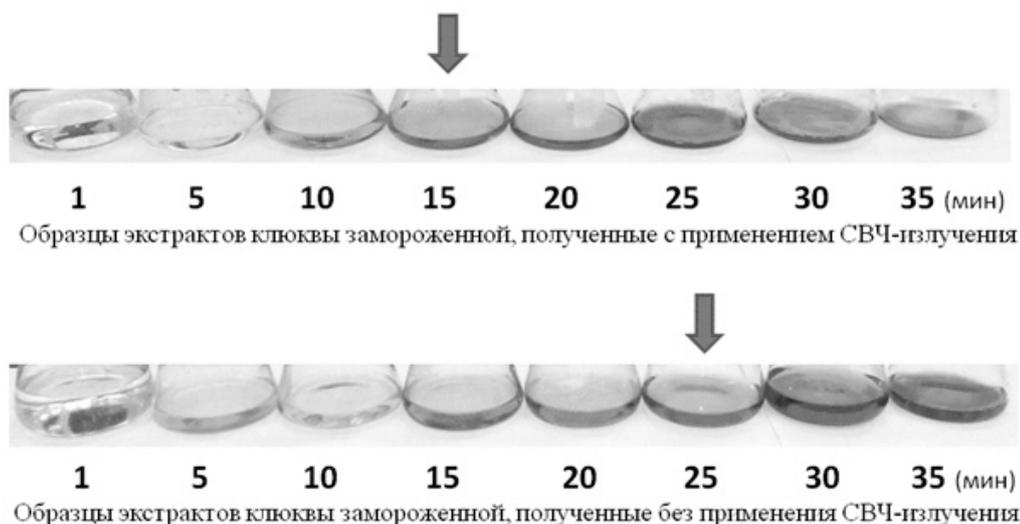


Рисунок 1 – Образцы экстрактов клюквы замороженной

Из приведенного рисунка 1 видно, что концентрация экстрактивного раствора, полученного без применения СВЧ-излучения за 25 мин., примерно совпадает с концентрацией раствора, полученного с применением СВЧ-излучения за 15 мин. При этом цветовые и вкусоароматические показатели образцов, полученных на опытном образце оборудования, значительно превышают показатели образцов, которые были получены с помощью обычного нагрева. На нижней фотографии видно, что образец экстракта клюквы, полученный при помощи СВЧ-излучения, обладает ярко выраженной цветностью раствора. Данная окраска не наблюдается в образцах, которые были получены без применения СВЧ-излучения.

Проведенные производственные исследования образцов экстрактов растительного сырья показали, что использование СВЧ-нагрева позволяет сократить время процесса примерно на 40...60 %, что способствует увеличению эффективности процесса экстракции и сокращению энергозатрат. Экстракты, полученные с использованием СВЧ-нагрева, отличаются от контрольных образцов более ярким цветом, насыщенным вкусом.

Для определения оптимальной температуры процесса экстрагирования проводился ряд опытных исследований с использованием сырья различных наименований. По окончании процесса в образцах определялся коэффициент светопропускания. Полученные данные представлены на рисунке 2.

Как видно из полученных данных, наиболее интенсивное изменение коэффициента светопропускания образцов для различного сырья происходит при разных температурах.

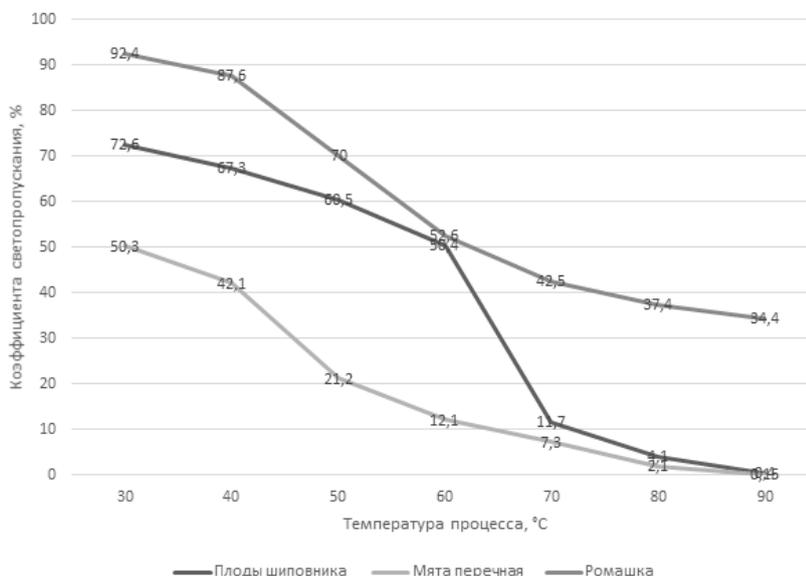


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента светопропускания от температуры

Для плодов шиповника при температуре 60...70 °С; для мяты – 40...50 °С, для ромашки – 50...60 °С.

При использовании данной технологии необходимо задавать температуру проведения процесса для конкретного вида сырья, ввиду морфологических особенностей растений.

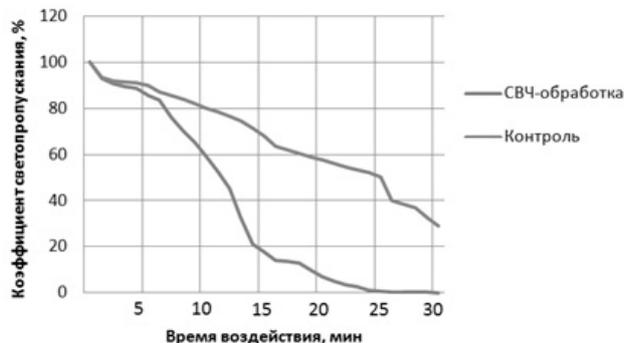


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента светопропускания от времени воздействия

Из графика (рис. 3) видно, что с течением времени коэффициент светопропускания исследуемых образцов экстракта из плодов шиповника уменьшается, что связано с выделением сухих веществ из растительного сырья в экстрагент. Полученные зависимости указывают на то, что в экстракте полученном с применением СВЧ-излучения сокращается время процесса экстракции сухого ягодного сырья. Угол наклона кривой (интервал, обозначенный красным цветом) с 16 до 20 мин. заметно уменьшается, что говорит о приближении значения коэффициента светопропускания к минимуму. Следовательно, проведение процесса свыше данного времени становится менее энергоэффективным.

Данная зависимость аналогична для всех видов примененного сырья. Среднее время проведения процесса СВЧ-экстрагирования до критического интервала равно 18 мин.

Также в ходе работы проводилось определение содержания витамина С в полученном растворе. Наиболее показательные данные были получены на примере экстрагирования замороженной черной смородины (рис. 4).

В ходе испытаний оборудования на предприятии произведена партия кисломолочного напитка с растительными экстрактами.

Исходя из расчетов, была изготовлена универсальная ванна для выделения экстрактивных веществ из растительного сырья объемом 150 дм³. СВЧ-излучатель установили с постоянной частотой электромагнитного поля 2,45 ± 0,05 ГГц и удельной мощностью 124 Вт.

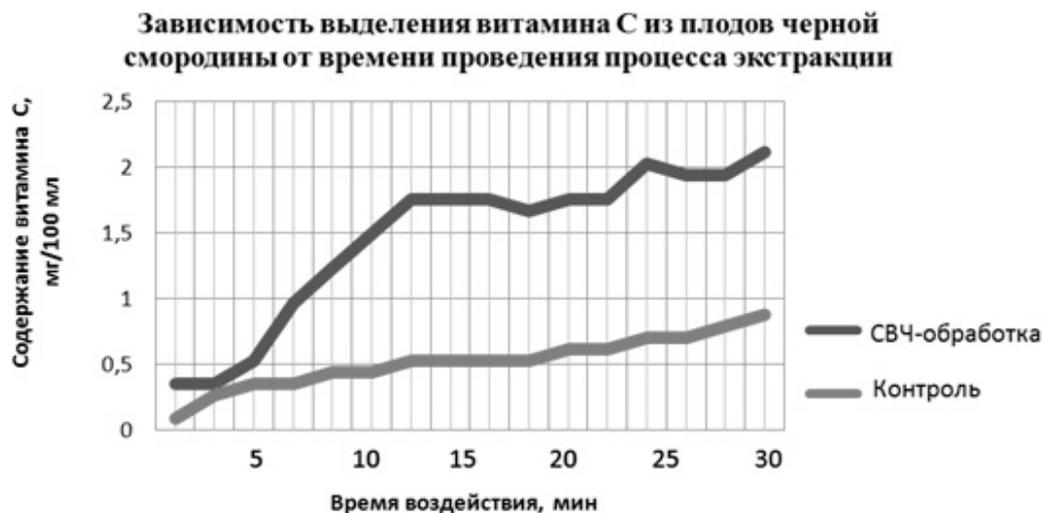


Рисунок 4 – Зависимость выделения витамина С от времени

Из графика (рис. 4) видно, что выделение витамина С из плодов черной смородины с применением электротехнологий происходит более интенсивно, чем без воздействия поля высокой частоты. Наибольший угол наклона кривая при СВЧ-обработке имеет на временном интервале с 5 до 12 мин. С 12 до 20 мин. происходит уменьшение угла наклона кривой. Что также подтверждает уменьшение эффективности проведения процесса экстракции после данного интервала времени. Данная зависимость аналогична для всех видов сырья. Среднее оптимальное время проведения процесса также составляет 18 мин.

В производственных условиях были получены экстракты из растительного сырья с применением СВЧ-излучения с целью последующего производства кисломолочного напитка.

С экстрактами, полученными с применением СВЧ-излучения и без него, изготовлены образцы кисломолочного напитка, которые также подвергались анализу по физико-химическим и органолептическим показателям (табл. 1).

За контрольный образец был взят кефир жирностью 2,5 %.

Из таблицы 1 видно, что значение кислотности кисломолочного напитка с добавлением вкусовых добавок находится в пределах нормы (от 80 до 120 градусов Тернера), что аналогично кефиру с 2,5 % жирности. Данный показатель воздействует на оценку органолептических показателей готового продукта.

Вкусовые и ароматические растительные добавки снижают кисловатый вкус, улучшают запах продукта.

Таблица 1 – Физико-химические показатели готового продукта

Физико-химический показатель	Кефир 2,5 %-ной жирностью	Кефирный продукт с экстрактом мяты		Кефирный продукт с экстрактом мяты, полученный с применением СВЧ-излучения	
		С сахаром	Без сахара	С сахаром	Без сахара
Кислотность, °Т	120	96	100	90	98
Динамическая вязкость, Па·с	0,0064	0,0025	0,0029	0,0028	0,0033

В ходе добавления растительных экстрактов динамическая вязкость кисломолочного напитка уменьшается по сравнению с контрольным образцом. Консистенция становится более жидкой, но это не оказывает влияния на вкусовые характеристики продукта.

Жирность кефирного продукта равна контрольному образцу, так как молочную смесь для производства кисломолочного напитка с экстрактом мяты нормализовали до более высокой жирности с учетом внесения дополнительных компонентов.

Микробиологическому анализу подвергались образцы экстракта мяты, полученные с применением СВЧ-излучения и без него (рис. 5), а также кефирный продукт с экстрактом мяты, полученным с применением СВЧ-излучения и без него (рис. 6).



Рисунок 5 – Общая бактериальная обсемененность экстракта мяты



Рисунок 6 – Общая бактериальная обсемененность кисломолочного напитка с экстрактом мяты

Как видно из диаграмм, общей бактериальной обсемененности меньше микрофлоры в образцах, которые изготавливали с применением СВЧ-излучения. Таким образом, можно сделать вывод, что данные режимы СВЧ-излучения оказывают губительное действие на микроорганизмы и обладают бактерицидным действием, что позволяет получить про-

дукт высокого качества при минимальных температурных режимах.

На основе традиционной технологии производства кефира на молокоперерабатывающем предприятии были получены производственные образцы кисломолочного напитка с добавлением в его состав растительных экстрактов из сухого сырья мяты, шиповника, ромашки, крапивы. В качестве контрольного образца применялся классический кефир. Оценка органолептических показателей качества продуктов представлена на рисунке 7.

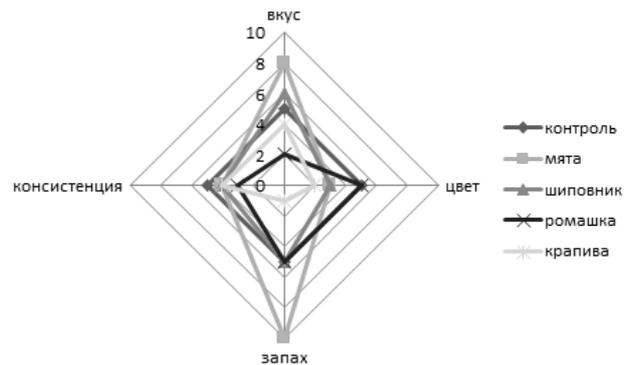


Рисунок 7 – Оценка органолептических показателей качества кисломолочного напитка с использованием экстрактов из сухого растительного сырья

По графику видно, что наиболее выгодным растительным сырьем из приведенных является шиповник и мята. Мятный кефирный продукт имеет наиболее выраженный вкус и запах. Кефирный продукт с использованием экстракта шиповника отличается сбалансированными показателями вкуса, цвета и запаха. Использование ромашки и крапивы в данном продукте – нецелесообразно.

На рисунке 8 приведен график сравнительной органолептической оценки образцов кисломолочного напитка с добавлением натуральных ягод вишни, смородины, облепихи и клюквы.

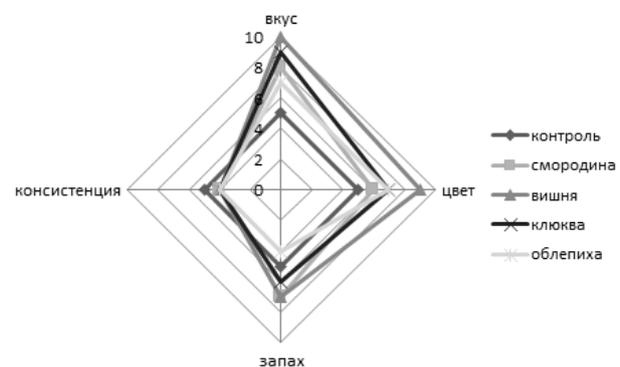


Рисунок 8 – Оценка органолептических показателей качества кисломолочного напитка с использованием экстрактов из натуральных ягод

По графику видно, что применение всех представленных ягод в кефирном продукте возможно. Лучшие показатели качества имеет образец с экстрактом вишни.

Полученные образцы кисломолочного напитка с использованием замороженного ягодного сырья имеют аналогичные показатели, как и у образцов со свежими ягодами.

Все вышеуказанные образцы полученных экстрактов и продуктов безопасны по микробиологическим и физико-химическим показателям.

Оценка органолептических показателей качества кисломолочного напитка с растительными экстрактами показала, что в отличие от контрольного образца новый продукт обладает вкусом, характерным для внесенных экстрактов, освежающим и менее кислым вкусом. Цвет изменяется от белого до белого с оттенком, характерным для внесенного растительного экстракта. Консистенция однородная. Температура при выпуске с предприятия составляет 2...6 °С. Срок годности кисломолочного напитка с растительными экстрактами составляет 5 суток.

Данные показатели соответствуют предъявляемым требованиям ГОСТ Р 52093-2003 «Кефир. Технические условия».

Заключение. Для проработки технологии получения водных экстрактов из растительного сырья разработано производственное оборудование периодического типа. Конструкция оборудования позволяет обрабатывать растительное сырье в различных видах: сухом, свежем, замороженном. Получаемые экстракты возможно применять в стандартном производственном процессе приготовления кисломолочных продуктов, ликероводочной промышленности, при производстве безалкогольных освежающих напитков, в косметической, медицинской промышленности.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение СВЧ-излучения для выделения экстрактивных веществ из растительного сырья эффективно в условиях производства продуктов питания.

Список литературы

1. Абиев, Р. Ш. Моделирование процесса экстрагирования из капиллярно-пористой частицы с бидисперсной структурой / Р. Ш. Абиев, Г. М. Островский // Теорет. основы хим. технологии. – 2001. – Т. 35. – № 3. – С. 270.
2. Аксельруд, Г. А. Массообмен в системе твердое тело–жидкость / Г. А. Аксельруд. – Львов: Львовский университет, 1970. – 188 с.

3. Бабенко, Ю. И. Экстрагирование. Теория и практические приложения / Ю. И. Бабенко, Е. В. Иванов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.naukaspb.ru/gotovyatsya/ekstragirov_sod.htm (дата обращения: 10.04.2020).

4. Бородин, И. Ф. Нанотехнологии в сельском хозяйстве / И. Ф. Бородин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 10 – С. 2–5.

5. Иванов, Е. В. Экстрагирование из волокнистых пористых материалов: дис. ... д-ра техн. наук / Е. В. Иванов. – СПб, 2009. – 302 с.

6. Копысова, Т. С. Разработка технологии свч-экстрагирования компонентов растительного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Копысова Татьяна Сергеевна. – М., 2013. – 171 с.

7. Купчик, М. П. Перспективы применения электрических полей для обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья / М. П. Купчик, Н. И. Лебовка, М. И. Бажал // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 8. – С. 31–37.

8. Позняковский, В. М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов. Учебник. 4-е изд., перераб. и доп. / В. М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 522 с.

9. Lima, M. The affects of ohmic heating frequency on hot-air drying rate and juice yield / M. Lima, S. K. Sastry // J. of Food Engineering. – 1999. – № 2. – V. 41.

10. Schreier, P. Enhanced diffusion during the electrical heating of foods / P. Schreier, D. Reid, P. Fryer // Int. J. Food Sci. Technol. – 1993. – V. 28.

Spisok literatury

1. Abiev, R. SH. Modelirovanie processa ekstragirovaniya iz kapillyarno-poristoj chasticy s bidispersnoj strukturoj / R. SH. Abiev, G. M. Ostrovskij // Teoret. osnovy him. tekhnologii. – 2001. – Т. 35. – № 3. – С. 270.
2. Aksel'rud, G. A. Massoobmen v sisteme tverdoe telo–zhidkost' / G. A. Aksel'rud. – L'vov: L'vovskij universitet, 1970. – 188 s.
3. Babenko, YU. I. Ekstragirovanie. Teoriya i prakticheskie prilozheniya / YU. I. Babenko, E. V. Ivanov [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.naukaspb.ru/gotovyatsya/ekstragirov_sod.htm (data obrashcheniya: 10.04.2020).
4. Borodin, I. F. Nanotekhnologii v sel'skom hozyajstve / I. F. Borodin // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2005. – № 10 – С. 2–5.
5. Ivanov, E. V. Ekstragirovanie iz voloknistyh poristyh materialov: dis. ... d-ra tekhn. nauk / E. V. Ivanov. – SPb, 2009. – 302 s.
6. Kopysova, T. S. Razrabotka tekhnologii svch-ekstragirovaniya komponentov rastitel'nogo syr'ya: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.02 / Kopysova Tat'yana Sergeevna. – М., 2013. – 171 s.
7. Kupchik, M. P. Perspektivy primeneniya elektricheskikh polej dlya obrabotki pishchevyh produktov

i sel'skohozyajstvennogo syr'ya / M. P. Kupchik, N. I. Lebovka, M. I. Bazhal // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2002. – № 8. – S. 31–37.

8. Poznyakovskij, V. M. Gigienicheskie osnovy pitaniya, kachestvo i bezopasnost' pishchevyh produktov. Uchebnik. 4-e izd., pererab. i dop. / V. M. Poznyakovskij. – Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2005. – 522 s.

9. Lima, M. The affects of ohmic heating frequency on hot-air drying rate and juice yield / M. Lima, S. K. Sastry // J. of Food Engineering. – 1999. – № 2. – V. 41.

10. Schreier, P. Enhanced diffusion during the electrical heating of foods / P. Schreier, D. Reid, P. Fryer // Int. J. Food Sci. Technol. – 1993. – V. 28.

Сведения об авторах:

Копысова Татьяна Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования пищевых и перерабатывающих производств, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: Tan84@list.ru).

Спиридонов Анатолий Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования пищевых и перерабатывающих производств, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: anbs88@bk.ru).

Анисимова Ксения Валериевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования пищевых и перерабатывающих производств, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 9, e-mail: kozhkv@mail.ru).

Владимиров Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации производства продуктов питания имени А. Ф. Коршуновой, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского (83050, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Щорса, 31, e-mail: smith@i.ua).

T. S. Kopysova¹, A. B. Spiridonov¹, K. V. Anisimova¹, S. V. Vladimirov²

¹Izhevsk State Agriculture Academy

²Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky

THE IMPACT OF MICROWAVE RADIATION ON PRODUCTION OF EXTRACTS FROM PLANT RAW MATERIALS

For regular functioning the human body needs natural nutrients: macro- and microelements. Extracts obtained from plant raw materials are natural food flavourings, taste improvers and colourants. Currently known traditional methods of obtaining extractives from plant raw materials in most cases do not let to achieve the desired effect because they do not provide sufficient completeness of the process, and are usually characterized by high duration and ineffective consumption of supplied energy. Electrical processing methods are simple and do not require complex hardware support; processing by means of electricity is much shorter in relation to time needed. These methods allow to get the desired effect without raw materials' nutritional qualities degradation; electrical processing is also easy to be combined with traditional food production technology.

The research is aimed at identifying the impact microwave radiation has on obtaining extracts from plant raw materials. One of the research purposes also was to produce food products by using obtained extracts. A kefir product was chosen as an exemplified object. To achieve the goal the following tasks were set: to compare the existing methods of obtaining extractives from plant raw materials; to identify the influence of microwave radiation on the cells' walls of the processed biological objects; to obtain data on the effects microwave radiation has on microorganisms; to compare the temperature parameters of the microwave extraction process when the product is being obtained from various types of plant raw materials; to identify the impact of microwave radiation on the release of vitamin C in the run of the extraction process; to carry out the testing producing of the product; to evaluate the quality of kefir product samples with the extracts introduced; to assess the effect of plant extracts on the quality of the kefir product in the run of its shelf-life.

The research was carried out in the Laboratory of the Department of "Technologies and Equipment for Food and Processing industries" of the Izhevsk State Agricultural Academy. Experimental-production testings were carried out at the milk processing enterprise LLC "Dabrov and K". To carry out the testings dry raw materials were used, those of chamomile, peppermint, rosehips, nettle; natural raws of currant, cherry, sea-buckthorn, cranberry; frozen raws of currant, cherry, sea buckthorn and cranberry.

Finally, conclusions have been made that in food production, the usage of microwave radiation in order to obtain extractives from plant materials is effective.

Key words: extraction; microwave radiation; plant materials; technology; technological parameters.

Authors:

Kopysova Tatyana Sergeevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technologies and Equipment of Food and Processing Industries, Izhevsk State Agriculture Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: Tan84@list.ru).

Spiridonov Anatoly Borisovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technologies and Equipment of Food and Processing Industries, Izhevsk State Agriculture Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: anbs88@bk.ru).

Anisimova Ksenia Valerievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technologies and Equipment of Food and Processing Industries, Izhevsk State Agriculture Academy (9, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: kozhkv@mail.ru).

Vladimirov Sergey Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technology and Organization of Food Production after A.F. Korshunova, Donetsk National University of Economics and Trade after Mikhail Tugan-Baranovsky (31, Shchors St., Donetsk, Donetsk People's Republic, 83050, e-mail: smith@i.ua).

УДК 620.198

В. А. Руденок, О. М. Канунникова, Г. Н. Аристова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

Одним из эффективных средств защиты оборудования металлоконструкции в сельскохозяйственных помещениях от коррозии в настоящее время является цинкование. Цинкование увеличивает срок эксплуатации оборудования в 2–3 раза, т. е. до 20 лет, что делает этот способ экономически оправданным. В работе исследована коррозия чистого цинка, полученного из расплава и прокатанного, горячецинкового и гальванического цинковых покрытий на стали Ст3 в хлоридных растворах на основе дистиллированной и талой воды.

Установлено, что интенсивность коррозии цинка и цинковых покрытий (гальванического и горячецинкового) в талой (снеговой) воде ниже, чем в дистиллированной воде. Причинами, вероятно, являются высокая минерализация талой воды и низкая растворимость кислорода. Добавление хлорида натрия (10 вес %) как в дистиллированную, так и в талую воду снижает интенсивность коррозии цинка и цинковых покрытий.

Наблюдается сходство коррозионного поведения литого цинка и горячецинкового покрытия, прокатанного цинка и гальванического покрытия в растворах хлорида натрия в дистиллированной и талой воде с добавлением ингибиторов: добавление бензотриазола и оротата магния не влияет на интенсивность коррозии литого цинка и горячецинкового покрытия.

Показано, что литой цинк и гальваническое покрытие менее коррозионностойки, чем прокатанный цинк и горячецинковое покрытие.

Азотсодержащие гетероциклические ингибиторы (оротат магния, бензотриазол, ингибиторы на основе бензотриазола), имеющие в составе молекул атомы кислорода, снижают интенсивность коррозии цинка и цинковых покрытий, в то время как в случае применения азотсодержащих ингибиторов без кислорода не приводит к такому эффекту.

Защитная способность цинкового покрытия сохраняется до тех пор, пока оно занимает не менее 10 % площади поверхности стального изделия. Уменьшение площади цинкового покрытия приводит к катастрофическому коррозионному разрушению покрытия.

Ключевые слова: коррозия; цинк; цинковые покрытия; талая вода; ингибиторы.

Актуальность. Проблема коррозии металлических изделий не требует обоснования. Потери от нее во всем мире продолжают оста-

ваться огромными. Ежегодные убытки в мире от коррозии составляют 2–5 % национального дохода [1].

В современных животноводческих помещениях при комплексной механизации, электрификации и автоматизации производственных процессов и производства продукции на промышленной основе при неудовлетворительном микроклимате в воздухе накапливаются вредные газы (аммиак, углекислый газ), водяные пары. Кроме того, значительное число сельскохозяйственной техники работает или хранится вне помещений, подвергаются действию дождя и снега. Все эти неблагоприятные условия эксплуатации и хранения способствуют коррозии оборудования и металлических конструкций, поэтому возникает необходимость антикоррозионной защиты. Одним из эффективных средств защиты оборудования металлоконструкции в животноводческих помещениях от коррозии в настоящее время является цинкование. Цинкование увеличивает срок эксплуатации оборудования в 2–3 раза, т. е. до 20 лет, что делает этот способ экономически оправданным [2].

В сельском хозяйстве используется множество металлических конструкций, например, для хранения зерновых культур или содержания скота. Эти сооружения постоянно подвергаются коррозионно-агрессивным воздействиям и страдают от дождевой и талой воды, поэтому им требуется качественная и надежная защита высокой степени устойчивости. Цинкование отлично подходит для этого [3].

Поскольку цинк амфотерный металл, то его коррозионностойкие качества в большей степени проявляются в слабокислых и слабощелочных средах. Нередко на практике свойства различных разновидностей цинковых покрытий ассоциируют со свойствами чистого цинка. Однако такое представление не соответствует действительности.

Кроме того, до 1970 г. существовало стойкое мнение, что работоспособность цинковых покрытий в большей степени зависит от их толщины, чем от технологии нанесения [4]. Главным образом это мнение относилось к гальваническим и металлизационным покрытиям, для которых характерна высокая пористость и малые толщины. Однако в дальнейшем были проведены исследования, результаты которых свидетельствовали, что технология нанесения покрытия является одним из основных параметров, который определяет эффективность их действия и длительность эксплуатации металлоконструкций [5–8].

Следует отметить, что ни один из используемых способов нанесения цинковых покрытий

не может быть универсальным. Каждый конкретный способ позволяет решать технические задачи конкретного изделия в эксплуатационных условиях.

В ряде случаев для снижения скорости коррозии покрытий используют ингибиторы. Так, в числе эффективных ингибиторов кислотной коррозии используются гетероциклические органические соединения, имеющие в своем составе азот, кислород, серу, фосфор, которые играют роль «якорных» атомов, ответственных за адсорбцию ингибитора на металлической поверхности [9, 10].

В дождевых и снеговых электропроводящих растворах характерна в основном электрохимическая коррозия. В промышленных городах, к которым относится и Ижевск, как правило, эти растворы кислые, т.е. имеют pH ниже 7. С наступлением холодов дороги обрабатывают антигололедными средствами. В России в большинстве случаев используют смеси на основе хлоридов натрия, кальция, магния [11]. В настоящее время среди автовладельцев существует мнение, что именно эти средства являются основной причиной коррозии автомобилей. Поэтому число машин на автомойках резко возрастает после обработки дорог антигололедными средствами.

Для оборудования и емкостей, эксплуатируемых в стационарных условиях, для защиты от коррозии используются ингибиторы. К числу достаточно широко используемых ингибиторов относятся летучие ингибиторы, например, спектр отечественных ингибиторов на основе бензотриазола, разработанных в ОАО ВНИИ-Нефтехим (г. С-Петербург) [12].

В данной работе мы поставили цель исследовать коррозионную стойкость цинка и цинковых покрытий в условиях, моделирующих условия эксплуатации автомобилей в зимнее время, когда городские дороги обрабатывают антигололедными составами.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись образцы чистого цинка, полученного из расплава и после прокатки, и образцы горячецинкового (ГЦ) и гальванического (ГВЦ) покрытий на стали.

Коррозионными средами были растворы 10 % NaCl в дистиллированной воде и талой воде, полученной из растопленного снега, и сульфатно-хлоридные растворы (NaCl + Na₂SO₄, pH = 6.0).

Скорость коррозии определяли методом косвенного измерения коррозионного сопротивления на коррозиметре МОНИКОР-1 (ООО

НПФ «Акрус-М»). Скорость коррозии образцов в сульфатно-хлоридной среде без ингибитора принята за 1. Время экспозиции в коррозионной среде 3 ч.

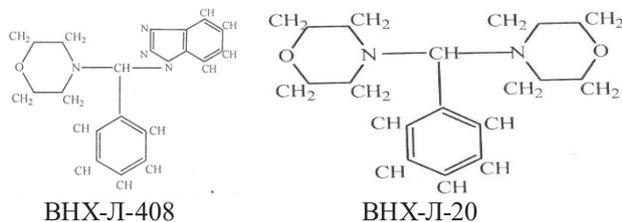
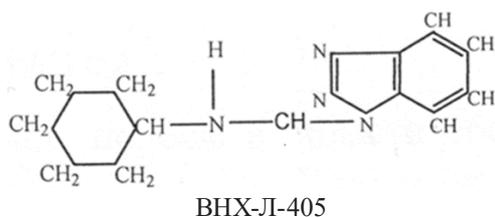
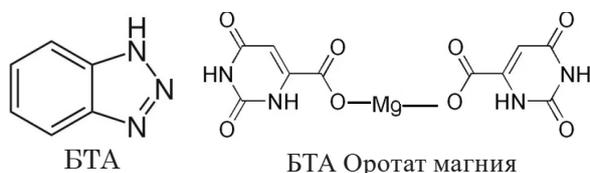
Топография поверхности исследована на электронном микроскопе Philips SEM-515.

Потенциал цинка и цинковых покрытий в растворах определяли с помощью рН-метра относительно стандартного хлорсеребряного электрода.

Концентрацию ионов цинка, которые перешли в раствор в процессе коррозии, рассчитывали по уравнению Нернста [13] с учетом стандартного потенциала цинка (0,76 В) [14] и потенциала цинкового образца, измеренного в ходе эксперимента.

При исследовании зависимости защитной способности от толщины покрытия измеряли ток коррозии как падение напряжения на калиброванном сопротивлении при протекании через него коррозионного тока. При этом поверхность стального образца была постоянной 10 см².

В качестве ингибиторов коррозии использовали оротат магния, бензотриазол и ингибитор на основе бензотриазола типа ВХ-Л:



Результаты и обсуждение. Коррозия цинка и цинковых покрытий в растворах 10 % NaCl в дистиллированной и талой воде. Результаты измерения потенциалов образцов в коррозионных растворах и концентрация ионов цинка, которые перешли в раствор в процессе коррозии, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Потенциалы цинковых образцов и концентрация ионов цинка в коррозионных растворах

Образец	Раствор	$E_{Zn^{2+}}^p, В$	Концентрация $[Zn^{2+}]$, моль/л
Zn литье	ДВ	-0.850	$10^{-3.1}$
	ТВ	-0.860	$10^{-3.5}$
	ДВ+ NaCl	-1.000	$10^{-8.3}$
	ТВ+ NaCl	-0.940	$10^{-6.7}$
Zn прокат	ДВ+ NaCl+ ОрМ	-0.980	$10^{-7.6}$
	ТВ+ NaCl + ОрМ	-0.960	$10^{-6.9}$
	ДВ+ NaCl + БТА	-0.980	$10^{-7.6}$
	ТВ+ NaCl + БТА	-0.940	$10^{-6.2}$
ГЦ	ДВ	-0.925	$10^{-5.7}$
	ТВ	-0.950	$10^{-6.5}$
	ДВ+ NaCl	-0.960	10^{-7}
	ТВ+ NaCl	-0.965	10^{-7}
ГВЦ	ДВ+ NaCl+ ОрМ	-0.980	$10^{-7.6}$
	ТВ+ NaCl + ОрМ	-0.980	$10^{-7.6}$
	ДВ+ NaCl + БТА	-0.950	$10^{-6.6}$
	ТВ+ NaCl + БТА	-0.945	$10^{-6.4}$
ГВЦ	ДВ	-0.915	$10^{-5.3}$
	ТВ	-0.972	$10^{-5.3}$
	ДВ+ NaCl	-0.995	$10^{-8.1}$
	ТВ+ NaCl	-0.945	$10^{-6.2}$
ГВЦ	ДВ+ NaCl+ ОрМ	-0.995	$10^{-8.1}$
	ТВ+ NaCl + ОрМ	-0.940	$10^{-6.2}$
	ДВ+ NaCl + БТА	-1.000	$10^{-8.3}$
	ТВ+ NaCl + БТА	-0.940	$10^{-6.2}$
ГВЦ	ДВ	-0.820	10^{-2}
	ТВ	-0.880	10^{-4}
	ДВ+ NaCl	-0.980	$10^{-7.6}$
	ТВ+ NaCl	-0.930	$10^{-5.9}$
ГВЦ	ДВ+ NaCl+ ОрМ	-1.005	$10^{-8.4}$
	ТВ+ NaCl + ОрМ	-0.970	$10^{-7.2}$
	ДВ+ NaCl + БТА	-0.925	$10^{-5.7}$
	ТВ+ NaCl + БТА	-0.920	$10^{-5.7}$

Примечание: ДВ – дистиллированная вода; ТВ – талая вода; ОрМ – оротат магния; БТР – бензотриазол

Анализ изменения концентрации ионов цинка, перешедших в раствор при коррозии, показал следующее.

Интенсивность коррозии образца цинка, полученного из расплава, в талой и дистиллированной воде практически одинакова. Добавление 10 вес % NaCl понижает интенсивность коррозии, причем в растворе дистиллированной воды интенсивность ниже, чем в растворе талой воды (концентрация Zn^{2+} в растворе на основе дистиллированной воды на 1,5 порядка ниже, чем в растворе на основе талой воды). Добавление к растворам хлорида натрия ингибитора оротата магния повыша-

ет концентрацию ионов цинка в растворах на основе дистиллированной воды, что свидетельствует о росте интенсивности коррозионного процесса. Добавление бензотриазола практически не изменяет интенсивность коррозии. В целом бензотриазол и оротат магния оказывают примерно одинаковое воздействие на коррозию литого цинка в растворах хлорида натрия в дистиллированной и талой воде.

В результате прокатки крупнокристаллическая столбчатая структура литого цинка превращается в деформированную мелкозернистую [8], что приводит к изменению коррозионного поведения. Коррозия прокатанного цинка в дистиллированной и талой воде примерно на 3 порядка (в 1000 раз) менее интенсивна, чем коррозия литого цинка. Добавление хлорида натрия понижает интенсивность коррозии проката. Введение в раствор хлорида натрия ингибитора оротата магния незначительно уменьшает коррозию, а добавление бензотриазола – незначительно повышает коррозию.

Интенсивность коррозии горячецинкового покрытия в дистиллированной и талой воде без добавок близка к таковой для прокатанного цинка, а коррозия гальванического покрытия – близка коррозии литого цинка. В растворах 10 % NaCl коррозия обоих типов цинковых покрытий подавлена. Добавление как оротата магния, так и бензотриазола совершенно не изменяет интенсивность коррозии горячецинкового покрытия в растворе хлорида натрия. Оротат магния подавляет коррозию гальванического покрытия, при этом бензотриазол активизирует этот процесс.

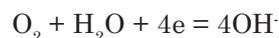
Суммируя вышеизложенное, можно сказать следующее:

- коррозионный процесс в растворах 10 % NaCl менее активен, чем в растворах дистиллированной и талой воды;
- коррозия в талой воде и растворах талой воды менее интенсивна, чем в дистиллированной воде и ее растворах;
- наблюдается некоторое сходство коррозионного поведения литого цинка и горячецинкового покрытия, прокатанного цинка и гальванического покрытия: добавление бензотриазола и оротата магния не влияет на интенсивность коррозии литого цинка и горячецинкового покрытия;
- добавление бензотриазола к раствору 10 % NaCl в разной степени повышает коррозию прокатанного цинка и гальванического покрытия, а добавление оротата магния подавляет этот процесс;

– литой цинк и гальваническое покрытие менее коррозионностойки, чем прокатанный цинк и горячецинковое покрытие.

Известно, что хлориды при концентрации несколько весовых процентов ускоряют коррозию цинка [8]. Причина в том, что хлориды щелочных металлов уменьшают способность цинка к образованию защитных пленок. Хлоридные ионы диффундируют сквозь образовавшиеся пленки к поверхности металла и вызывают его коррозию. Соли магния и кальция образуют на цинке известковые отложения, в результате чего активирующее действие ионов хлора существенно подавляется. Например, при концентрации ионов Mg^{2+} в 3 % растворе NaCl скорость коррозии цинка уменьшается почти в 50 раз по сравнению со скоростью коррозии в растворе без добавления солей магния [8].

С ростом минерализации воды скорость коррозии металла закономерно растет, проходит через максимум и затем снижается. Так, для железа и углеродистых сталей интенсивность коррозии имеет максимум в 3–4 % растворах хлоридов щелочных металлов, а затем уменьшается вследствие уменьшения растворимости деполяризатора-кислорода при увеличении концентрации активирующих анионов [15, 16]. Термин деполяризатор использован здесь применительно к процессу коррозии в нейтральных растворах. Для эффективного протекания процесса необходимо удалять из системы избыточные электроны, ответные перешедшим в раствор ионам металла. В нейтральной среде деполяризатором выступает растворенный в воде кислород, который ассимилирует электроны в ходе реакции на катодной поверхности:



Кроме того, интенсивность коррозии зависит от соотношения растворимости хлоридов и растворимостью кислорода. Концентрация кислорода практически постоянна и составляет 8 мг/л при концентрации хлорида натрия до 5 г/л (0,5 вес %). При повышении концентрации NaCl до 100 г/л (10 вес %) растворимость кислорода уменьшается на ~30 % – до 5 мг/л [13].

Отсюда становится понятным эффект подавления коррозии цинка и цинковых покрытий в растворах с относительно высокой концентрацией хлорида натрия по сравнению с дистиллированной и талой водой.

Высокая минерализация и более низкая растворимость газов, в том числе кислорода

[17], также является причиной менее интенсивной коррозии всех исследованных образцов в талой воде и ее растворах по сравнению с растворами дистиллированной воды.

Причиной высокой интенсивности коррозии литого цинка и гальванического покрытия является их рыхлая структура: крупнозернистая столбчатая литого цинка и высокопористая гальванического покрытия. Мелкозернистая деформированная структура проката и соединенные между собой интерметаллические слои горячецинкового покрытия объясняют их высокую коррозионную стойкость в исследованных коррозионных средах. Видимо, уплотнение структуры затрудняет диффузию кислорода в поверхностные слои проката и гальванического покрытия и интенсивность коррозии падает.

На поверхности всех исследованных образцов в процессе коррозии появляются питтинги (рис. 1).

Видно, что коррозия намного больше проявляется на поверхностях литого цинка и гальванического покрытия, чем на поверхностях проката и горячецинкового покрытия. Питтингов на поверхности горячецинкового покрытия и проката меньше. Этот результат противоречит результату, полученному в [8]: при коррозии в 3.5 % NaCl на поверхности гальванического покрытия питтингов наблюдалось в 2 раза меньше, чем на поверхности горячецинкового покрытия.

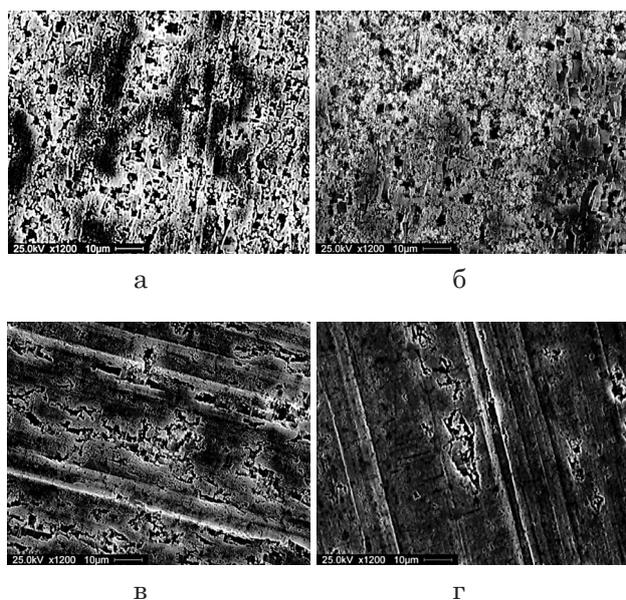


Рисунок 1 – Топография поверхности литого цинка (а), гальванического покрытия (б), прокатанного цинка (в) и горячецинкового покрытия (г) в растворе 10 % NaCl в талой воде

Несогласованность полученных нами результатов и результатов, описанных в [8], обусловлена более высокой концентрацией хлорида натрия в коррозионных растворах в наших экспериментах. Соответственно концентрация растворенного кислорода в [8] существенно выше, что объясняет большую интенсивность коррозии.

Что касается влияния азотсодержащих ингибиторов на интенсивность коррозии, то можно предположить, что одной из причин может быть то, что в составе молекулы оротата магния присутствует 4 «якорных» атома – азот и кислород, а в составе бензотриазола 3 «якорных» атома азота, кислорода нет. Различие механизмов ингибирования коррозии оротатом магния и бензотриазола требует дополнительных исследований.

Влияние ингибиторов на основе бензотриазола на коррозию горячецинкового покрытия (толщиной ~200 мкм) в стандартном сульфатно-хлоридном коррозионном электролите (рН = 6). Были исследованы ингибиторы на основе бензотриазола, не имеющие атомы кислорода (ВНХ-Л-405), с 1 атомом кислорода (ВНХ-Л-408) и с 2 атомами кислорода (ВНХ-Л-20) в составе молекулы.

В таблице 2 приведены скорости цинкового покрытия в сульфатно-хлоридной среде с добавлением ингибиторов (0.2 г на 100 мл) относительно скорости коррозии в сульфатно-хлоридной среде без ингибиторов [18, 19, 20].

Таблица 2 – Относительная скорость коррозии цинкового покрытия в сульфатно-хлоридной среде с добавлением ингибиторов на основе бензотриазола

Ингибитор	Скорость
ВНХ-Л-405	2.1±0.1
ВНХ-Л-408	±0.2
ВНХ-Л-20	0.4±0.1

Самая большая скорость коррозии наблюдается в среде с добавлением ингибитора, не имеющего атомов кислорода в составе молекулы, а наименьшая – в среде с добавлением ингибитора с 2 атомами кислорода в молекуле ингибитора. Таким образом, ингибиторы с двумя типами «якорных атомов» проявляют более выраженные ингибирующие свойства. Этот результат коррелирует с данными по влиянию оротата магния и бензотриазола на коррозию цинка и цинковых покрытий: оротат магния подавляет коррозию в разной

степени в зависимости от цинкового образца, в то время как бензотриазол ингибирующих свойств не проявляет.

На поверхности цинковых покрытий после коррозии в коррозионной среде без ингибиторов и с добавлением всех исследованных ингибиторов наблюдается питтинговая коррозия. Размеры питтингов составляют 1÷10 мкм.

На поверхности цинкового покрытия после коррозии с добавлением ингибитора без кислорода в составе молекулы после коррозии появляются «чешуйчатые» отслоения, а после коррозии в растворе с добавлением ингибиторов с кислородом в составе молекулы – «крупинчатые» (рис. 2). Можно предположить, что морфология поверхности является отражением механизма и кинетики взаимодействия ингибиторов с цинковой поверхностью.

Зависимость защитных свойств от толщины цинкового покрытия.

Практический интерес представляет ответ на вопрос, до каких размеров может уменьшаться площадь цинкового покрытия с сохранением защитных свойств. Для получения ответа на этот вопрос мы провели измерения электродных потенциалов и тока коррозии между двумя пластинами – стальной и цинковой в зависимости от размеров цинковой пластины (табл. 2) [15, 16, 17].

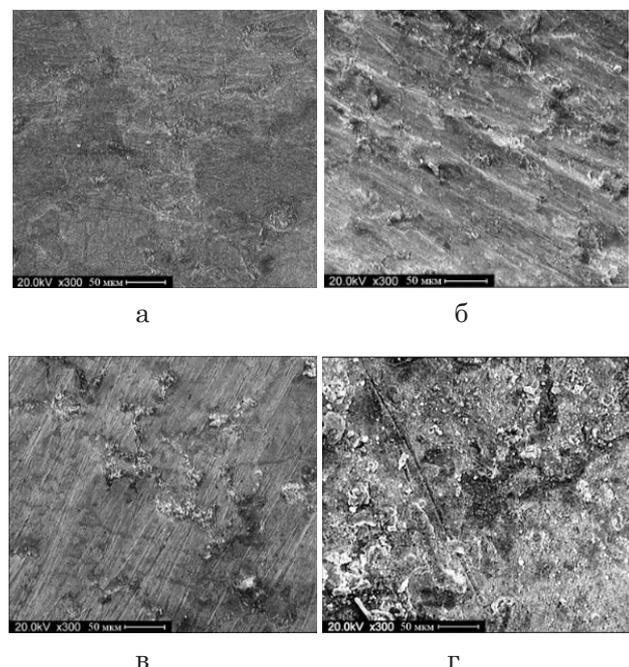


Рисунок 2 – Топография поверхности цинкового покрытия после коррозии в сульфатно-хлоридной среде без ингибиторов (а) и с добавлением ингибиторов ВНХ-Л-405 (б), ВНХ-Л-408 (в), ВНХ-Л-20 (г)

Таблица 2 – Зависимость электрохимических характеристик пары стальная пластина (10 см²) – цинковая пластина от площади цинковой пластины

Площадь цинковой пластины, см ²	10.00	5.00	2.50	1.15	0.20
Сила тока, I, мкА	447	440	500	500	500
Ток коррозии, мкА/см ²	44.7	44.0	50.0	50.0	50.0
Ток в пересчете на истинную поверхность цинка (плотность тока), мкА/см ²	44.7	89.4	176.0	400.0	2500.0
φ, мВ	-800	-600	-580	-480	-470
Время полного растворения цинковой пластины, ч	600	800	400	180	30

Моделирование процесса коррозии с уменьшением цинкового покрытия проводилось путем уменьшения площади цинковой пластины. При этом площадь стальной пластины была постоянной 10 см² [21].

Величина электродного потенциала сталь-цинк с уменьшением площади поверхности цинка смещается в сторону потенциала железа. Следует ожидать, что защитные свойства цинкового покрытия при этом снижаются. Однако видно, сила тока коррозии существенно не изменяется, ее величина находится в диапазоне 440–500 мкА. Это свидетельствует о сохранении защитных свойств цинка. Параллельно с уменьшением площади поверхности цинка растет анодная плотность тока: от 44,7 мкА/см² при площади цинковой пластины 5 см² до 2500 мкА/см² при площади цинковой пластины 0,2 см². Учитывая, что плотность тока практически не изменяется, можно заключить, что скорость коррозионного разрушения цинковой пластины зависит от интенсивности процесса деполяризации, протекающего на поверхности железа. С увеличением удельной поверхности железа растет суммарная скорость деполяризации, что приводит к росту скорости растворения цинка.

Таким образом, катодный процесс восстановления кислорода на поверхности железа является процессом, лимитирующим скорость коррозии.

Скорость коррозии цинка растет с уменьшением поверхности цинковой пластины. При этом время, в течение которого цинковое

покрытие могло бы выполнять свои защитные функции, уменьшается. При условии, когда площадь цинкового покрытия будет закрывать 2 % (0,2 см²) площади стальной поверхности, время полного растворения покрытия составит 30 ч.

Из рисунка 3 можно заключить, что защитная способность цинкового покрытия сохраняется до тех пор, пока оно занимает не менее 10 % площади поверхности стального изделия. При дальнейшем уменьшении площади цинкового покрытия будет наблюдаться его катастрофическое коррозионное разрушение.

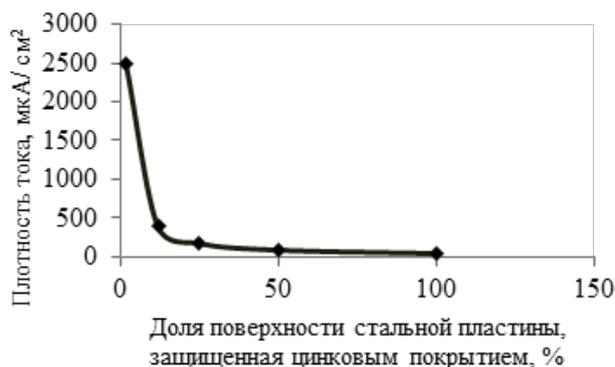


Рисунок 3 – Зависимость скорости коррозии цинкового покрытия от доли стальной поверхности, защищенной покрытием. Скорость коррозии измерена в единицах плотности тока

Заключение. Короткое обобщение полученных нами результатов сводится к следующему. Интенсивность коррозии цинка и цинковых покрытий (гальванического и горячецинкового) в талой (снеговой) воде ниже, чем в дистиллированной воде. Причинами являются высокая минерализация талой воды и низкая растворимость кислорода. Добавление хлорида натрия (10 вес %) понижает интенсивность коррозии.

Наблюдается сходство коррозионного поведения литого цинка и горячецинкового покрытия, прокатанного цинка и гальванического покрытия: добавление бензотриазола и орота магния не влияет на интенсивность коррозии литого цинка и горячецинкового покрытия.

Литой цинк и гальваническое покрытие менее коррозионностойки, чем прокатанный цинк и горячецинковое покрытие.

Азотсодержащие гетероциклические ингибиторы, имеющие в составе молекул атомы кислорода, понижают интенсивность коррозии цинка и цинковых покрытий, в то время

как в случае применения азотсодержащих ингибиторов без кислорода не приводит к такому эффекту.

Защитная способность цинкового покрытия сохраняется до тех пор, пока оно занимает не менее 10 % площади поверхности стального изделия. Уменьшение площади цинкового покрытия приводит к катастрофическому коррозионному разрушению покрытия.

Список литературы

1. Каблов, Е. Коррозия и жизнь [Электронный ресурс] / Е. Каблов // Наука и жизнь. – 2020. – № 4. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles> (дата обращения: 10.03.2020).
2. Пек, Л. Защита от коррозии оборудования животноводческих ферм методом цинкования / Л. Пек // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 3. – С. 50–51.
3. Области применения холодного цинкования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zincor-1km.ru> (дата обращения: 10.03.2020).
4. Проскурин, Е. В. Защитные цинковые покрытия: сопоставительный анализ свойств, рациональные области применения / Е. В. Проскурин // Оборудование. – 2005. – № 11. – С. 70–75.
5. Проскурин, Е. В. Анализ цинковых покрытий на основе их структурных и электрохимических свойств / Е. В. Проскурин, Д. А. Сухомлин // Коррозия: материалы и защита. – 2013. – № 10. – С. 30–38.
6. Porter Fr.C. Zink handbook: properties, processing and use in design / Porter Fr.C.// International Lead Zink Research Organization. – New York, Marcel Dekker, Inc. 1991. – 629 p.
7. Проскурин, Е. В. Эволюция цинковых покрытий: коррозионная стойкость, физико-химические характеристики, рациональные области применения / Е. В. Проскурин, Д. А. Сухомлин // Коррозия: материалы и защита. – 2014. – № 7. – С. 44–47.
8. Чижов, И. А. Исследование структуры и свойств цинковых покрытий с целью оценки их эксплуатационной надежности: дисс. ...канд. тех. наук / И. А. Чижов. – Екатеринбург, 2015. – 126 с.
9. Решетников, С. М. Ингибиторы кислотной коррозии / С. М. Решетников // Л.-Химия. – 1986. – 144 с.
10. Шипигузов, И. А. Современные ингибиторы коррозии / И. А. Шипигузов, О. В. Колесова, В. В. Вахрушев и др. // Вестник ПНИПУ. – 2016. – № 1. – С. 114–129.
11. Все о противогололедных реагентах – история, применения, обработка, вред и польза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esolk.ru/o-kompanii> (дата обращения: 10.03.2020).
12. Федорова, Н. С. Продукты сложной конденсации азотсодержащих соединений с альдегидами – летучие ингибиторы атмосферной коррозии черных и цветных металлов: дисс....канд. техн. наук / Н. С. Федорова. – СПб, 2011. – 213 с.

13. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий // Электрохимия. – М.: Химия, КолоС, 2006. – 672 с.

14. Краткий справочник физико-химических величин. Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя. – Л.: Химия, 1974. – 200 с.

15. Химические и электрохимические свойства цинка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/cinkovanie> (дата обращения: 10.03.2020).

16. Влияние соледержания воды на коррозию (сульфаты и др.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tesiaes.ru> (дата обращения: 10.03.2020).

17. Лаврик, Н. Л. Особенности физико-химических свойств талой воды / Н. Л. Лаврик // Химия в интересах устойчивого развития. – 2008. – Т. 16. – № 3. – С. 331–339.

18. Канунникова, О. М. Особенности коррозии цинкового покрытия в нейтральных средах в присутствии ингибиторов на основе бензотриазола, циклогексиламина и морфолина / О. М. Канунникова, В. В. Аксенова, Б. Е. Пушкарев, В. И. Ладьянов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2019. – № 3. – С. 55–67.

19. Канунникова, О. М. Влияние механоактивации ингибиторов типа ВНХ-Л на коррозию железа и цинка. I. Ингибиторы на основе циклогексиламина и бензотриазола / О. М. Канунникова, С. М. Решетников, В. В. Аксенова и др. // Физика и химия обработки материалов. – 2019. – № 1. – С. 71–80.

20. Канунникова, О. М. Влияние механоактивации ингибиторов типа ВНХ-Л на коррозию железа и цинка. II. Ингибиторы на основе морфолина и бензотриазола / О. М. Канунникова, С. М. Решетников, В. В. Аксенова и др. // Физика и химия обработки материалов. – 2019. – № 2. – С. 21–29.

21. Руденок, В. А. Границы защитной способности цинкового покрытия по стали / В. А. Руденок, С. Н. Чиркова, В. О. Стрелков, Г. Н. Аристова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 3. – С. 51–52.

Spisok literatury

1. Kablov, E. Korroziya i zhizn' [Elektronnyj resurs] / E. Kablov // Nauka i zhizn'. – 2020. – № 4. – Rezhim dostupa: <https://www.nkj.ru/archive/articles> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

2. Pek, L. Zashchita ot korrozii oborudovaniya zhitovnovodcheskih ferm metodom cinkovaniya / L. Pek // Vestnik FGOU VPO MGAU. – 2009. – № 3. – С. 50–51.

3. Oblasti primeneniya holodnogo cinkovaniya [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://zincorlkm.ru> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

4. Proskurin, E. V. Zashchitnye cinkovye pokrytiya: sopostavitel'nyj analiz svoystv, racional'nye oblasti primeneniya / E. V. Proskurin // Oborudovanie. – 2005. – № 11. – С. 70–75.

5. Proskurin, E. V. Analiz cinkovyh pokrytij na osnove ih strukturnyh i elektrohimijskih svoystv /

E. V. Proskurin, D. A. Suhomlin // Korroziya: materialy i zashchita. – 2013. – № 10. – С. 30–38.

6. Porter Fr.C. Zink handbook: properties, processing and use in design / Porter Fr.C. // International Lead Zink Research Organization. – New York, Marcel Dekker, Inc. 1991. – 629 p.

7. Proskurin, E. V. Evolyuciya cinkovyh pokrytij: korroziionnaya stojkost', fiziko-himicheskie harakteristiki, racional'nye oblasti primeneniya / E. V. Proskurin, D. A. Suhomlin // Korroziya: materialy i zashchita. – 2014. – № 7. – С. 44–47.

8. CHizhov, I. A. Issledovanie struktury i svoystv cinkovyh pokrytij s cel'ju ocenki ih ekspluatacionnoj nadezhnosti: diss. ...kand. tekhn. nauk / I. A. CHizhov. – Ekaterinburg, 2015. – 126 s.

9. Reshetnikov, S. M. Ingibitory kislотноj korrozii / S. M. Reshetnikov // L.-Himiya. – 1986. – 144 s.

10. SHipiguzov, I. A. Sovremennye ingibitory korrozii / I. A. SHipiguzov, O. V. Kolesova, V. V. Vahrushev i dr. // Vestnik PNIPU. – 2016. – № 1. – С. 114–129.

11. Vse o protivogoleodnyh reagentah – istoriya, primeneniya, obrabotka, vred i pol'za [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.esolk.ru/okompanii> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

12. Fedorova, N. S. Produkty slozhnoj kondensacii azotsoderzhashchih soedinenij s al'degidami – letuchie ingibitory atmosfernoj korrozii chernyh i cvetnyh metallov: diss....kand. tekhn. nauk / N. S. Fedorova. – SPb, 2011. – 213 s.

13. Damaskin, B. B. Elektrohimiya / B. B. Damaskin, O. A. Petrij // Elektrohimiya. – М.: Himiya, KoloS, 2006. – 672 с.

14. Kratkij spravochnik fiziko-himicheskih velichin. Pod red. K. P. Mishchenko, A. A. Ravdelya. – L.: Himiya, 1974. – 200 с.

15. Himicheskie i elektrohimijskie svoystva cinka [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://metal-archive.ru/cinkovanie> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

16. Vliyanie solesoderzhaniya vody na korroziyu (sul'faty i dr.) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://tesiaes.ru> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

17. Lavrik, N. L. Osobennosti fiziko-himicheskih svoystv taloj vody / N. L. Lavrik // Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya. – 2008. – Т. 16. – № 3. – С. 331–339.

18. Kanunnikova, O. M. Osobennosti korrozii cinkovogo pokrytiya v nejtral'nyh sredah v prisutstvii ingibitorov na osnove benzotriazola, ciklogeksilaminai i morfolina / O. M. Kanunnikova, V. V. Aksenova, B. E. Pushkarev, V. I. Lad'yanov // Izvestiya vuzov. Cvetnaya metallurgiya. – 2019. – № 3. – С. 55–67.

19. Kanunnikova, O. M. Vliyanie mekhanoaktivacii ingibitorov tipa VNH-L na korroziyu zheleza i cinka. I. Ingibitory na osnove ciklogeksilamina i benzotriazola / O. M. Kanunnikova, S. M. Reshetnikov, V. V. Aksenova i dr. // Fizika i himiya obrabotki materialov. – 2019. – № 1. – С. 71–80.

20. Kanunnikova, O. M. Vliyanie mekhanoaktivacii ingibitorov tipa VNH-L na korroziyu zheleza i cinka.

II. Inhibitory na osnove morfolina i benzotriazola / O. M. Kanunnikova, S. M. Reshetnikov, V. V. Aksenova i dr. // Fizika i himiya obrabotki materialov. – 2019. – № 2. – S. 21–29.

21. Rudenok, V. A. Granicy zashchitnoj sposobnosti cinkovogo pokrytiya po stali / V. A. Rudenok, S. N. Chirkova, V. O. Strelkov, G. N. Aristova / Vestnik Izhevskoj GSKHA. – 2012. – № 3. – S. 51–52.

Сведения об авторах:

Руденок Владимир Афанасьевич – кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: rudenova@rambler.ru).

Канунникова Ольга Михайловна – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: olam313597@gmail.com).

Аристова Галина Николаевна – старший преподаватель кафедры химии, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426069, Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: galinaaristova@gmail.com).

V. A. Rudenok, O. M. Kanunnikova, G. N. Aristova
Izhevsk State Agricultural Academy

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE CORROSION BEHAVIOUR OF ZINC COATINGS IN THE CONDITIONS SIMULATING OPERATION OF THE EQUIPMENT IN THE OPEN AIR

One of the most effective means of protecting metal construction equipment in agricultural premises from corrosion today is galvanizing. Galvanizing increases the service life of the equipment by 2-3 times, i.e. up to 20 years, which makes this method economically justified. In this paper, the corrosion of pure zinc obtained from the melt and rolled, hot-zinc and galvanic zinc coatings on St3 steel in chloride solutions based on distilled and meltwater is investigated.

It was found out that the intensity of corrosion of zinc and zinc coatings (galvanic and hot-zinc) in thawed (snow) water is lower than in distilled water. The reasons are presumably the high salinity of the melt water and the low solubility of oxygen. Adding sodium chloride (10-20%) to both distilled and meltwater reduces the corrosion rate of zinc and zinc coatings.

There is a similarity in the corrosion behaviour of cast zinc and hot-zinc coating, rolled zinc and electroplating in sodium chloride solutions in distilled and melted water with the addition of inhibitors: the addition of benzotriazole and magnesium orotate does not affect the corrosion intensity of cast zinc and hot-zinc coating.

It is shown that cast zinc and electroplating are less corrosion-resistant than rolled zinc and hot-zinc coating. Nitrogen-containing heterocyclic inhibitors (magnesium orotate, benzotriazole, benzotriazole-based inhibitors) containing oxygen atoms in the molecules reduce the intensity of corrosion of zinc and zinc coatings, while in the case of nitrogen-containing inhibitors without oxygen does not lead to such an effect.

The protective ability of the zinc coating is maintained as long as it occupies at least 10% of the surface area of the steel product. Reducing the area of the zinc coating leads to catastrophic corrosion failure of the coating.

Key words: corrosion; zinc; zinc coatings; meltwater; inhibitors.

Authors:

Rudenok Vladimir Afanasievich – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Chemistry Department, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., 426069, Izhevsk, Russian Federation, e-mail: rudenova@rambler.ru).

Kanunnikova Olga Mikhailovna – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor at the Department of chemistry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: olam313597@gmail.com).

Aristova Galina Nikolaevna – Senior Lecturer at the Department of Chemistry, Izhevsk State Agricultural Academy (11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russian Federation, 426069, e-mail: galinaaristova@gmail.com).

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ АВТОРСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. К публикации принимаются соответствующие основным научным направлениям журнала статьи, содержащие новые, ранее не опубликованные результаты научных исследований, разработки, готовые к практическому применению, а также материалы, представляющие познавательный интерес.

2. Автор предоставляет редакции журнала «Вестник Ижевской ГСХА» неисключительные права на статью для ее опубликования. Шаблон лицензионного договора размещен на странице журнала в сети Интернет (<http://izhgsha.ru>).

3. Рукопись статьи представляется непосредственно в редакцию журнала или присылается по почте (в т. ч. электронной) в виде компьютерной распечатки с приложением носителя (диск CD-R или CD-RW, USB-носитель) с записанным текстом (в формате Microsoft Word 2003 с расширением файла *.rtf или *.doc) и иллюстрационным материалом.

Статья должна содержать следующие структурные элементы: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования (желательно наличие иллюстративного материала: таблицы, рисунки), выводы.

4. Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman. Размер шрифта 14 (для основного текста), 12 – для дополнительного текста (текста таблиц, списка литературы и т. п.). Междустрочный интервал для текста полуторный; режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Формат бумаги А4 (210×297 мм). Поля: сверху, снизу, слева – 2,0 см, справа – 2,5. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 или 1,5 см). Номера страниц ставятся внизу и посередине.

5. Таблицы должны быть созданы в Microsoft Word. Шрифт шапки таблицы – 11 (жирн.), текста таблицы – 12. Междустрочный интервал для таблиц одинарный. Ширина таблицы должна совпадать с границами основного текста, горизонтальные таблицы необходимо поместить в отдельные файлы.

6. Рисунки допускаются только черно-белые, штриховые, без полутонов и заливки. В рисунках необходимо предусмотреть 1,5-кратное уменьшение. Ширина рисунков – не более ширины основного текста. Дополнительно рисунки представляются в отдельных файлах в одном из следующих форматов: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. Все математические формулы должны быть тщательно выверены. Электронная версия представлена в формате Microsoft Equation 3.1.

8. Объем рукописи должен быть не менее 14 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки.

9. Сведения об авторе должны содержать: фамилию, имя, отчество, ученую степень, ученое звание, должность, полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языках); E-mail для каждого автора, корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

10. Название статьи приводится на русском и английском языках.

11. Аннотация приводится на русском и английском языках и повторяет структуру статьи: актуальность, цель, задачи, материал и методы, результаты исследования, выводы. Аннотация должна содержать не менее 200 слов.

12. Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой. Ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

13. Статья должна быть подписана всеми авторами.

14. Пристатейный список литературы должен оформляться по ГОСТ 7.1–2003. В тексте статьи ссылки на литературу оформляются в виде номера в квадратных скобках на каждый источник. В список литературы желательно включать статьи из периодических источников: научных журналов, материалов конференций, сборников научных трудов и т. п., нельзя ссылаться на неопубликованные работы. Источники (не менее 7) в списке литературы размещаются строго в алфавитном порядке. Сначала приводятся работы авторов на русском языке, затем на других языках. Все работы одного автора необходимо указывать по возрастанию годов издания. Авторы несут ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы, а также за точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных. Пристатейный список литературы приводится на русском языке.

15. Статьи, оформленные с нарушением требований, рассматриваться и публиковаться не будут.

16. К статье прилагается рецензия (внешняя), составленная доктором наук по направлению исследований автора (формат jpg). Рецензия должна содержать: полное название статьи; должность автора статьи; его фамилию, имя, отчество; краткое описание проблемы, которой посвящена статья; степень актуальности предоставляемой статьи; наиболее важные аспекты, раскрытые автором в статье; рекомендацию к публикации; сведения о рецензенте (ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя отчество, подпись, гербовая печать). Рецензирование всех научных статей обеспечивается редакцией. Рецензирование проводят члены редакционной коллегии или приглашенные редакцией рецензенты.

AUTHORS' INSTRUCTIONS FOR ARTICLES SUBMISSION AND PUBLICATION

1. Articles submitted for publication should conform to the main scientific directions of the journal, contain previously unpublished results of original researches, developments which are ready for use in practical work, as well as the materials of cognitive interest.

2. The author gives non-exclusive rights for the article publication to the editorship of "Vestnik of Izhevsk SAA". A license agreement template is published on the journal website (<http://izhgsha.ru>).

3. Manuscripts should be presented to the editorial office directly or submitted by mail (e-mail) in the printed form with an electronic version of the article (Microsoft Word 2003, *.rtf file or *.doc file) on CD-R, CD-RW, Flash drive.

The article should include the following structural parts: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results (supporting data and illustrative material are desirable: tables, drawings), conclusions.

4. The print size type of the text is Times New Roman, font size 14 is for the main part, 12 – for the additional text (tables, literature references etc.). Line spacing is one-and-a-half; justified alignment; automatic hyphenation. The article must be printed on paper with format of A4 (210×297). The sidelines: above, below and left – 2 cm, right – 2.5 cm. The paragraph break must be the same in the whole text (1.27 or 1.5 cm). Page numbers are put in the centre below.

5. Tables must be executed in Microsoft Word. The font of table heading is 11 (bold), table texts – 12; single space. The width of the table must be the same as the main text lines, horizontal tables should be placed in a separate file.

6. Only black-and-white drawings, drawings in lines, without halftones and filling are allowed. It is necessary to provide for 1.5-fold reduction in the drawings. The drawing width must not be more than the width of the main text. In addition, the drawings are presented in separate files in one of the following formats: *.jpeg, *.eps, *.tiff.

7. All mathematical formulae must be accurately adjusted. The electronic version should be provided in format Microsoft Equation 3.1.

8. The volume of the manuscript should not be less than 14 standard pages of the text including tables and drawings.

9. Information about the author should contain: the surname, first name and patronymic; science degree, academic rank, position, full name of organization – place of work of every author, city and country (in the Russian and English languages); e-mail of every author, correspondent postal address and contact telephone number (may be one for all authors).

10. The title of the article is given in Russian and English.

11. The annotation of the article is given in Russian and English and it should reflect the structure of the article: relevance, the aim and tasks, materials and methods, research results, conclusions. The annotation should contain minimum 200 words.

12. Key words or word combinations are separated by semicolon. Key words are printed in Russian and English.

13. The article must be signed by all its authors.

14. The literature reference list of the article must be done according to the state standard GOST 7.0.1–2003. References to the resources of information in the text are indexed with numbers and given in square parentheses. The reference list should include articles from periodicals: peer-reviewed journals, conference proceedings, collection of scientific papers etc., unpublished papers should not be put on the literature reference list.

The reference sources (not less than 7) must be listed in the references in alphabetical order. First the papers of authors are given in Russian, further in other languages. All the papers of one author should be indexed in ascending order of the years of publishing.

The authors are responsible for the correctness of data given in the literature reference list of the article, as well as for the accuracy of citations, facts, statistical information provided in the manuscript. The literature reference list is printed in the Russian language.

15. Papers which do not conform to the requirements mentioned above shall not be taken for consideration, reviewing and publishing.

16. The article is enclosed with the review (external) of Doctor of Sciences in the author's research field (format jpg). The review should contain: a full title of the article; a position of the article's author, his/her surname, first name and patronymic; a brief description of the article's problem; a degree of relevance of the article; the most significant issues revealed by the author in the article; a recommendation for the article publication; information about the reviewer (science degree, academic rank, position and place of work, surname, first name and patronymic, signature, official stamp). Review of all scientific articles is provided by the editorial staff. The peer review is carried out by the editors or external reviewers.