

ISSN 2077-2084

Том 15, №1, '2023

12+

10.36508/RSATU.2023.99.14.001

ВЕСТНИК

**РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ
П.А. КОСТЫЧЕВА**



**ВЕСТНИК
РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени П. А. КОСТЫЧЕВА**

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

- 4.1.1. *Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.3. *Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.5. *Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)*
- 4.1.5. *Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)*
- 4.2.2. *Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)*
- 4.2.2. *Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки)*
- 4.2.4. *Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)*
- 4.2.5. *Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)*
- 4.2.5. *Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)*
- 4.3.1. *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)*
- 4.3.1. *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)*
- 4.3.2. *Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)*

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года
Выходит один раз в квартал
Том 15, № 1, 2023

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

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

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

**Заместитель
главного редактора**
Г. К. Рембалович,
д-р техн. наук, доцент

Технический редактор
И. В. Чивилева,
канд. психол. наук

Члены редакционной коллегии:

Л. А. Антипкина, канд. с.-х. наук, доцент, доцент
Н. Г. Байбобоев, д-р техн. наук, профессор
С. Н. Борычев, д-р техн. наук, профессор,
М. А. Габибов, д-р с.-х. наук профессор,
Г. В. Гавардашвили, д-р техн. наук, профессор,
П. П. Гамаюнов, д-р техн. наук, профессор,
К. Н. Дрожжин, канд. с.-х. наук, доцент,
В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор,
А. М. Зайцев, канд. с.-х. наук,
О. А. Захарова, д-р с.-х. наук, доцент,
В. В. Калашников, д-р с.-х. наук профессор,
Д. Е. Каширин, д-р техн. наук, доцент,
Л. Г. Каширина, д-р биол. наук профессор,
С. С. Козак д-р биол. наук, профессор
А. А. Коровушкин, д-р биол. наук, профессор
М. Ю. Костенко, д-р техн. наук, доцент,
Я. В. Костин, д-р с.-х. наук, профессор
К. К. Кулибеков, канд. с.-х. наук
В. И. Левин, д-р с.-х. наук, профессор,
Н. В. Лимаренко, канд. техн. наук,
О. В. Лукьянова, канд. с.-х. наук, доцент,
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор,
В. П. Максименко, д-р с.-х. наук, доцент
Н. И. Морозова, д-р с.-х. наук, профессор

Ф. А. Мусаев, д-р с.-х. наук, профессор
М. Г. Мустафаев, д-р аграрных наук, доцент
А. И. Новак, д-р биол. наук, доцент
М. Д. Новак, д-р биол. наук, профессор,
Г. В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
Е. Н. Правдина, канд. с.-х. наук, доцент
Г. К. Рембалович, д-р техн. наук, доцент
А. П. Савельев, д-р техн. наук, профессор
О. В. Савина, д-р с.-х. наук, профессор
В. Г. Семенов, д-р биол. наук, профессор
А. А. Симдянкин, д-р техн. наук, профессор
О. И. Соловьева, д-р с.-х. наук, доцент
Д. И. Удавлив, д-р биол. наук
И. А. Успенский, д-р техн. наук, профессор
Р. Н. Ушаков, д-р с.-х. наук, профессор
Г. Н. Фадькин, канд. с.-х. наук, доцент,
О. А. Федосова, канд. биол. наук,
Л. А. Храброва, д-р с.-х. наук, профессор
М. Н. Чаткин, д-р техн. наук, профессор,
А. Ф. Шевхужев, д-р с.-х. наук, профессор,
А. В. Шемякин, д-р техн. наук, профессор,
Ю. Х. Шогенов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,
академик РАН,
И. А. Юхин, д-р техн. наук, профессор,

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

Корректор – **Е. Л. Малинина**

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

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1.,
ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Тираж 700. Первый завод 200. Заказ № 15239
Дата выхода в свет 30.03. 2023

Регистрационная запись СМИ ПИ № ФС77-51956, зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 29 ноября 2012 г.

Отпечатано в Издательстве ФГБОУ ВО РГАТУ. Адрес издательства, типографии:
г. Рязань, ул. Костычева, д. 1., ауд. 103. Цена издания 185 руб. 50 коп.
Подписной индекс издания в каталоге "Пресса России" 82422

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

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

- 4.1.1. General agriculture and plant growing (Agricultural Sciences)
- 4.1.3. Agrochemistry, agricultural science, plant protection and quarantine (Agricultural Sciences)
- 4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (Agricultural Sciences)
- 4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (Technical Sciences)
- 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary-sanitary expertise and biosafety (Veterinary Sciences)
- 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary-sanitary expertise and biosafety (Biological Sciences)
- 4.2.4. Private zootechnics, feeding, feed preparation and livestock production technologies (Agricultural Sciences)
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics and biotechnology of animals (Agricultural Sciences)
- 4.2.5. Breeding, selection, genetics and animal biotechnology (Biological Sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (Technical Sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (Agricultural Sciences)
- 4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (Technical Sciences)

Scientific-Production Journal

Issued since 2009
issued once a quarter

Tom 15 # 1, 2023

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

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

S. N. Borychev,
Doctor of Technical Science, Full
Professor

Editor in Chief Deputies

G. K. Rembalovich,
Doctor of Technical Science,
Associate Professor

Technical editor

I. V. Chivileva,
Candidate of Psychological Science

Editorial Staff:

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

Computer-Aided Makeup and Design – **N. V. Simonova**

Proof-Reader – **E. L. Malinina**

Translation – **V. V. Romanov, I. V. Chivileva**

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1., RM. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. Order No. 1539 Date of publication
Date of publication. 30.03.2023

A record CMI PI № FS77-51956, registered by the Federal service for supervision in the spherical of communications, information technology and public communications on November 29, 2012

Printed in the Publishing house of the RGATU. Address of the publishing house, printing house:

Ryazan, Kostycheva str., 1., room 103. the price of the publication is 185 rubles. 50 kopecks. Subscription index of the publication in the catalogue "Press of Russia" 82422

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Аношкина О. В., Лапынина Е. П., Попкова М. А. Влияние ботанического и географического происхождения меда на его минеральный состав	5
Бабкина Т. Н., Ленкова Н. В. Диагностика и терапия при мочекаменной болезни у кошек	15
Вахонина Е. А., Лапынина Е. П. Исследование токсичных элементов в прополисе	24
Гречникова В. Ю., Кондакова И. А. Влияние широкополосного излучения на кроликов	30
Захарова О. А., Черкасов О. В., Евдокимова О. В. Санитарно-бактериологическое состояние поверхностных вод в зоне влияния свинокомплекса	39
Колесникова Т. А., Куликова М. А. Исследования экологической безопасности внесения в почву органоминерального удобрения из жидких отходов свинокомплексов	48
Ладугина Л. А., Хорошайло Т. А., Козубов А. С. Характеристика стада овец Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы	55
Морозова Н. И., Милинский Ю. Ю., Улькина М. А., Мусеев Ф. А. Анализ опасных факторов и разработка предупредительных действий при производстве молочных продуктов	65
Никитина О. В., Бессонова Е. А., Стифеев А. И., Лазарев В. И., Бридская П. О. Экологическое состояние природных ресурсов Центрального Черноземья и технологии их улучшения	73
Приступа В. Н., Кротова О. Е., Лодьянов В. В., Панкова И. И., Денисов Д. А. Эффективность стойлово-пастбищной технологии содержания черно-пестрого и красного степного скота и ее влияние на продуктивность	83
Сазонкин К. Д. Урожайность озимого рапса при использовании микробиологических удобрений в условиях Рязанской области	90
Соколов А. А., Виноградов Д. В., Зубкова Т. В. Эффективность современных гербицидов имидазолиновой группы в агроценозах ярового рапса	99
Хромова Л. Г., Мирошина С. Е., Морозова Н. И. Жирнокислотный состав липидов молока коров голштинской породы различного экогенеза	108

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Ульянов В. М., Бочков П. Э. Обоснование параметров установки для сушки перга	115
Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С. Результаты работы установки для проращивания зерна	121
Захаров А.А., Ларюшин Н.П., Шуков А.В., Девликамов Р.Р., Кирюхина Т.А. Лабораторные исследования высевающего аппарата для посева семян льна	130
Каширин Д.Е. Клочков А.Я., Левина Т.А., Глухих Я.М., Честных А.Р. Оценка качества датчиков, применяемых в сельскохозяйственной технике	136
Мальчиков В.Н., Тишкин К. А., Рябчиков Д.С., Макаров В.А., Мурог И.А. Некоторые технологические и энергетические аспекты транспортировки сельскохозяйственной продукции в таре	144
Пухов Е.В., Сидоренков В.Л., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В. Исследование скорости движения сопла горелки относительно обрабатываемой поверхности детали при газотермическом напылении	153
Тимакина А.А., Куминов Н.М., Рябчиков Д.С., Ульянов В.М., Мурог И.А. Анализ математической модели транспортирования грузов с учетом дорожных и природно-климатических условий	160
Толочко Н.К., Романюк Н.Н., Еднач В.Н., Виноградов Д.В., Сазонкин К.Д. Особенности проектирования мультикоптеров-опрыскивателей	168
Шемякин А.В., Фадеев И.В., Юхин И. А., Степанова Е. И., Зюба В.В. Влияние активации раствора колебанием корзины с деталями в моечной установке на степень очистки деталей	175
Шемякин А.В., Фадеев И.В., Успенский И.А., Степанова Е.И., Зюба В.В. Повышение коррозионной стойкости внутренних поверхностей топливных цистерн при очистке	182
Анисаров И.С., Бойко А.И., Борычев С.Н. Перспективная концепция координатного земледелия для возделывания картофеля	191



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

<i>Anoshkina O. V., Lapynina E. P., Popkova M. A. The influence of the botanical and geographical origin of honey on its mineral composition</i>	5
<i>Babkina T. N., Lenkova N. V. Diagnostics and therapeutic measures for urolithiasis in cats</i>	15
<i>Vahonina E. A., Lapynina E. P. Study of toxic elements in propolis</i>	24
<i>Grechnikova V. Yu., Kondakova I. A. The effect of broadband radiation on rabbits</i>	30
<i>Zakharova O. A., Cherkasov O. V., Evdokimova O. V. Microbiological assessment of surface water in the zone of influence of the pigs</i>	39
<i>Kolesnikova T. A., Kulikova M. A. Studies of the environmental safety of introducing organomineral fertilizer from liquid waste of pig farms into the soil</i>	48
<i>Ladugina L. A., Khoroshailo T. A., Kozubov A. S. Characteristics of the herd of sheep of the khangil meat-wool type of the trans-baikal breed</i>	55
<i>Morozova, N. I., Milinsky Y. Y., Ulkina M. A., Musaev F. A. Analysis of dangerous factors and development of preventive actions in the production of dairy products</i>	65
<i>Nikitina O. V., Bessonova E. A., Stifeev A. I., Lazarev V. I., Bridskaya P. O. Ecological state of natural resources of the Central Chernozem region and technologies for their improvement</i>	73
<i>Pristupa V. N., Krotova O. E., Lodyanov V. V., Pankova I. I., Denisov D.A. The effectiveness of the stable-pasture technology of keeping black-and-white and red steppe cattle and its impact on productivity</i>	83
<i>Sazonkin K. D. Productivity of winter rapeseed using microbiological fertilizers in the Ryazan region.</i>	90
<i>Sokolov A. A., Vinogradov D. V. The effectiveness of modern herbicides of the imidazolinone group in spring rapeseeds in the conditions</i>	99
<i>Khromova L. G., Miroshina S. E., Morozova N. I. Fatty acid composition of lipids of milk of Holstein cows of various ecogenesis</i>	108

TECHNICAL SCIENCES

<i>Borychev S. N., Kashirin D. E., Ul'yanov V. M., Bochkov P. E. Substantiation of the parameters of the plant for drying bee bread</i>	115
<i>Vendin S.V., Saenko Yu.V., Shirokov M.S. Results of the grain germination plant operation</i>	121
<i>Zakharov A.A., Laryushin N.P., Shukov A.V., Devlikamov R.R., Kiryukhina T.A. Laboratory studies of a seeding apparatus for sowing flax seeds</i>	130
<i>Kashirin D.E. Klochkov A.Ya., Levina T.A., Glukhikh Ya.M., Chestnykh A.R. Quality evaluation of agricultural machinery sensors from the analysis of the leakage current in aluminum contacts</i>	136
<i>Malchikov V.N., Tishkin K.A., Ryabchikov D.S., Makarov V.A., Murog I.A. Some technological and energy aspects of transporting agricultural products in containers</i>	144
<i>Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filyushin O.V. Study of the speed of movement of the burner nozzle relative to the processed piece surface during thermal gas spraying</i>	153
<i>Timakina A.A., Kuminov N.M., Ryabchikov D.S., Ulyanov V.M., Murog I.A. Analysis of a mathematical model of freight transport taking into account road and natural-climatic conditions</i>	160
<i>Tolochko N.K., Romanyuk N.N., Ednach V.N., Vinogradov D.V., Sazonkin K.D. Design features of multicopter sprayers</i>	168
<i>Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Yukhin I.A., Stepanova E.I., Zyuba V.V. Influence of solution activation by oscillation of the basket with parts in the washing plant for the degree of cleaning of parts.</i>	175
<i>Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A. Stepanova E.I., Zyuba V.V. Improving the corrosion resistance of the internal content of fuel tanks when cleaning</i>	182
<i>Anisarov I.S., Boyko A.I., Borychev S.N. Perspective concept of coordinate agriculture for potato cultivation</i>	191



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 5-14
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 5-14

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.162.2
DOI: 10.36508/RSATU.2023.83.57.002

ВЛИЯНИЕ БОТАНИЧЕСКОГО И ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕДА НА ЕГО МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

Ольга Владимировна Аношкина¹✉, Елена Петровна Лапынина², Мария Андреевна Попкова³

^{1,2,3}Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», г. Рыбное, Россия

¹ owl202124@gmail.com

² elena.p56@yandex.ru

³ mariya.budnikova@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель настоящих исследований состояла в изучении влияния ботанического и географического происхождения меда на его минеральный состав.

Методология. Исследования проводились в ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства». Изучен состав более двадцати образцов цветочного меда различного ботанического и географического происхождения на содержание 10 элементов, в том числе тяжелых металлов.

Результаты. В результате исследований выявлена зависимость минерального состава меда от количественного и качественного состава пыльцы, присутствующей в меде. Проведенные исследования наглядно показали, что фильтрация меда от пыльцевых зерен приводит к значительному уменьшению концентрации минеральных веществ, в среднем – на 85 %.

Заключение. В ходе исследований было установлено, что ботаническое и географическое происхождение меда значительно влияет на его минеральный состав. Получены материалы для пополнения базы данных исследований элементного состава мёдов различного происхождения.

Ключевые слова: мед, минеральные вещества, пыльцевой анализ меда, медоносные растения, ботаническое происхождение меда, географическое происхождение меда

Для цитирования: Аношкина О.В., Лапынина Е.П., Попкова М.А. Влияние ботанического и географического происхождения меда на его минеральный состав // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 1. С.5 -14, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.57.002>

Original article

THE INFLUENCE OF THE BOTANICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN OF HONEY ON ITS MINERAL COMPOSITION

Olga V. Anoshkina¹✉, Elena P. Lapykina², Mariya A. Popkova³

^{1,2,3} Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Beekeeping Research Centre", Rybnoe, Russia

¹ owl202124@gmail.com

² elena.p56@yandex.ru

³ mariya.budnikova@mail.ru



Abstract.

Problem and purpose. The purpose of these studies was to study the influence of the botanical and geographical origin of honey on its mineral composition.

Methods. The research was conducted at the FSBCI "Federal Beekeeping Research Centre". The composition of more than twenty samples of flower honey of various botanical and geographical origin was studied for the content of 10 elements, including heavy metals.

Results. As a result of the research, the dependence of the mineral composition of honey on the quantitative and qualitative composition of pollen present in honey was revealed. The conducted studies have clearly shown that the filtration of honey from pollen grains leads to a significant decrease in the concentration of minerals, on average by 85 %.

Conclusion. In the course of research, it was found that the botanical and geographical origin of honey significantly affects its mineral composition. Materials have been obtained to replenish the database of studies of the elemental composition of honey of various origins.

Key words: honey, minerals, pollen analysis of honey, honey plants, botanical origin of honey, geographical origin of honey

For citation: Anoshkina O.V., Lapynina E.P., Popkova M.A. The influence of the botanical and geographical origin of honey on its mineral composition // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023, T. 15, № 1, P 5-14, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.57.002>

Введение

Мед – популярный пищевой продукт природного происхождения с очень сложным составом, включающим органические и неорганические соединения, такие как сахара, белки, органические кислоты, пигменты, минералы и многие другие элементы. На состав меда влияют как природные, так и антропогенные факторы [1, 2].

Мед является одним из наиболее богатых естественных продуктов по количеству обнаруженных в нем минеральных веществ. На сегодняшний день в различных его видах идентифицировано 54 химических элемента. Главными их источниками служат нектар и пыльца медоносных растений [3].

Состав активных компонентов в растениях зависит от различных факторов, в частности, от принадлежности к определенным био- и хемотипам [4].

Растения неодинаково реагируют на геохимические компоненты почвы, поглощая токсичные и другие элементы с разной интенсивностью в зависимости от своей видовой принадлежности. Соответственно, элементный состав медов различного ботанического происхождения будет отличаться [3].

Цветочные меда содержат минеральные вещества в пределах от 0,02 до 1,03 г в 100 г, что составляет 0,1-0,3 %. А в падевых медах их концентрация может достигать 1 % [5].

Минеральный состав темноокрашенных медов богаче, чем светлоокрашенных. Изучив состав каштанового меда из Краснодарского края, а также меда, полученного с донника и фацелии в Рязанской области, исследователи пришли к выводу, что минеральный состав темного меда с каштана характеризуется большим разнообразием элементов и повышенным их содержанием по сравнению со светлыми медами [6].

Если зольность светлых медов с белой акации, донника, малины составляет 0,07-0,09 % сухого вещества меда, то зольность гречишного меда – 0,17 %, верескового – 0,46 %. Среди медов светлой окраски выделяется сравнительно высокой зольностью липовый мед (0,36 %) [7].

Состав красящих веществ меда зависит от вида растения. Производные таких пигментов, как

каротин, ксантофилл, хлорофилл придают желтый или зеленый оттенок светлоокрашенным медам, темный цвет меда обусловлен в основном танинами и антоцианами. Светлый мед, по сравнению с темным, обычно содержит в 4 раза меньше железа и в 2 раза меньше меди. Это обусловлено тем, что цвет меда в некоторой степени зависит от присутствия в его составе солей этих металлов [8].

На зольность меда значительно влияют климатические и географические условия места сбора нектара. Так, Х. Хорн и К. Люльманн указывали на то, что меда из Германии богаче кальцием, магнием и железом по сравнению с медами из Мексики, но в них обнаружено меньше калия [9].

В липовом меде из Приморского края обнаружено небольшое количество К, Cu, Fe, Zn, поскольку они являются дефицитными для данного региона [6].

Концентрации 23 химических элементов были определены в 51 образце меда различного ботанического происхождения, произведенного в округе Сиена (Италия). Калий, кальций, натрий и магний были наиболее распространенными элементами со средним содержанием 1195, 257, 96,6 и 56,7 мг/кг соответственно. Содержание железа, цинка и стронция составляло от 1 до 5 мг/кг. За исключением Ba, Cu, Mn и Ni, содержание микроэлементов было ниже 100 мкг/кг. Аналитические данные свидетельствовали о хорошем качестве меда, особенно в отношении концентрации токсичных микроэлементов, таких как As, Cd, Pb и Sb, и продемонстрировали значительное влияние ботанического происхождения на элементный состав. Некоторые местные геологические и геохимические особенности, по-видимому, также повлияли на химический состав меда [10].

Микроэлементы в бразильском меде были проанализированы методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии с полным отражением. В 160 образцах меда из 4 регионов штата Рио-де-Жанейро было обнаружено 12 элементов. Калий и кальций были наиболее распространенными элементами во всех образцах, в диапазоне от 116,5 до 987,0 мг/кг. Никель, медь, цинк, селен и стронций



были обнаружены в небольших концентрациях (от 0,01 до 12,08 мг/кг) [11].

Девяносто пять образцов известного географического и ботанического происхождения были проанализированы с целью выявления возможного загрязнения в результате загрязнения воздуха или другими путями. Уровень загрязнения свинцом и кадмием был низким. Различия между медами, произведенными в разных районах, были только в отношении содержания железа и хрома. Концентрации других микроэлементов – Ni, Cu, Zn, Mn были аналогичны значениям, найденным в других подобных исследованиях. Все микроэлементы могут поступать как из природных (почва, растения), так и из антропогенных источников. Особенно Pb, Cd и Zn, а также Cu, Cr и Ni хорошо известны как потенциальные загрязнители воздуха или почвы антропогенного происхождения, но, конечно, они также встречаются в качестве природных компонентов почвенных минералов, также как Fe и Mn [12].

Некоторые научные работы показывают, что железо, марганец и никель могут являться маркерами ботанической принадлежности меда и применяться при его классификации [13].

Распознавание качественного меда является очень сложной задачей для потребителей, не обладающих достаточными знаниями. В последнее время все больше фальсификаций меда связано с его ботаническим и географическим происхождением. Продавцы стараются привлечь покупателей элитными и эксклюзивными сортами, которые, в большинстве случаев, такими не являются. В связи с этим актуальной задачей в борьбе за качественный мед является применение надежных методов его идентификации [14, 15].

Хотя минералы и тяжелые металлы являются второстепенными компонентами меда, они играют важную роль в определении его качества. Существует несколько различных аналитических методов, используемых для определения химических элементов в меде, основанных на спектроскопии или спектрометрии (включая атомно-абсорбционную и атомно-эмиссионную спектрометрию, масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой и оптическую эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой) [1].

Ботаническое и биографическое происхождение меда является важным вопросом качества и безопасности продукта. Происхождение нектара напрямую связано с химическим составом почвы. Принимая во внимание, что определение некоторых отдельных параметров, таких как 5-гидроксиметилфурфурола, влажности, активности ферментов, азота, моно- и дисахаридов, а также следов лекарственных препаратов или пестицидов в меде, не дает никакой информации о ботаническом и географическом происхождении.

Существует несколько подходящих методов, основанных на анализе отдельных компонентов или многокомпонентном анализе. В основном такие методы, исследуя структуру флавоноидов, распределение пыльцы, ароматические соединения, дают указания на ботаническое происхождение

мед. Существуют показатели, которые могут быть использованы для определения географического происхождения (например, олигосахариды, аминокислоты, микроэлементы). Современные методы обработки статистических данных в сочетании с передовым аналитическим оборудованием обеспечивают высокий потенциал для дифференциации ботанического и географического происхождения меда. В частности, комбинация методов может быть многообещающим подходом для подтверждения подлинности меда [5, 16, 17].

С использованием дискриминантного анализа в 73 образцах меда, полученных на территории Польши, принадлежащих к сортотипам нектарные (рапсовый, акациевый, вересковый, липовый, гречишный), падевый и нектарно-падевый, были определены физико-химические параметры качества меда. Используя только три параметра (общее содержание золы, общая кислотность и динамическая вязкость), была достигнута почти стопроцентная идентификация (98,67 %) [18].

Во многих европейских странах законодательство о продовольственных товарах предусматривает наличие декларации о происхождении всех продуктов, поступающих в торговлю. Для выполнения условий нормативных документов необходимо иметь достоверные методы определения географического происхождения пищевой продукции. Для меда одним из таких методов является микроскопическое исследование.

Мелиссопалинологический, или пыльцевой анализ, основан на различии в морфологических структурах пыльцы у разных видов растений. Под микроскопом в препарате меда определяют видовую принадлежность пыльцевых зерен, подсчитывают количество каждого вида, и далее выражают их соотношение в процентах. Важнейшее значение имеют зерна пыльцы нектароносных растений, так как они непосредственно указывают на источники сырья, но и пыльцевые зерна не выделяющих нектар пыльценосов и ветроопыляемых растений могут также помочь в определении происхождения меда [19].

В зависимости от климатических, географических и сельскохозяйственных условий в некоторых регионах получают отличительные виды меда, которые обладают ярко выраженными особенностями, указывающими на место их происхождения. Так, при обнаружении в меде пыльцевых зерен белой акации можно говорить о том, что мед произведен в южных областях России. Клеверные меда чаще всего получают в Нижегородской, Калужской, Тульской, Рязанской областях. А если в липовом меде вторым доминантом выступает пыльца чертополоха, этот мед, по всей видимости, не из Башкирии, а из Самарской области.

В связи с высокой частотой выявления фальсификации меда, информация о его пыльцевом составе с каждым годом становится все актуальней. Атласы пыльцы и электронные базы данных палинологических исследований приобретают большую значимость и ценность. Современная приборная база микроскопических исследований позволяет



достаточно точно определять морфологические параметры пыльцы, ее количество, а также получать в итоге качественное изображение [20].

В настоящее время к качеству продукции пчеловодства предъявляют высокие требования. Контролировать содержание токсичных и питательных веществ в меде необходимо, прежде всего, для безопасности потребителей, а также сохранения здоровья и гигиены пчелиных семей. Степень накопления токсичных элементов в продуктах пчеловодства является одним из системных показателей антропогенной нагрузки и применяется в апимониторинге. Кроме того, исследования минерального состава продуктов пчеловодства имеют научное значение, так как дают более глубокое представление о перемещении химических элементов в природно-антропогенных ландшафтах. Техногенная нагрузка оказывает большое влияние на особенности миграции химических веществ в трофической цепи медоносных пчел. Аккумуляция токсических веществ и уменьшение количества биогенных элементов в пчеловодной продукции представляет серьезную опасность для состояния здоровья людей и пчел. Представление о факторах, оказывающих влияние на формирование минерального состава продуктов пчеловодства, имеет важное значение при выборе места размещения сельскохозяйственного производства, а также при планировании природоохранных мероприятий, в том числе направленных на сохранение медоносных пчел [21-23].

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» в городе Рыбное Рязанской области в период с 2017 по 2018 год.

В ходе исследовательской работы изучено более 20 образцов меда из различных регионов России: Рязанская область, Московская область, Волгоградская область, Приморский край, Краснодарский край, республика Крым, республика Адыгея, республика Мордовия.

Физико-химические и органолептические показатели меда оценивались в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54644-2011 «Мед натуральный. Технические условия» и ГОСТ 31766-2012 «Меды монофлорные. Технические условия» [24, 25]. Для установления ботанического происхождения был проведен пыльцевой анализ меда по ГОСТ 31769-2012 «Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен» с использованием микроскопа Olympus CX 41 [26].

При определении видовой принадлежности пыльцы использовали различные атласы пыльцевых зерен растений и электронные базы данных мелиссопалинологических исследований, а также эталонные препараты пыльцы медоносных растений, изготовленные по методике, изложенной в книге А. Н. Бурмистрова и В. А. Никитиной «Медоносные растения и их пыльца» [27].

Анализ содержания минеральных веществ и тяжелых металлов в образцах меда проводили на спектрофотометре Spectr AA 220 FS фирмы Agilent.

Чтобы установить зависимость между концентрацией минеральных элементов в меде и количеством пыльцевых зерен из образца цветочного полифлорного меда приготовили насыщенный медовый раствор. Для этого взяли навеску меда массой 100 г и растворили в 50 мл 0,1 % азотной кислоты. Эта смесь служила контролем. Затем полученный по такой же схеме раствор центрифугировали при 2000 об/мин в течение 30 минут, надосадочную жидкость отфильтровали. Далее исследовали элементный состав контрольного образца и полученного фильтрата методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Опыты проводились в трех повторностях. В таблицах и графиках отражены данные, где каждое из значений является средним арифметическим. Статистическая обработка результатов производилась с использованием программы MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Все образцы меда, выбранные для исследования, соответствовали ГОСТ Р 54644-2011 «Мед натуральный. Технические условия», кроме того, ни в одном образце не было выявлено превышения предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов.

Каждый мед отличается уникальным пыльцевым составом, который дает возможность определить вид меда, а также узнать, где он был собран. При определении происхождения меда важно учитывать не только доминирующие виды пыльцы, но также и единичные пыльцевые зерна растений, характерные для определенного региона. Сопоставляя все комбинации и соотношения пыльцы, мы делаем заключение о ботаническом и географическом происхождении меда.

Так, например, обнаруженные в препарате одного из образцов меда пыльцевые зерна амброзии полыннолистной (11,6 % от общего числа подсчитанной пыльцы) подтверждают изначально заявленное географическое происхождение меда – Республика Адыгея (рис. 1). Там это растение является наиболее распространенным вредоносным сорняком.

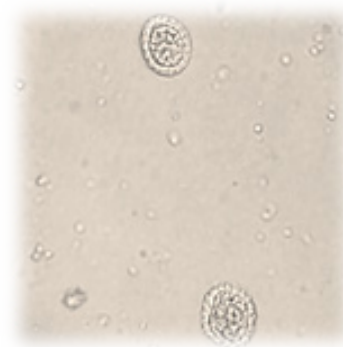


Рис. 1 – Микрофотография пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* в препарате меда (400x увеличение)

(Fig. 1– Micrograph of pollen grains of *Ambrosia artemisiifolia* in honey preparation (400x magnification))



Полноценно установить вид и качество меда можно только по совокупным результатам различных анализов. Поэтому правильное ботаническое происхождение можно установить путем совместного проведения пыльцевого анализа и определения органолептических и физико-химических характеристик.

В таблице указано заявленное географическое происхождение исследуемых медов, их ботаническое происхождение (% пз* – процентное выражение количества пыльцевых зерен преобладающего вида растения), а также обнаруженные концентрации минеральных веществ в их составе.

Таблица – Содержание минеральных веществ в исследуемых образцах цветочного меда

Ботаническое происхождение меда (% пз*)	Географическое происхождение меда	Содержание минеральных элементов, мг/кг							
		K	Ca	Na	Mg	Fe	Zn	Sr	Cu
Каштан съедобный – 57,6	Краснодарский край	2526,05	40,20	103,46	19,93	1,51	0,39	0,75	0,30
Липа сердцелистная – 32,5	Рязанская область	2694,09	49,02	39,03	3,96	1,48	0,06	0,56	0,06
Липа сердцелистная – 31,0	Краснодарский край	2383,21	37,03	55,98	10,03	1,33	0,18	0,52	0,11
Липа амурская – 30,5	Приморский край	1264,61	34,20	41,99	3,97	0,83	0,06	0,56	0,05
Клен татарский – 35,7	Краснодарский край	1389,71	59,59	62,24	8,98	6,83	1,17	0,69	0,12
Дягиль – 47,0	Алтайский край	900,05	42,21	51,31	8,87	2,33	0,22	0,48	0,09
Дягиль – 45,5	Рязанская область	588,77	36,02	89,11	10,47	3,53	0,47	0,58	0,16
Подсолнечник однолетний – 68,0	Краснодарский край	316,66	30,22	60,92	8,43	2,01	0,23	0,30	0,11
Подсолнечник однолетний – 71,4	Краснодарский край	248,62	28,39	62,80	11,89	1,41	0,36	0,43	0,08
Подсолнечник однолетний – 75,0	Республика Адыгея	398,05	24,74	68,92	13,66	2,03	1,26	0,55	0,11
Гречиха посевная – 40,5	Московская область	243,73	20,23	49,23	9,33	0,86	0,33	0,53	0,34
Гречиха посевная – 30	Рязанская область	161,47	23,62	38,71	5,82	1,71	0,22	0,43	0,24
Акация желтая – 3,5	Краснодарский край	124,13	46,42	38,13	5,74	0,71	0,12	0,49	0,05
Акация белая – 2,9	Краснодарский край	94,70	59,99	29,71	3,25	1,16	0,61	0,41	0,04
Рапс – 31,7	Рязанская область	449,32	77,59	44,71	7,81	2,43	0,30	0,39	0,07
Фацелия пижмолистная – 31,8	Рязанская область	77,48	51,17	50,98	5,96	0,71	0,16	0,47	0,07
Донник желтый – 29,7	Рязанская область	8,56	26,62	38,42	5,83	1,36	0,09	0,32	0,03
Полифлорный	Волгоградская область	1400,86	22,06	40,95	7,33	1,43	0,50	0,51	0,16
Полифлорный	Краснодарский край	771,82	31,41	48,15	7,06	1,73	0,19	0,47	0,08
Полифлорный	Республика Мордовия	392,59	32,00	47,24	9,89	2,46	0,55	0,66	0,10
Полифлорный	Республика Крым	849,43	30,32	20,22	4,35	0,78	0,34	0,16	0,05

Наши исследования подтверждают многочисленные литературные данные по изучению минерального состава меда различного происхождения, в частности, в отношении того, что количество

минеральных веществ значительно колеблется в зависимости от ботанической принадлежности меда.

Кроме того, в медах одного вида, но из разных



регионов, наблюдаются различия в концентрациях одного и того же элемента. Однако, на содержание в меде цинка, стронция и меди ботаническое происхождение не оказало существенного влияния. Их концентрации имели сходные значения у всех исследуемых образцов меда и находились в пределах от 0,03 до 1,26 мг/кг.

Как показывают исследования, формирование минерального состава меда во многом определяется климатическими, геологическими и ботаническими условиями места сбора нектара.

Анализ результатов исследования минерального состава меда показал, что наиболее высокой концентрацией минеральных веществ отличается полифлорный мед, а также мед с каштана, липы. Кроме того, высокой концентрацией минеральных веществ обладал образец, заявленный как «майский мед», по результатам пыльцевого анализа содержащий пыльцевые зерна клена и ивы в преобладающем количестве, а также большой процент пади – более 15 % (рис. 2).

Самое низкое суммарное значение минеральных элементов отмечено у меда с акации, фацелии и донника.

Наибольший удельный вес во всех образцах по сравнению с другими элементами имеет калий, который составляет в среднем около одной трети от общего содержания минеральных веществ. По результатам нашего исследования, рекордсменами по содержанию калия стали каштановый мед (2526,05 мг/кг), липовый (1264,61-2694,09 мг/кг), кленовый (1389,71 мг/кг), а также образец полифлорного меда из Волгоградской области, состоящий из нектара растений, относящихся к луговому разнотравью (1400,86 мг/кг).

На втором месте по уровню присутствия в меде находится кальций и натрий. Содержание этих элементов колеблется в пределах 20,22-103,46 мг/кг у натрия и 22,06-77,59 мг/кг у кальция.

Магний немного уступает по концентрации натрию и кальцию. Его наибольшее значение отмечено у каштанового меда из Краснодарского края и составляет 19,93 мг/кг, наименьшее – у рязанского липового меда (3,96 мг/кг).

Для установления зависимости между концентрацией минеральных элементов в меде и количеством пыльцевых зерен был проведен эксперимент, основанный на изучении минерального состава насыщенного медового раствора и медо-

вого раствора, отфильтрованного от пыльцевых зерен. Для проведения эксперимента был выбран полифлорный мед, по результатам пыльцевого анализа содержащий большое количество пыльцевых зерен различных растений (>1000).

Как показали наши исследования, основная масса минеральных веществ содержится в пыльцевых зернах. Результаты анализов отображены на рисунке 3.

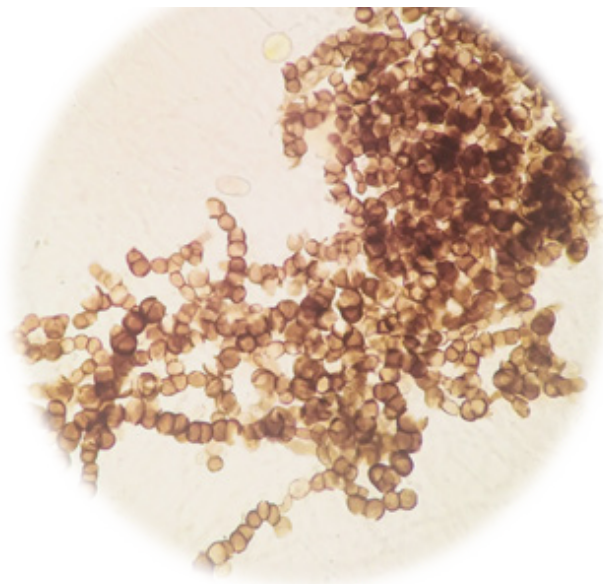
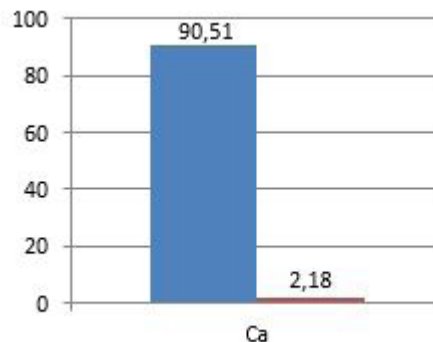
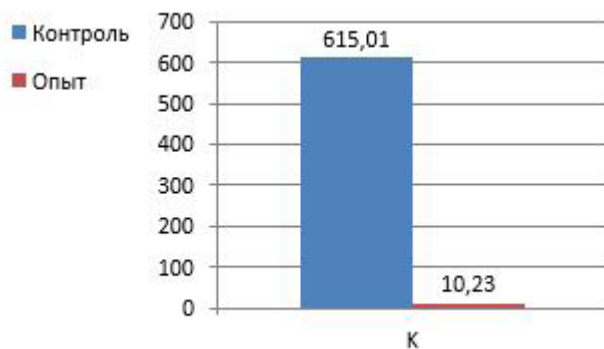


Рис. 2 – Микрофотография скопления падевых элементов в образце «майского меда» (400x увеличение)

(Fig. 2 – Micrograph of a cluster of fall elements in a sample of "May honey" (400x magnification))

Как можно заметить, фильтрация меда от пыльцы привела к значительному снижению концентрации минеральных веществ. При этом наибольшая разница между контролем и опытом была отмечена у калия и составила 604,78 мг/кг (98 %). Менее выражены различия концентраций минеральных веществ в насыщенном медовом растворе и фильтрате у стронция и цинка, 77,5 % и 36,1 % соответственно.



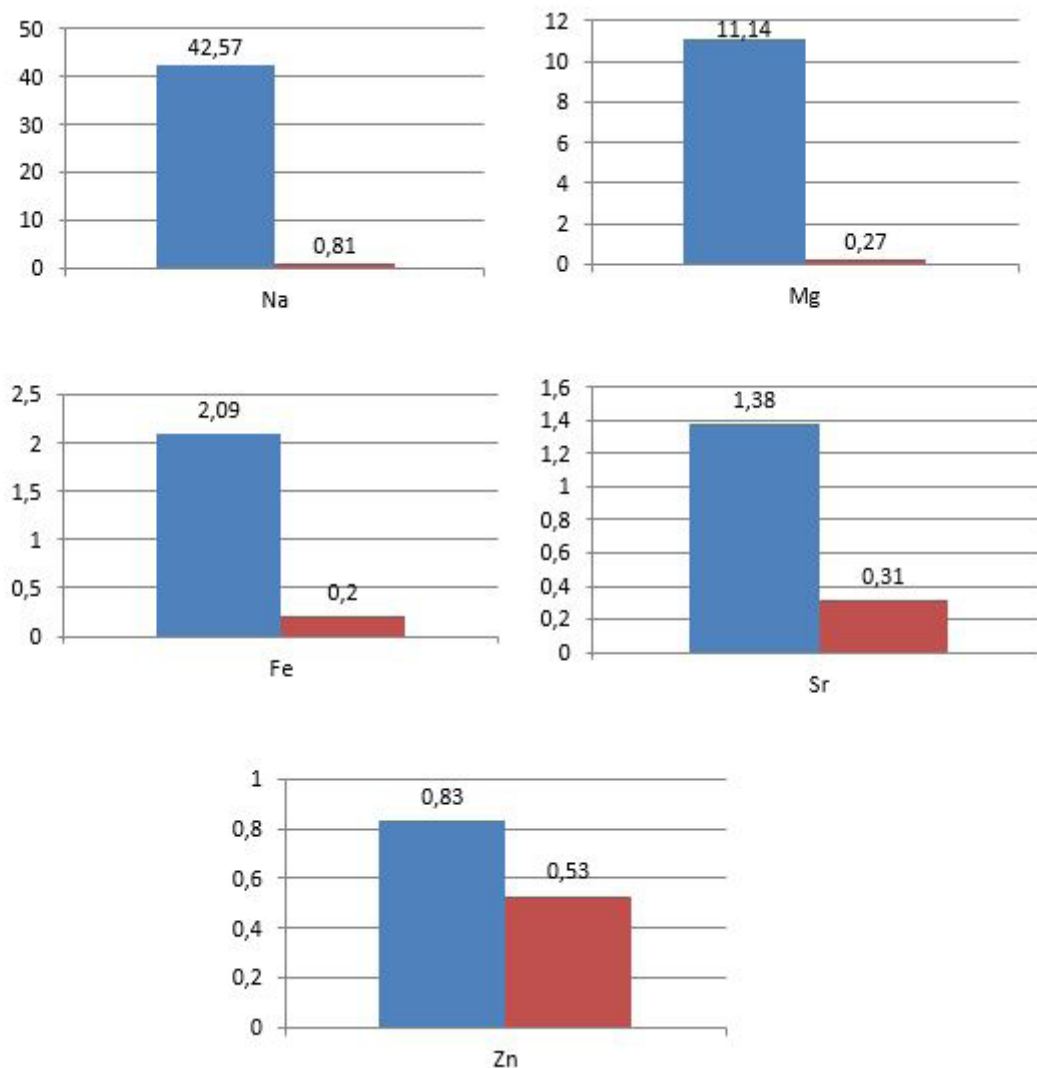


Рис. 3 – Средние значения концентрации минеральных элементов в контрольном образце меда (первый столбец) и в фильтрате (второй столбец) по итогам проведения опыта в трех повторностях, мг/кг

(Fig.3 – Average concentrations of mineral elements in the control sample of honey (first column) and in the filtrate (second column) based on the results of the experiment in three repetitions, mg/kg)

Заключение

В ходе исследований было установлено, что ботаническое и географическое происхождение меда значительно влияет на его минеральный состав. Получены материалы для пополнения базы данных исследований элементного состава медов различного происхождения.

В результате исследований выявлена зависимость минерального состава меда от количественного и качественного состава пыльцы, присутствующей в меде. Проведенные исследования наглядно показали, что фильтрация меда от пыльцевых зерен приводит к значительному уменьшению концентрации минеральных веществ, в среднем – на 85 %.

Минеральный состав, как и основные физико-химические показатели, может выступать в качестве признака безопасности и натурального происхождения меда, а также использоваться при идентификации его ботанического и географического происхождения.

Список источников

1. Solayman, M., Islam, A. et al. Physico-chemical properties, minerals, trace elements and heavy metals in honey of various origins: a comprehensive review // *Compr Rev Food Sci Food Saf.* – 2016. – № 15 (1). – P. 219-33. – DOI: 10.1111/1541-4337.12182
2. Khan, S.U., Anjum, S.I. et al. Honey: Single food stuff comprises many drugs // *Saudi J Biol Sci.* – 2018. – № 25 (2). – P. 320-325. – DOI: 10.1016/j.sjbs.2017.08.004
3. Кайгородов, Р.В., Кулешова, Т.С. Почвенно-геохимические факторы формирования минерального состава меда // *Фундаментальные исследования.* – 2014. – № 11. – С. 2434-2437. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35961>
4. Alvarez-Suarez, J., Tulipani, S. et al. Contribution of honey in nutrition and human health: a review // *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism.* – 2010. – № 1. – P. 15-23. – URL: <https://>



doi.org/10.1007/s12349-009-0051-6

5. Богданов, С. Химический состав меда // Ее величество пчела. – 2011. – № 4. – URL: <https://1538797-EVP-journal-4-2011>

6. Бурмистрова, Л.А., Русакова, Т.М. и др. Минеральный состав монофлорных медов // Пчеловодство. – 2016. – № 3. – URL: <https://beejournal.ru/annotatsii/2519-mineralnyj-sostav-monoflornykh-medov>

7. Хисматуллина, Н.З. Апитерапия. – Пермь: Мобиле. – 2005. – 294 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002896171>

8. Джарвис, Д.С. Мед и другие естественные продукты: Народная медицина. – Москва: Норд. – 1990. – 118 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001550110>

9. Хорн, Х., Люлльманн, К. Все о меде. Производство. Получение. Экологическая чистота. Сбыт. – Москва: АСТ. – 2011. – 320 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003148767>

10. Pisani, A., Protano, G., Riccobono, F. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy) // Food Chem. – 2008. – № 107 (4). – P. 1553-1560. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.029>

11. Ribeiro, R.D., Marsico E.T. et al. Determination of trace elements in honey from different regions in Rio de Janeiro state (Brazil) by Total reflection X-ray fluorescence // Journal of Food Sci. – 2014. – № 79 (4). – P. 738–42. – URL: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12363>

12. Bogdanov, S., Haldimann, M. et al. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. // Journal of Apicultural Research and Bee World. – 2007. – № 4. – P. 269–275. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Minerals-in-honey%3A-environmental%2C-geographical-and-Bogdanov-Haldimann/c1ded837e14c1da09beb918eac41e22764a83ef0>

13. Колбина, Л.М. Хозяйственно полезные и биологические особенности медоносных пчел в медосборных условиях Западного Предуралья: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Ижевск, 2009.

14. Pascual-Mate, A., Осес, S. et al. Methods of analysis of honey // Journal of Apicultural Research. – 2018. – № 1. – P. 38-74. – DOI: 10.1080/00218839.2017.1411178

15. Балашова, Е.Ю., Фарамазян, А. С. Фаль-

сификация меда // Материалы 43 Международного пчеловодческого конгресса «Апимондия» (Украина, 29 октября – 03 ноября 2013)

16. Anklam, E. A Review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey // Food Chem. – 1998. – № 63 (4). – P. 549-562. – DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00057-0

17. Wang, J., Li, Q. Chemical composition, characterization, and differentiation of honey botanical and geographical origins // Advances in Food and Nutrition Research. – 2011. – № 62. – P. 89-137. – DOI: 10.1016/b978-0-12-385989-1.00003-X

18. Попес, S. A procedure to identify a honey type // Food Chem. – 2002. – № 79 (3). – P. 401-406. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00391-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00391-6)

19. Maurizio, A. Der honig. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. – 1975. – URL: https://books.google.ru/books?id=AnwvAAAAYAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s

20. Святохина, Д.П. Башкирские ученые занимаются пыльцевым анализом // Общественная электронная газета. – URL: <http://i-gazeta.com/news/nauka102/31431.html>

21. Кайгородов, Р.В., Симанова, Е.Н. Особенности минерального состава меда урбанизированных экосистем // Вестник Пермского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 46-49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17658668>

22. Bogdanov, S. Contaminants of bee products // Apidologie. – 2006. – № 38. – P. 1–18. – URL: https://www.researchgate.net/publication/41714308_Contaminants_of_bee_products

23. Conti, M., Botre, F. Honey bees and their products as potential bioindicators of heavy metal contaminations // Environmental Monitoring and Assessment. – 2001. – № 69 (3). – P. 267–282. – DOI: 10.1023/a:1010719107006

24. ГОСТ Р 54644-2011 Мед натуральный. Технические условия

25. ГОСТ 31766-2012 Меды монофлорные. Технические условия

26. ГОСТ 31769-2012 Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен

27. Бурмистров, А.Н. Медоносные растения и их пыльца: Справочник. – Росагропроиздат: Москва, 1990. – 192 с. – URL: <http://www.paseka.org/medonosnye-rasteniya-i-ih-pylca-1990/read>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Solayman, M., Islam, A. et al. Physico-chemical properties, minerals, trace elements and heavy metals in honey of various origins: a comprehensive review // Compr Rev Food Sci Food Saf. – 2016. – № 15 (1). – P. 219-33. – DOI: 10.1111/1541-4337.12182

2. Khan, S.U., Anjum, S.I. et al. Honey: Single food stuff comprises many drugs // Saudi J Biol Sci. – 2018. – № 25 (2). – P. 320-325. – DOI: 10.1016/j.sjbs.2017.08.004

3. Kajgorodov, R.V., Kuleshova, T.S. Pochvenno-geohimicheskie faktory formirovaniya mineral'nogo sostava meda // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 11. – S. 2434-2437. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35961>



4. Alvarez-Suarez, J., Tulipani, S. et al. Contribution of honey in nutrition and human health: a review // *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. – 2010. – № 1. – P. 15-23. – URL: <https://doi.org/10.1007/s12349-009-0051-6>
5. Bogdanov, S. Himicheskij sostav meda // *Ee velichestvo pchela*. – 2011. – № 4. – URL: <https://1538797-EVP-journal-4-2011>
6. Burmistrova, L.A., Rusakova, T.M. i dr. Mineral'nyj sostav monoflornyh medov // *Pchelovodstvo*. – 2016. – № 3. – URL: <https://beejournal.ru/annotatsii/2519-mineralnyj-sostav-monoflornykh-medov>
7. Hismatullina, N.Z. Apiterapiya. – Perm': Mobile. – 2005. – 294 c. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002896171>
8. Dzharris, D.S. Med i drugie estestvennye produkty: Narodnaya medicina. – Moskva: Nord. – 1990. – 118 s. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001550110>
9. Horn, H., Lyull'mann, K. Vse o mede. Proizvodstvo. Poluchenie. Ekologicheskaya chistota. Sbyt. – Moskva: AST. – 2011. – 320 s. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003148767>
10. Pisani, A., Protano, G., Riccobono, F. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy) // *Food Chem*. – 2008. – № 107 (4). – P. 1553-1560. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.029>
11. Ribeiro, R.D., Marsico E.T. et al. Determination of trace elements in honey from different regions in Rio de Janeiro state (Brazil) by Total reflection X-ray fluorescence // *Journal of Food Sci*. – 2014. – № 79 (4). – P. 738–42. – URL: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12363>
12. Bogdanov, S., Haldimann, M. et al. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. // *Journal of Apicultural Research and Bee World*. – 2007. – № 4. – P. 269–275. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Minerals-in-honey%3A-environmental%2C-geographical-and-Bogdanov-Haldimann/c1ded837e14c1da09beb918eac41e22764a83ef0>
13. Kolbina, L.M. Hozyajstvenno poleznye i biologicheskie osobennosti medonosnyh pchel v medosbornykh usloviyakh Zapadnogo Predural'ya: dis. ... d-ra s.-h. nauk. – Izhevsk, 2009.
14. Pascual-Mate, A., Ocec, S. et al. Methods of analysis of honey // *Journal of Apicultural Research*. – 2018. – № 1. – P. 38-74. – DOI: 10.1080/00218839.2017.1411178
15. Balashova, E.YU., Faramazyan, A. S. Fal'sifikatsiya meda // *Materialy 43 Mezhdunarodnogo pchelovodcheskogo kongressa «Apimondiya» (Ukraina, 29 oktyabrya – 03 noyabrya 2013)*
16. Anklam, E. A Review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey // *Food Chem*. – 1998. – № 63 (4). – P. 549-562. – DOI: 10.1016/S0308-8146(98)00057-0
17. Wang, J., Li, Q. Chemical composition, characterization, and differentiation of honey botanical and geographical origins // *Advances in Food and Nutrition Research*. – 2011. – № 62. – P. 89-137. – DOI: 10.1016/b978-0-12-385989-1.00003-X
18. Popez, S. A procedure to identify a honey type // *Food Chem*. – 2002. – № 79 (3). – P. 401-406. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00391-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00391-6)
19. Maurizio, A. Der Honig. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. – 1975. – URL: https://books.google.ru/books?id=AnwvAAAAYAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
20. Svyatohina, D.P. Bashkirskie uchenye zanimayutsya pyl'cevyim analizom // *Obshchestvennaya elektronnyaya gazeta*. – URL: <http://i-gazeta.com/news/nauka102/31431.html>
21. Kajgorodov, R.V., Simanova, E.N. Osobennosti mineral'nogo sostava meda urbanizirovannykh ekosistem // *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo universiteta*. – 2011. – № 2. – S. 46-49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17658668>
22. Bogdanov, S. Contaminants of bee products // *Apidologie*. – 2006. – № 38. – P. 1–18. – URL: https://www.researchgate.net/publication/41714308_Contaminants_of_bee_products
23. Conti, M., Botre, F. Honey bees and their products as potential bioindicators of heavy metal contaminations // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2001. – № 69 (3). – P. 267–282. – DOI: 10.1023/a:1010719107006.
24. GOST R 54644-2011 Med natural'nyj. Tekhnicheskie usloviya
25. GOST 31766-2012 Medy monoflornyye. Tekhnicheskie usloviya
26. GOST 31769-2012 Med. Metod opredeleniya chastoty vstrechaemosti pyl'cevykh zeren
27. Burmistrov, A.N. Medonosnye rasteniya i ih pyl'ca: Spravochnik. – Rosagropromizdat: Moskva, 1990. – 192 s. – URL: <http://www.paseka.org/medonosnye-rasteniya-i-ih-pylca-1990/read>

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.



Информация об авторах

Аношкина Ольга Владимировна, мл. научн. сотрудник отдела химико-биологических исследований продуктов пчеловодства, ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», owl202124@gmail.com

Лапынина Елена Петровна, канд. с.-х. наук, ст. научн. сотрудник лаборатории селекции и молекулярно-генетических исследований медоносных пчел, ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», elena.p56@yandex.ru

Попкова Мария Андреевна, мл. научн. сотрудник отдела химико-биологических исследований продуктов пчеловодства, ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», mariya.budnikova@mail.ru

Author Information

Anoshkina Olga V., junior researcher of the Department of Chemical and Biological Research of bee Products, FSBCI "Federal Beekeeping Research Centre", owl202124@gmail.com

Lapynina Elena P., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Molecular Genetic Research of Honey Bees, FSBCI "Federal Beekeeping Research Centre, elena.p56@yandex.ru

Popkova Mariya A., junior researcher of the Department of Chemical and Biological Research of bee Products, FSBCI "Federal Beekeeping Research Centre, mariya.budnikova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.12.2022; одобрена после рецензирования 18.01.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 12.12.2022 approved after reviewing 18.01.2023; accepted for publication 10.03.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.4:612.8
DOI: 10.36508/RSATU.2023.30.94.003

ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕБНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ У КОТОВ

Татьяна Николаевна Бабкина¹, Наталья Владимировна Ленкова²✉

^{1,2} ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Россия

¹ babkina.55@list.ru

² nata.lenkova.80@mail.ru

Аннотация

Проблема и цель. Цель – диагностика и терапия мочекаменной болезни у котов.

Методология. Объект исследования – кошки разного возраста и породы с симптомами патологии мочевыделительной системы. Распространенность и этиологию изучали в ветеринарной клинике «Кентавр», г. Симферополь Республики Крым. Диагностические мероприятия при данной патологии осуществляли комплексно, изучая анамнестические данные, симптомы и проводили лабораторные исследования, определяя гематологию и биохимию крови, мочи, микроскопию мочи, ультразвуковое исследование и рентгенологическую диагностику. Выделили группу по терапии четкого уролитиаза и при осложнениях на почки (первая и вторая опытные группы; n=10 голов в каждой). Терапия на фоне патологии почек при мочекаменной болезни: этамзилат; викасол; синулукс; дротаверин; рикарфа; ипацитине; промывание мочевого пузыря теплым изотоническим физиологическим раствором; диета; без проблем с почками: этамзилат; байтрил; дротаверин; рикарф; промывание мочевого пузыря теплым изотоническим физиологическим раствором; диета.

Результаты. Возникновение уролитиаза обусловлено однотипным кормлением субпродуктами, мясом, рыбой, сухими кормами эконома класса, дефицитом питьевой воды, местными геологическими факторами (жесткостью воды, повышенным содержанием сухого остатка), малой подвижностью и анатомическим строением мочеиспускательного канала у котов. Кошки и коты в возрасте до 1 года не подвержены данному заболеванию, уролитиаз регистрируется в возрасте от 1 до 3 лет у 30 %, старше 3 лет – у 70 %, у кастрированных заболевание регистрировалось в 60 %, у некастрированных – 40 %. Симптоматика представлена угнетением, повышением общей температуры, незначительной тахикардией, учащением дыхательных движений, болезненным мочеиспусканием, гематурией, болезненностью живота. Мочевой пузырь переполнен; при лабораторном исследовании: уровень гемоглобина, количество эритроцитов снижены, число лейкоцитов повышено; увеличены общий белок, альбумин, креатинин, мочевины и глюкоза. pH мочи 8, протеинурия, гематурия, при микроскопии мочи наличие оксалатов и кристаллов трипельфосфата. При ультразвуковой диагностике наблюдали переполнение мочевого пузыря, стенка гиперэхогенная, содержимое анэхогенное с множественными образованиями и акустической тенью размером 1 мм. При рентгенодиагностике в мочевом пузыре имеется крупнодисперсный минерализованный осадок. Симптомы заболевания в обеих группах прошли на 4-й день лечения. Терапевтический эффект в обеих группах составил 100 %.

Заключение. Оба способа терапии эффективны и целесообразны и позволяют добиться выздоровления 90 % животных при неосложненном почечными патологиями переболевания и 70 % – при наличии таких осложнений. Экономический эффект ветеринарных терапевтических мероприятий в I-й опытной группе – 1,21 руб./руб. затрат, что в 2 раза выше, чем во II-й группе.

Ключевые слова: уролитиаз, коты, этамзилат, синулукс, викасол, дротаверин, рикарфа, ипацитине, катетеризация

Для цитирования: Бабкина Т.Н., Ленкова Н.В. Диагностика и терапия при мочекаменной болезни у котов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С. 15-23, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.30.94.003>



DIAGNOSTICS AND THERAPEUTIC MEASURES FOR UROLITHIASIS IN CATS

Tatyana N. Babkina¹, Natalia V Lenkova² ✉^{1,2} Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia¹ babkina.55@list.ru² nata.lenkova.80@mail.ru**Abstract.****Problem and purpose.** To study the prevalence, diagnosis and therapy of urolithiasis in cats.**Methods.** The object of the study is cats of different ages and breeds with symptoms of pathology of the urinary system. The prevalence and etiology were studied according to the veterinary documentation of the Centaur veterinary clinic in Simferopol, Republic of Crimea. The diagnosis of urolithiasis was performed comprehensively, taking into account anamnesis, clinical signs, hematological, biochemical blood tests, laboratory urine examination, ultrasound and X-ray diagnostics. We created a group for the treatment of pure urolithiasis and with complications on the kidneys (1 and 2 experimental groups of 10 heads each). Treatment of urolithiasis with kidney problems: 0.9% sodium chloride solution; ethamzylate; sinulox; vikasol; drotaverine; ricarfa; ipakitine; catheterization and washing of the bladder with a warm physiological 0.9% solution; therapeutic feed; without kidney problems: 0.9% sodium chloride solution; ethamzylate; baitril; drotaverine; ricarf; catheterization and washing of the bladder with a warm 0.9% saline solution; therapeutic feed.**Results.** The occurrence of urolithiasis is caused by the same type of feeding (meat, fish, offal), ready-made dry food of economy class, shortage of drinking water, local geological factors (water hardness, increased dry residue content), hypodynamia, anatomical feature in the structure of the genitourinary canal in cats. Cats and cats under the age of 1 year are not susceptible to this disease, urolithiasis is registered at the age of 1 to 3 years in 30%, older than 3 years in 70%, in castrated the disease was registered in 60%, in non-castrated - 40%. Clinical signs of urolithiasis in cats are general depression, increased body temperature, increased pulse and respiration, dysuria, hematuria, abdominal wall soreness, overflow of the bladder with urine; laboratory tests: decrease in hemoglobin, erythrocytes and increase in leukocytes; increase in total protein, albumin, creatinine, urea and glucose; urine pH 8, proteinuria, hematuria, the presence of oxalates and trippelphosphate crystals in urine. During ultrasound, the bladder is full, the bladder wall is hyperechoic, the contents are anechoic, multiple formations are visualized, giving an acoustic shadow of 1 mm in size. X-ray examination in the left lateral projection: a coarse mineralized sediment is visualized in the lumen of the bladder. Clinical signs of the disease disappeared in both groups on day 4 of therapy. The duration of treatment was 75 days in group 1, 105 days in group II, all animals recovered, the therapeutic effect in both groups was 100%.**Conclusion.** Both of the studied treatment regimens are effective and appropriate from a therapeutic point of view, since they allow 90% of animals to recover in cases of uncomplicated renal pathologies and 70% - in the presence of such complications. The therapeutic effect in both groups was 100%. The economic effect on 1 ruble of costs in group 1 is -1.21 rubles, in group II – 0.6 rubles.**Key words:** urolithiasis, cats, ethamzylate, sinulox, vikasol.; drotaverine, ricarfa, ipakitine, catheterization**For citation:** Babkina T.N., Lenkova N.V. Diagnostics and therapeutic measures for urolithiasis in cats // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 15-23. (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.30.94.003>**Введение**

В настоящее время среди мелких домашних животных довольно распространены заболевания мочевой системы, в частности, мочекаменная болезнь.

По статистическим данным уролитуазом болеют от 1 до 13,5 % кошек, при этом летальность на одном уровне с травматическими поражениями, болезнями сердечно-сосудистой системы и онкологией [1, 2].

Данная патология кошек вызывает значительные расхождения во взглядах на причины ее возникновения.

Уролитуаз – это хроническое заболевание, сопровождающееся формированием конкрементов в мочевыводящих путях, учащенным мочеиспусканием, затрудненным выведением мочи, периодическими гематурией, кристаллурией, мочевыми

коликами, ишурией [3, 4, 5].

Особенности метаболизма у кошек, а именно неспособность синтезировать никотиновую кислоту, высокая потребность в таурине, аргинине, гиподинамия способствуют повышенной распространенности уротилиаза. В развитии патологии большая роль отводится кормлению: дача животным только концентрированных кормов, нарушение норм кормления, несоответствие вида корма физиологическому состоянию, возрасту, несбалансированность рациона по витаминам, в частности ретинолу, избыток макроэлементов (P, Ca, Si, Mg) [6, 7].

Перечисленные факторы способствуют изменению кислотности мочи и выпадению осадка. pH мочи влияет на вид образующихся камней: при pH 5 – ураты, при pH 5,1-6 – оксалаты, при повыше-



нии рН до 7 – фосфатные камни [8, 9, 10].

Основной синдром мочекаменной болезни – урологический, сопровождающийся, в первую очередь, острой задержкой мочеиспускания (ишурия), что может привести к преждевременной гибели животного [2].

Ранняя диагностика уrolитиаза основана на анализе мочи (повышен креатинин, мочеви́на, общий билирубин, глюкоза, натрий, калий, кальций, появляется общий белок, альбумин, глобулин, холестерин и др.), а в дальнейшем начинают проявляться характерные симптомы (частое, длительное мочеиспускание, чаще в неподходящих местах, неестественное выгибание спины, вылизывание в области промежности, гематурия) [6, 11, 12].

Несмотря на то, что предложено значительное количество схем лечения уrolитиаза, единого мнения не достигнуто. В связи с этим поиск комплексного, эффективного способа лечения с учетом анамнеза, симптоматики, развившихся патофизиологических изменений, лабораторных методов диагностики (гематологического, биохимического исследования, микроскопии мочи) у котов при уrolитиазе является актуальной темой.

Цель исследования – диагностика и терапия мочекаменной болезни у котов.

Материалы и методы исследования

Исследование проводили в ветеринарной клинике «Кентавр» г. Симферополя Республики Крым, на кафедре терапии и пропедевтики ФГБОУ ВО Донского ГАУ. Распространенность, причину уrolитиаза изучали по ветеринарной документации, учитывали условия содержания и анатомические особенности животных.

С целью постановки диагноза были созданы группы котов-аналогов по мере поступления животных (контроль – здоровые, $n=10$ гол; опыт – больные, $n=20$ гол.). Диагностировали уrolитиаз комплексно, учитывая анамнез, симптоматику, гематологические (анализатор Micro CC-20plus) и биохимические (анализатор Bio chem analette) исследования крови, результаты ультразвукового исследования (УЗИ) и рентгенодиагностики, изучали физические (цвет, прозрачность), химические (рН, белок, цилиндры, лейкоциты, эритроциты, соли) свойства мочи, проводили микроскопию мочи с использованием микроскопа 2 Led.

Кровь и мочу для исследований отбирали до и после лечения, утром до кормления. Пробы крови брали из подкожной вены предплечья передней лапки, мочу – при помощи мочевого катетера для кошек диаметром 1,0 мм. Исследовали мочу с помощью экспресс-диагностики: тест-полоски Urilpolian- XN.

Для ультразвуковой диагностики использовали аппарат Mindray dp-50, рентгенодиагностики – портативный рентгеновский аппарат EcoRay Orange-1060HF.

После диагностирования уrolитиаза из отобранных котов создали группу по лечению чистого уrolитиаза (1-я опытная; $n=10$) и с осложнениями на почки (2-я опытная; $n=10$). Животным были созданы сходные условия содержания и кормления.

Лечение уrolитиаза с симптомами патологии

почек (из расчета на 5 кг массы): 0,9 %-й раствор натрия хлорид в течение 4 дней, в дозе 20 мл на 1 кг, по 50 мл 2 раза в день внутривенно; этамзилат в течение 4 дней, в дозе 0,5 мл 1 раз в день внутримышечно или внутривенно; синулукс в течение 7 дней, в дозе 0,25 мл подкожно 1 раз в день; викасол в течение 4 дней, в дозе 0,5 мл 1 раз в день внутримышечно; дротаверин в течение 5 дней, в дозе 0,5 мл внутримышечно 1 раз в день; рикарфа в течение 2 дней, в дозе 0,4 мл подкожно 1 раз в день; ипакитине в течение 2 дней, в дозе по 1 г 3 раза в день; катетеризация и промывание мочевого пузыря теплым физиологическим 0,9 %-м раствором в объеме 150 мл; лечебный корм Уринори.

Лечение уrolитиаза без проблем с почками (из расчета 5 кг массы): 0,9 %-й раствор натрия хлорид в течение 4 дней, в дозе 20 мл на 1 кг, по 50 мл 2 раза в день внутривенно; этамзилат в течение 4 дней, в дозе 0,5 мл 1 раз в день внутримышечно или внутривенно; байтрил в течение 7 дней, в дозе 0,5 мл подкожно 1 раз в день; дротаверин в течение 5 дней, в дозе 0,5 мл внутримышечно 1 раз в день; рикарфа в течение 2 дней, в дозе 0,4 мл подкожно 1 раз в день; катетеризация и промывание мочевого пузыря теплым физиологическим 0,9 %-м раствором в объеме 150 мл; лечебный корм Уринори.

Результаты исследования обрабатывали статистически. Разницу между двумя величинами считали достоверной на уровне вероятности $P<0,05$; 0,01 и 0,001.

Экономическую эффективность методов лечения проводили по методике определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий.

Результаты исследования

Проявление уrolитиаза у котов в г. Симферополе Республики Крым, по нашим данным, обусловлено взаимодействием ряда причин, тесно связанных с однотипным кормлением (мясо, рыба, субпродукты), поением животных и условиями содержания. Однотипное кормление способствует перенасыщению минеральными солями мочи и образованию осадка. Заболевание возникает и при поедании котами готового сухого корма эконом класса, при дефиците питьевой воды, недостаток которой в организме котов приводит к увеличению плотности и уменьшению мочеотделения – главных факторов образования мочевых камней.

Не последнюю роль играют местные геологические факторы, такие как жесткость воды, повышенное содержание сухого остатка. При анализе заболеваний незаразной этиологии населения города отмечен рост заболеваний мочевого выделительной системы на 22 %. Выявлена прямая достоверная связь между жесткостью воды и возникновением мочекаменной болезни среди людей.

При определении распространенности мочекаменной болезни у семейства кошачьих мы отметили, что кошки и коты в возрасте до 1 года не подвержены данному заболеванию, а среди котов уrolитиаз регистрируется чаще в возрасте старше 3 лет, частота проявления до 70 %, у кастрированных до 60 % (рис. 1).

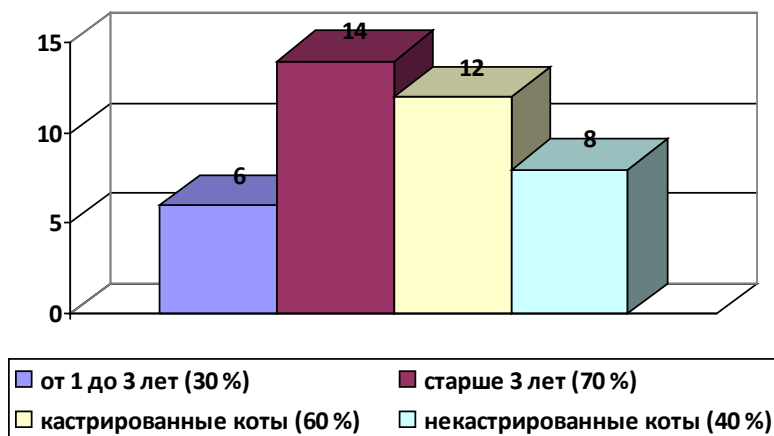


Рис. 1 – Распространенность мочекаменной болезни среди исследуемых котов
(Fig.1 – Prevalence of urolithiasis among the cats studied)

Анатомическая особенность строения мочеиспускательного канала котов, а именно то, что он представлен узкой длинной (трубкой) уретрой, которая трудно проходима для песка и камней, является способствующим фактором для развития уrolитиаза. В отличие от кастрированных котов у здоровых мочеиспускательный канал шире из-за постоянного естественного воздействия эякулята. Квартирное содержание животных приводит к

гиподинамии, что ведет к застою мочи в мочевом пузыре и выпадению осадка.

Симптоматически у котов опытной группы наблюдали угнетение, приступы беспокойства, сопровождающиеся криками, вылизыванием области урогениталий (болевого синдром); пальпация живота болезненная, мочевой пузырь напряженный, переполнен мочой. Может присутствовать рвота, дизурия, гематурия

Таблица 1 – Клинико-гематологические показатели у котов при уrolитиазе

Показатели	Пределы физиологических колебаний	Контроль (здоровые животные)	Опыт (больные животные)
Температура, °C	38,0-39,5	38,4±0,5	42,0±0,1*
Пuls, уд./мин.	110,0-130,0	112,0±3,0	130,0±3,2**
Дыхание, дых.дв./мин.	20,0-30,0	20,0±1,2	30,0±1,3**
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	5,0-10,0	7,8±0,6	4,8±0,2***
Гемоглобин, г/л	80,0-150,0	126,0±5,8	70,2±4,3***
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	5,5-19,5	12,0±0,7	20,3±0,7***

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

При клиническом обследовании наблюдали у котов опытной группы повышение общей температуры тела до $42,0 \pm 0,1^\circ C$ в отличие от контрольной $38,4 \pm 0,50^\circ C$; учащение пульса до $130,0 \pm 3,2$ уд./мин. и учащение частоты дыхания до $30,0 \pm 1,3$ дых. дв./мин. в отличие от контроля соответственно $112,0 \pm 3,0$ уд./мин. и $20,0 \pm 1,2$ дых. дв./мин (табл. 1).

Гематологическое исследование показало, что у животных опытной группы ниже количество эритроцитов $4,8 \pm 0,2 \times 10^{12}/л$ и уровень гемоглобина $70,2 \pm 2,1$ г/л в сравнении с контролем $7,8 \pm 0,6 \times 10^{12}/л$ и $126,0 \pm 5,8$ г/л соответственно, выше количество лейкоцитов $20,3 \pm 0,7 \times 10^9/л$ в сравнении с контролем $12,0 \pm 0,7 \times 10^9/л$.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови у котов при уrolитиазе

Показатели	Пределы физиологических колебаний	Контроль (здоровые животные)	Опыт (больные животные)
Общий белок, г/л	54,0-77,0	72,8±1,0	88,2±0,7*
Альбумин, г/л	38,0-37,0	33,4±2,1	48,7±1,1
Креатинин, мкмоль/л	44,2-159,0	79,7±3,8	115,1±6,1
Мочевина, ммоль/л	7,1-15,0	6,8±0,5	10,4±0,6
Билирубин, мкмоль/л	3,4-12,0	4,6±0,7	5,2±0,8
Глюкоза ммоль/л	1,95-3,78	5,2±0,6	8,4±0,8



Продолжение таблицы 2

Натрий, ммоль/л	147,0-162,0	147,5±12,3	148,2±6,7
Калий, ммоль/л	3,7-5,2	4,6±0,6	6,2±0,4

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

Биохимия крови котов опытной группы показала увеличение общего белка до $88,2 \pm 0,7$ г/л ($P < 0,05$) в сравнении с контрольной $72,8 \pm 1,0$ г/л, альбумина – до $48,7 \pm 1,1$ г/л, в контроле $33,4 \pm 2,1$ г/л, креатинина – до $115,1 \pm 6,1$ мкмоль/л, в контроле $79,7 \pm 3,8$ мкмоль/л, мочевины – до $10,4 \pm 0,6$ ммоль/л, в контроле $6,8 \pm 0,5$ ммоль/л, билирубина – до $5,2 \pm 0,8$ мкмоль/л, количества глюкозы – до $8,4 \pm 0,8$ ммоль/л, в контроле $5,0 \pm 0,6$ ммоль/л; натрия – до $148,2 \pm 6,7$ ммоль/л, в контроле $147,5 \pm 12,3$ ммоль/л, калия – до $6,2 \pm 0,4$ ммоль/л, в контроле $4,6 \pm 0,6$ ммоль/л (табл. 2)

Выявленные изменения биохимических по-

казателей больных котов указывают на развитие воспалительного процесса, обезвоживания организма, уремического синдрома и наличие стрессового состояния в организме.

Исследование физических свойств мочи у котов опытной группы позволило выявить изменение цвета – темный цвет с красноватым оттенком; мутность. При химическом исследовании мочи установили смещение pH в щелочную сторону – pH = 8,0, белок. Микроскопией установили наличие слизи в моче, единичных цилиндров (зернистые), лейкоцитов до 43, эритроцитов до 142 в поле зрения, кристаллы трипельфосфата (струвиты) (рисунки 2, 3).

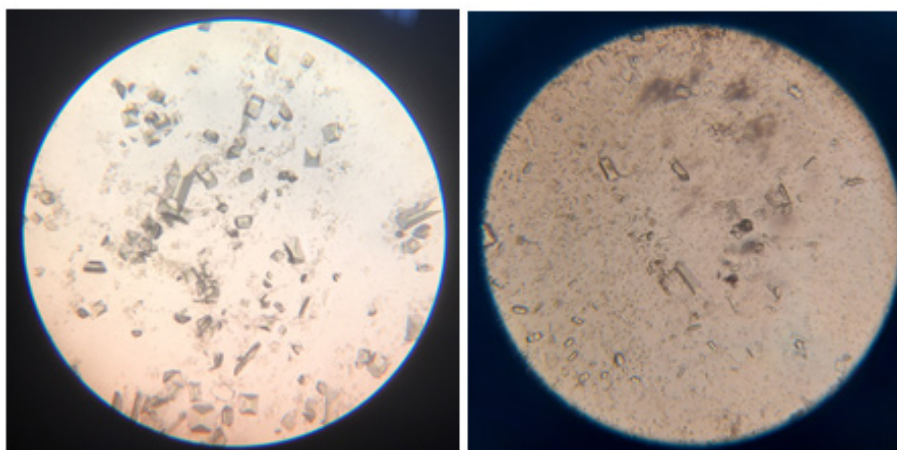


Рис. 2 – Микроскопия мочи
(Fig.2 – Urine microscopy)



Рис. 3 – Извлеченные уролиты из мочевого пузыря у кота
(Fig.3 – Extracted uroliths from the bladder of a cat)

Диагностика с помощью ультразвука позволила установить множественные образования различного диаметра с акустической гиперэхогенной тенью, мочевой пузырь переполнен, стенка мочевого пузыря светлая (рис. 4).



Рис. 4 – Ультразвуковая диагностика уролитиаза. Визуализация множественных конкрементов в моче
(Fig.4 – Ultrasound diagnosis of urolithiasis. Visualization of multiple concretions in urine)

Рентгеновское исследование в левой латеральной проекции позволило установить в просвете мочевого пузыря крупнодисперсный минерализованный осадок (рис. 5).

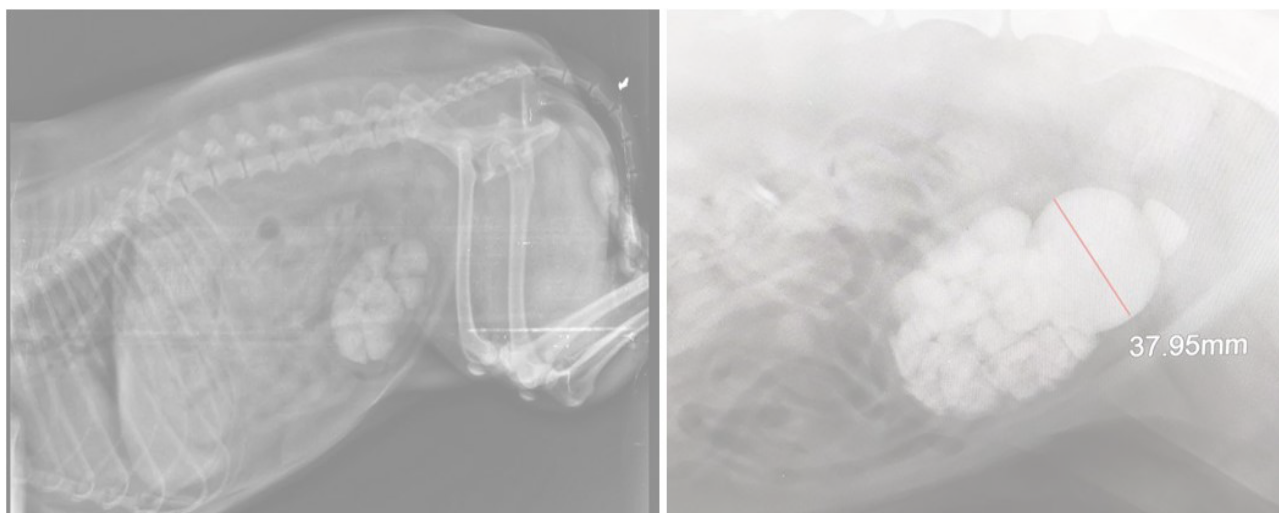


Рис. 5 – Рентгенологические признаки уролитиаза
(Fig. 5 – Radiological signs of urolithiasis)

На основании результатов диагностических исследований котам с диагнозом уролитиаз назначена терапия согласно выявленным патофизиологическим изменениям.

Таблица 3 – Клинико-гематологические показатели у котов при лечении мочекаменной болезни, n=10

Группа	T, °C	П, уд./мин.	Д, движ./мин	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, X10 ¹² /л	Лейкоциты, x10 ⁹ /л
До лечения						
I	40,8±0,2	133,1±2,8	27,0±1,6	74,6±3,5	4,8±0,3	19,6±0,4
II	39,6±0,1	132,3±2,6	28,0±0,8	76,6±3,9	4,7±0,4	12,6±0,5
После лечения						
I	38,6±0,2***	113,4±3,2***	18,3±1,8***	124,0±4,6***	8,0±0,2***	11,8±0,4***
II	38,8±0,1***	110,2±2,4***	19,0±1,6***	128,4±5,2***	8,6±0,3***	9,5±0,6***

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



Лечебные мероприятия способствовали тому, что на 4-й день терапии у котов обеих опытных групп диагностированная симптоматика исчезла. Животные не проявляют беспокойства. Общая длительность оказания терапии в 1-й группе 75 дней, во 2-й – 105 дней.

После проведенной терапии в 1-й опытной группе снились температура тела до $38,6 \pm 0,20$ С ($P < 0,001$) и во 2-й группе – до $38,8 \pm 0,1$ ($P < 0,001$), частота пульса – до $113,4 \pm 3,2$ уд./мин. и $110,2 \pm 2,4$ уд./мин. ($P < 0,001$), частота дыхательных

движений – до $18,3 \pm 1,8$ дых.дв./мин. ($P < 0,001$) и $19,0 \pm 1,6$ дых.дв./мин. ($P < 0,001$) соответственно; повысились уровень гемоглобина в первой опытной группе до $124,0 \pm 4,6$ г/л ($P < 0,001$) и во второй до $128,4 \pm 5,2$ г/л ($P < 0,001$), количество эритроцитов до $8,0 \pm 0,2 \times 10^{12}$ /л ($P < 0,001$) и $8,6 \pm 0,3 \times 10^{12}$ /л ($P < 0,001$) соответственно; уменьшилось количество лейкоцитов до $11,8 \pm 0,4 \times 10^9$ /л ($P < 0,001$) в I опытной группе и до $9,5 \pm 0,6 \times 10^9$ /л ($P < 0,001$) во II-й группе (табл. 3).

Таблица 4 – Биохимические показатели крови у котов, при лечении мочекаменной болезни, n=10

Группа	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Креатинин, мкмоль/л	Мочевина, ммоль/л	Билирубин, мкмоль/л	Глюкоза ммоль/л	Натрий, ммоль/л	Калий, ммоль/л
До лечения								
I	$79,7 \pm 0,6$	$46,2 \pm 1,3$	$116,3 \pm 5,2$	$11,2 \pm 0,6$	$5,3 \pm 0,3$	$7,2 \pm 0,2$	$151,0 \pm 10,3$	$5,3 \pm 0,2$
II	$88,1 \pm 2,0$	$46,6 \pm 1,1$	$114,2 \pm 5,8$	$10,8 \pm 0,7$	$5,1 \pm 0,3$	$7,0 \pm 0,3$	$147,0 \pm 9,6$	$6,0 \pm 0,2$
После лечения								
I	$70,0 \pm 1,3^{**}$	$31,6 \pm 1,4^{**}$	$80,6 \pm 4,3^{**}$	$6,5 \pm 0,3^{***}$	$4,2 \pm 0,3^{***}$	$5,3 \pm 0,2^{**}$	$147,0 \pm 12,0$	$4,6 \pm 0,3^{**}$
II	$71,5 \pm 1,2^{**}$	$33,6 \pm 1,8^{**}$	$80,9 \pm 3,9^{**}$	$6,8 \pm 0,4^{***}$	$4,5 \pm 0,3^{***}$	$5,5 \pm 0,2^{**}$	$144,0 \pm 11,5$	$4,8 \pm 0,2^{**}$

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

После лечения изменились биохимические показатели крови (табл. 4). Так, в 1-й группе количество общего белка снизилось до $70,0 \pm 1,3$ г/л ($P < 0,01$) и во 2-й группе до $71,5 \pm 1,2$ ($P < 0,01$); уровень альбумина снизился до $31,6 \pm 1,4$ г/л ($P < 0,01$) и $33,6 \pm 1,8$ г/л ($P < 0,01$); уровень креатинина снизился до $80,6 \pm 4,3$ мкмоль/л ($P < 0,01$) и $80,9 \pm 3,9$ мкмоль/л ($P < 0,01$); количество мочевины уменьшилось до $6,5 \pm 0,3$ ммоль/л ($P < 0,001$) и $6,8 \pm 0,4$ ммоль/л ($P < 0,001$); билирубин снизился до $4,2 \pm 0,3$ ($P < 0,001$) мкмоль/л и $4,5 \pm 0,3$ ($P < 0,001$) мкмоль/л; уровень глюкозы уменьшился до $5,3 \pm 0,2$ ($P < 0,01$) ммоль/л и $5,5 \pm 0,2$ ($P < 0,01$) ммоль/л; количество натрия снизилось до $147,0 \pm 12,0$ ммоль/л и $144,0 \pm 11,5$ ммоль/л; количество калия уменьшилось до $4,6 \pm 0,3$ ($P < 0,01$) ммоль/л и $4,8 \pm 0,2$ ($P < 0,01$) ммоль/л соответственно.

После проведенного лечения физико-химические свойства мочи находились в пределах физиологических показателей: pH составила 6,0, белок, лейкоциты, эритроциты, соли (оксалаты и струвиты) отсутствуют.

Итак, рассмотренные схемы терапии позволяют добиться выздоровления 90 % животных в случаях неосложненного почечными патологиями переболевания и 70 % – при наличии таких осложнений.

С экономических позиций лечение кошек, заболевших уrolитиазом, по проверенным способам целесообразно, хоть и не позволяют достигнуть высокого уровня экономической эффективности; лечение же кошек с развившимися осложнениями дает почти вдвое меньший экономический эффект,

по сравнению с понесенными затратами.

Заключение

Проведенные лечебные мероприятия по предложенным схемам показали положительный результат, что подтвердилось изменениями в клинико-лабораторных исследованиях. Изучаемые показатели после проведенной терапии находились в пределах физиологических колебаний, что сопровождалось снижением в 1-й опытной группе общей температуры тела на 5,39 %, а во 2-й группе – на 2,02 %, частоты пульса на 14,8 и 16,7 %, частоты дыхательных движений на 32,2 и 32,1 %, количества лейкоцитов на 39,8 и 24,6 %, уровня общего белка на 12,2 и 18,8 %, альбумина на 31,6 и 27,9 %, креатинина на 30,7 и 29,2 %, мочевины на 41,9 и 37,0 %, билирубина на 20,8 и 11,8 %, глюкозы на 26,4 и 21,4 %, калия на 13,2 и 20,0 % и повышение уровня гемоглобина на 66,2 и 67,6 %, количества эритроцитов на 66,7 и 82,9 % соответственно.

Экономический эффект ветеринарных терапевтических мероприятий в 1-й опытной группе – 1,21 руб./руб. затрат, что в 2 раза выше, чем во 2-й группе.

Список источников

1.Соболев, В. Е. Эпидемиология уrolитиаза кошек в Российской Федерации / В. Е. Соболев // Российский ветеринарный журнал. – 2020. – № 4. – С. 19-25. – DOI 10.32416/2500-4379-2020-4-19-25. – EDN JLBHJY.

2.Osamu Ichii, Kazuhisa Oyamada, Yasuhiro Kon. Ureteral morphology and pathology during urolithiasis in cats Research in Veterinary Science 11 July 2022 Volume 151 (Cover date: 10 December



2022). Pages 10-20 <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.029>

3.Скрипник, В. И. Диагностика и лечение уролитиаза у Котов / В. И. Скрипник, Н. В. Саенко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21(184). – С. 144-150. – EDN WELDGN.

4.Association between urolithiasis and chronic kidney disease in cats. *Advances in Small Animal Medicine and Surgery* 6 June 2019 Volume 32, Issue 6 (Cover date: June 2019). Pages 5-6. <https://doi.org/10.1016/j.asams.2019.05.015>

5.Процкая, А. С. Особенности ультразвуковых и рентгенологических признаков уролитиаза собак / А. С. Процкая, В. П. Дорофеева // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(37). – С. 110-115. – EDN ТТККОИ.

6.Юрина, А. М. Сравнительная оценка эффективности диетических рационов у Котов при струвитном уролитиазе / А. М. Юрина, В. М. Усевич // Молодежь и наука. – 2020. – № 12. – EDN KDHSSU.

7.Абдурахмонов, Б. М. Преуролитиаз ва уролитиазни назорати, профилактикасининг замонавий муаммолари / Б. М. Абдурахмонов, Н. С. Мамасолиев // *Tibbiyotda angi Kun*. – 2022. – No 1(39). – P. 168-173. – EDN VQOGEC.

8.Влияние pH мочи на процессы камнеобразования при уролитиазе / М. Ю. Просянников, Н. В.

Анохин, С. А. Голованов [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2020. – № 3. – С. 72-78. – DOI 10.29188/2222-8543-2020-12-3-72-78. – EDN ZEFSLW.

9.Nicole M. Tate, Katie M. Minor, Eva Furrow Multiple variants in XDH and MOCOS underlie xanthine urolithiasis in dogs. *Molecular Genetics and Metabolism Reports* 17 September 2021 Volume 29 (Cover date: December 2021). Article 100792. <https://doi.org/10.1016/j.ymgmr.2021.100792>

10.Nikita Diante Burggraaf. Daphne Barbara Westgeest. Ronald Jan Corbee. Analysis of 7866 feline and canine uroliths submitted between 2014 and 2020 in the Netherlands. *Research in Veterinary Science*, 28 April 2021 Volume 137 (Cover date: July 2021). Pages 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.026>

11.Tess A. Rooney, David Eshar, Hugues Beaufrère. The association between bloodwork, signalment, and urolithiasis in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of Exotic Pet Medicine* 25 April 2021 Volume 38 (Cover date: July 2021). Pages 26-31. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2021.04.005>

12.Сидорова, К. А. Физиолого-биологические основы терапевтических мероприятий при уролитиазе кошек / К. А. Сидорова, Н. А. Татарникова, О. В. Кочетова // АПК: инновационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 36-42. – EDN VSJCAQ.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Sobolev, V. E. *Epidemiologiya urolitiaza koshek v Rossijskoj Federacii* / V. E. Sobolev // *Rossijskij veterinarnyj zhurnal*. – 2020. – № 4. – S. 19-25. – DOI 10.32416/2500-4379-2020-4-19-25. – EDN JLBJHY.

2.Osamu Ichii, Kazuhisa Oyamada, Yasuhiro Kon. Ureteral morphology and pathology during urolithiasis in cats *Research in Veterinary Science* 11 July 2022 Volume 151 (Cover date: 10 December 2022). Pages 10-20 <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.06.029>

3.Skripnik, V. I. *Diagnostika i lechenie urolitiaza u Kotov* / V. I. Skripnik, N. V. Saenko // *Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy*. – 2020. – № 21(184). – S. 144-150. – EDN WELDGN.

4.Association between urolithiasis and chronic kidney disease in cats. *Advances in Small Animal Medicine and Surgery* 6 June 2019 Volume 32, Issue 6 (Cover date: June 2019). Pages 5-6. <https://doi.org/10.1016/j.asams.2019.05.015>

5.Prockaya, A. S. *Osobennosti ul'trazvukovyh i rentgenologicheskikh priznakov urolitiaza sobak* / A. S. Prockaya, V. P. Dorofeeva // *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – № 1(37). – S. 110-115. – EDN ТТККОИ.

6.YUrina, A. M. *Sravnitel'naya ocenka effektivnosti dieticheskikh racionov u Kotov pri struvitnom urolitiaze* / A. M. YUrina, V. M. Usevich // *Molodezh' i nauka*. – 2020. – № 12. – EDN KDHSSU.

7.Abdurahmonov, B. M. *Preurolitiaz va urolitiazni nazorati, profilaktikasining zamonaviy muammolari* / B. M. Abdurahmonov, N. S. Mamasoliev // *Tibbiyotda angi Kun*. – 2022. – No 1(39). – P. 168-173. – EDN VQOGEC.

8.Vliyanie rH mochi na processy kamneobrazovaniya pri urolitiaze / M. YU. Prosyannikov, N. V. Anohin, S. A. Golovanov [i dr.] // *Ekspierimental'naya i klinicheskaya urologiya*. – 2020. – № 3. – S. 72-78. – DOI 10.29188/2222-8543-2020-12-3-72-78. – EDN ZEFSLW.

9.Nicole M. Tate, Katie M. Minor, Eva Furrow Multiple variants in XDH and MOCOS underlie xanthine urolithiasis in dogs. *Molecular Genetics and Metabolism Reports* 17 September 2021 Volume 29 (Cover date: December 2021). Article 100792. <https://doi.org/10.1016/j.ymgmr.2021.100792>

10.Nikita Diante Burggraaf. Daphne Barbara Westgeest. Ronald Jan Corbee. Analysis of 7866 feline and canine uroliths submitted between 2014 and 2020 in the Netherlands. *Research in Veterinary Science*, 28 April 2021 Volume 137 (Cover date: July 2021). Pages 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.026>

11.Tess A. Rooney, David Eshar, Hugues Beaufrère. The association between bloodwork, signalment, and urolithiasis in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of Exotic Pet Medicine* 25 April 2021 Volume 38 (Cover date: July 2021). Pages 26-31. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2021.04.005>



12. Sidorova, K. A. *Fiziologo-biologicheskie osnovy terapevticheskikh meropriyatij pri urolitiazе koshek* / K. A. Sidorova, N. A. Tatarnikova, O. V. Kochetova // *APK: innovacionnye tekhnologii*. – 2021. – № 2. – S. 36-42. – EDN VSJCAQ.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Бабкина Татьяна Николаевна, канд. ветеринар. наук, доцент кафедры терапии и пропедевтики животных, ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета, babkina.55@list.ru

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

Author Information

Babkina Tatyana N., candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the therapies and propaedeutics, Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia, babkina.55@list.ru

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

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 14.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 14.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2023.92.29.004

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОПОЛИСЕ

Елена Александровна Вахонина¹✉, Елена Петровна Лапынина²

^{1,2} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», Рыбное, Россия

¹ landych899@gmail.com

² elena.p56@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Загрязнение окружающей среды токсичными элементами представляет серьезную опасность для здоровья человека. Из всех продуктов пчеловодства прополис наиболее подвержен загрязнению. Цель работы: исследовать динамику уровня загрязнения тяжелыми металлами (свинец и кадмий) прополиса по регионам России.

Методология. Объектом исследований являлись образцы прополиса из Краснодарского края, республики Адыгея, Чеченской республики, Воронежской, Волгоградской и Рязанской областей, собранные в период 2004-2021 гг. Отбор проб прополиса проводился по ГОСТ 28886-19. Содержание элементов определяли методом спектрофотометрии, на атомно-абсорбционном спектрофотометре Spectr AA 220FS, используя воздушно-ацетиленовое пламя на газовом атомизаторе.

Результаты. Определенное количество свинца в прополисе Краснодарского края в разные годы превышает нормативы ПДК в 3,8-12,33 раза. Количество свинца в образцах Волгоградской области превышает ПДК в 15,16 раза; Воронежской области – в 11,35 раза; республики Адыгея – в 8,32 раза. Превышение предельно допустимой концентрации свинца в прополисе Рязанской области в разные годы сбора составило от 1,41 до 13,19 раза. В действующей нормативной документации (СанПиН 2.3.2. 1078-01; ТР ТС 021/2011) содержание кадмия в прополисе нормируется 1,0 мг/кг, в исследованных образцах прополиса концентрация кадмия соответствует требованиям нормативной документации и не превышает ПДК.

Заключение. Полученные экспериментальные данные о достаточно высоком содержании свинца в прополисе в исследуемых районах (республика Адыгея, Краснодарский край, Волгоградская область, Воронежская область, Рязанская область) показывают необходимость корректировки предельно допустимых норм (СанПиН 2.3.2. 1078-01) содержания свинца в прополисе. Образцы нативного прополиса могут быть использованы в качестве биоиндикаторов при проведении апимониторинга регионов, загрязненных тяжелыми металлами и токсичными элементами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, свинец, кадмий, прополис, ПДК

Для цитирования: Вахонина Е.А., Лапынина Е.П. Исследование токсичных элементов в прополисе // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №1, Р 24-29 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.29.004>

Original article

STUDY OF TOXIC ELEMENTS IN PROPOLIS

Elena.A. Vahonina¹✉, Elena.P. Lapynina²

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Beekeeping Research Centre»

¹ landych899@gmail.com

² elena.p56@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Environmental pollution with toxic elements poses a serious threat to human health. Of all bee products, propolis is the most contaminated. The purpose of the work: to study the dynamics of the level of pollution with heavy metals (lead and cadmium) of propolis in the regions of Russia.

Methods. The object of research was propolis samples from the Krasnodar Territory, the Republic of Adygea,



the Chechen Republic, the Voronezh, Volgograd and Ryazan regions, collected in the period 2004-2021. Propolis sampling was carried out according to GOST 28886-19. The content of elements was determined by spectrophotometry, on a Spectr AA 220FS atomic absorption spectrophotometer, using an air-acetylene flame on a gas atomizer. A certain amount of lead in the propolis of the Krasnodar Territory in different years exceeds the MPC standards by 3.8-12.33 times. The amount of lead in the samples of the Volgograd region exceeds the MPC by 15.16 times; Voronezh region - 11.35 times; Republic of Adygea - 8.32 times. The excess of the maximum allowable concentration of lead in the propolis of the Ryazan region in different years of collection ranged from 1.41 to 13.19 times. In the current regulatory documentation (SanPiN 2.3.2. 1078-01; TR CU 021/2011), the content of cadmium in propolis is standardized at 1.0 mg/kg, in the studied samples of propolis, the concentration of cadmium meets the requirements of regulatory documentation and does not exceed the MPC.

Conclusion. The obtained experimental data on a sufficiently high lead content in propolis in the study areas (Republic of Adygea, Krasnodar Territory, Volgograd Region, Voronezh Region, Ryazan Region) show the need to adjust the maximum allowable standards (SanPiN 2.3.2. 1078-01) for the content of lead in propolis. Samples of native propolis can be used as bioindicators in apimonitoring of regions contaminated with heavy metals and toxic elements.

Key words: heavy metals, lead, cadmium, propolis, limits of admissible concentration

For citation: Vahonina E.A., Lapynina E.P. Study of toxic elements in propolis // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 24-29 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.92.29.004>

Введение

Превышение нормы концентрации свинца в атмосфере и воде может представлять серьезную угрозу для здоровья. Атмосфера загрязняется свинцом в результате перераспределения его количества во внешней среде. Увеличение процента концентрации свинца в растениях объясняется не поглощением его из почвы, а абсорбцией из воздуха.

Наиболее загрязнены тяжелыми металлами такие продукты пчеловодства, как пыльца, прополис, перга [1].

При производстве лекарственных и косметических средств сырье прополис должно соответствовать действующей нормативной документации (СанПиН 2.3.2. 1078-01; ТР ТС 021/2011), но в части сырья уровень загрязнения превышает допустимые нормативы [2].

Исследования, проведенные в НИИ пчеловодства в 2001-2010 гг. показали, что наиболее загрязненными тяжелыми металлами продуктами пчеловодства являются прополис и пыльца [3].

Исследователи Сербии, Бразилии, Турции при помощи атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) определили в прополисе содержание токсичных элементов. Определение в прополисе тяжелых металлов (Pb, Cd) является эффективной методикой экологического мониторинга [4,5].

Образцы бразильского сырого прополиса разных регионов Бразилии были исследованы для оценки содержания трех токсичных металлов (As, Cd и Pb) с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии. Концентрация элементов бразильского прополиса находилась в следующих пределах: lim As 0,048–8,47 мкг/г, Pb 0,006–0,72 мкг/г, Cd 0,008 мкг/г. В семи образцах превышены пределы, установленные бразильскими правилами для As или Pb [6].

Польские исследователи провели анализ прополиса западно-центральной части Польши на присутствие токсичных тяжелых металлов. Метод

исследования ICP-MS и ICP-OES (атомно-эмиссионная и оптически-эмиссионная спектрометрия). Они пришли к выводу, что для применения прополиса и препаратов из него в качестве добавок к пище, косметических и лечебных препаратов необходима проверка исходного сырья на содержание тяжелых металлов [7].

В исследованиях Мурашовой Е.А. установлено, что наиболее загрязненным тяжелыми металлами продуктом является прополис, пыльца, перга, а наиболее экологически чистым – мед. Исследования проводились методом атомно-адсорбционной спектрометрии [8].

Повышенное содержание тяжелых металлов (Pb, Cd) в прополисе ряд авторов объясняют высоким содержанием в нем жироподобных веществ и восков [9,10].

В исследованиях Еськова Е.К. представлено влияние загрязненности пасечных угодий тяжелыми металлами и токсичными элементами на тела пчел и продукцию пчеловодства [11].

В работе Пастуховой М.А. изучены методы апи-мониторинга (содержание токсичных элементов в продуктах пчеловодства). Токсичные элементы определяли в образцах пчелиного подмора, меде, цветочной пыльце, прополисе. Наиболее информативными индикаторами загрязнения являются цветочная пыльца и нативный прополис [12].

Фаткуллин Р.Р. и соавторы провели исследование на территории Южного Урала (лесостепная зона) пищевой цепи «почва-растение-подмор пчел-продукты пчеловодства» по оценке уровня загрязненности токсичными элементами [13].

Помимо техногенных источников загрязнения прополиса, при использовании ветеринарных препаратов и загрязненного инвентаря токсичные элементы накапливаются в нативном прополисе [14,15].

В работе RDO Orsi, исследован нативный прополис, степень его загрязнения тяжелыми металлами, а также переход токсичных элементов в экстракты прополиса. В исследовании показано, что



в этанольный экстракт прополиса переходит небольшое количество тяжелых металлов [16].

Основанием для объективной оценки экологической обстановки может служить систематический контроль за уровнем содержания токсичных элементов [17].

Исследования венгерского прополиса и экстрактов, приготовленных на 80 % этиловом спирте показали, что большинство потенциально токсичных элементов (Al, Ba, Cd, Cs, Sr, V) переносились в экстракт со скоростью обычно ниже 10 % [18].

В исследовании, проведенном при помощи масс-спектрометрии, по изучению прополиса и продуктов его переработки (капсулы, таблетки, экстракты, сиропы и леденцы) из Испании, Португалии, Бельгии, Англии, США и Чили показаны результаты содержания Cr, Ni, Cu, Zn, Pb. [19].

Для активного использования в качестве сырья прополиса для производства БАД к пище, косметических, лекарственных препаратов, необходимо проведение оценки экологической чистоты и безопасности прополиса [20,21,22].

Изучению токсичных элементов, входящих в перечень обязательных показателей, контролируемых в продуктах пчеловодства, является актуальной и своевременной.

Материал и методы исследования

Объектом исследований являлся прополис, собранный в Краснодарском крае, республике Адыгея, Чеченской республике, Рязанской, Волгоградской, Воронежской областях. Из этих регионов поступает наибольшее количество образцов прополиса для исследований.

Исследование образцов прополиса на содержание токсичных элементов проводилось в 2019-2021 гг. в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» химико-биологических исследований.

Содержание элементов определяли спектрофотометрическим методом, используя атомно-абсорбционный спектрофотометр Spectr AA 220FS фирмы «Varian».

Определение содержания Pb, Cd проводили на газовом атомизаторе спектрофотометра, с использованием воздушно-ацетиленового пламя. Проводили две повторности измерения, в качестве окончательного результата принимали среднее значение двух параллельных измерений.

Результаты исследований и их обсуждение

Содержание свинца в прополисе всех исследуемых субъектов РФ, как показано в таблице 1, превышает предельно допустимую норму (1,0 мг/кг), (ТР ТС 021/2011, САН ПиН 2.3.2.1078-01).

Таблица 1 – Содержание свинца в прополисе в разных субъектах РФ, мг/кг (n=15)

Регион	$\bar{X} \pm m$	Lim	σ
Воронежская область	11,35±3,72	2,5-30,72	9,86
Волгоградская область	15,16±9,17	2,46-32,99	15,89
Краснодарский край	12,33±7,281	2,92-70,3	23,11
Рязанская область	8,40±3,19	1,48-23,52	8,44
Республика Адыгея	8,23±3,92	1,39-39,01	11,78
Чеченская республика	1,71±0,93	0,145-3,37	1,61
ПДК	1,0 мг/кг		

Примечание: данные достоверны при $P < 0,05$

В исследуемых регионах максимальное содержание свинца обнаружено в Краснодарском крае, Волгоградской и Воронежской областях. В таблице 1 представлено среднее значение количества свинца в исследуемых регионах: 12,33±7,281 мг/кг,

15,16±9,17 мг/кг, 11,35±3,72 мг/кг, соответственно. В прополисе Чеченской республики обнаружено наименьшее количество свинца, оно составило 1,71±0,93 мг/кг.

Таблица 2 – Содержание кадмия в прополисе в разных субъектах РФ, мг/кг (n=15)

Регион	$\bar{X} \pm m$	Lim	σ
Воронежская область	0,371±0,2	0,99-0,149	7,56
Волгоградская область	не обнаруж.	-	-
Краснодарский край	0,046±0,01	0-0,098	0,038
Рязанская область	0,16±0,02	0,05-0,3	0,069
Республика Адыгея	0,123±0,33	0,043-0,2	
Чеченская республика	не обнаруж.	-	-
ПДК	1,0 мг/кг		

Примечание: данные достоверны при $P < 0,05$



В 2019-2021 г. определили содержание кадмия в образцах прополиса Воронежской области, Волгоградской области, Краснодарского края, Рязанской области, республики Адыгея, Чеченской республики. В образцах прополиса Воронежской области (количество кадмия составило $0,371 \pm 0,2$ мг/кг, с колебанием по образцам от 0,99 до 0,149 мг/кг. В образцах республики Адыгея количество кадмия составило $0,123 \pm 0,33$ мг/кг, с колебанием по образцам от 0,043 до 0,2 мг/кг.

В образцах прополиса, заготовленных на пасеках Рязанской области среднее содержание свинца составило $5,15 \pm 0,74$ мг/кг с колебаниями по образцам от 2,98 до 8,77 мг/кг. Образцы прополиса собраны на пасеках Рязанской области, районов: Рыбновского, Сасовского, Ряжского, Касимовского, Кадомского, Пронского, Щацкого и Чучковского.

Содержание кадмия в образцах прополиса Краснодарского края колеблется от 0 до 0,0988 мг/кг. Его среднее содержание составило $0,046 \pm 0,01$ мг/кг.

Нормативное содержание кадмия для прополиса составляет 1,0 мг/кг (ТР ТС 021/2011, СанПиН 2.3.2.1078-01).

В 2020-2021 г. исследовали образцы прополиса республики Адыгея, Воронежской области.

Количество кадмия в образцах республики Адыгея ($n=9$) составило $0,123 \pm 0,33$ мг/кг, с колебанием по образцам от 0,043 до 0,2 мг/кг.

Количество кадмия в образцах прополиса Воронежской области ($n=9$) составило $0,371 \pm 0,2$ мг/кг, с колебанием по образцам от 0,99 до 0,149 мг/кг.

Максимальное содержание кадмия в прополисе определено в Воронежской области

Содержание кадмия колеблется от 0 до максимально 0,37 мг/кг, что значительно ниже нормативного содержания (таблица 2). Максимальное содержание кадмия в прополисе определено в образцах Воронежской области, Республики Адыгея, Рязанской области $0,371 \pm 0,2$ мг/кг; $0,12 \pm 0,057$ мг/кг и $0,16 \pm 0,02$ мг/кг соответственно. ТР ТС 021/2011, СанПиН 2.3.2.1078-01 предусматривает содержание кадмия в прополисе на уровне 1,0 мг/кг.

В период наблюдения содержание кадмия в прополисе не превышал ПДК.

Заключение

Оценка токсичности прополиса при помощи атомно-адсорбционного спектрофотометра помогла выявить содержание токсичных элементов в образцах прополиса Рязанской, Воронежской, Волгоградской областей, Краснодарского края, Республики Адыгея, Чечни.

Определенное количество свинца в прополисе Краснодарского края в разные годы превышает нормативы ПДК в 3,8-12,33 раза.

Количество свинца в образцах Волгоградской области превышает ПДК в среднем в 15,16 раза, Воронежской области в 11,35 раза; республики Адыгея в 8,32 раза.

Среднее содержание свинца в прополисе Рязанской области составляет $5,62 \pm 0,69$ мг/кг. Превышение предельно допустимой концентрации свинца в прополисе в разные годы сбора в среднем составило от 1,41 до 13,19 раза.

Содержание кадмия в прополисе Краснодарского края колеблется $0,046 \pm 0,01$ от 0 до 0,098 мг/кг. В прополисе Рязанской области содержание кадмия колеблется от 0,05 до 0,3 мг/кг. В прополисе Волгоградской и Воронежской областей содержание кадмия не превышает ПДК (1,0 мг/кг).

Количество свинца в прополисе, превышающее нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01, согласуется с данными Мурашовой Е.А. и Лебедева В.И. и Еськова Е.К. [14,15].

Использование прополиса, загрязненного токсичными элементами (Pb, Cd) при переработке и апитерапии приводит к нежелательным последствиям для организма человека.

В процессе фракционирования прополиса с помощью этилового спирта, воды коэффициент перехода свинца в раствор составляет 0,05, коэффициент перехода кадмия – 0

В действующей нормативной документации (СанПиН 2.3.2.1078-01; ТР ТС 021/2011) содержание свинца в прополисе нормируется 1,0 мг/кг; в связи с полученными данными о достаточно высоком содержании свинца в прополисе в исследуемых районах (республика Адыгея, Краснодарский край, Волгоградская область, Воронежская область, Рязанская область,) рекомендуется пересмотр нормативов технической документации.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что нативный прополис может служить биоиндикатором для проведения биомониторинга регионов, загрязненных токсичными элементами и тяжелыми металлами.

Список источников

1. Лебедев, В. И. Научно-обоснованный регламент производства продуктов пчеловодства / В. И. Лебедев, М. Н. Харитоновна // Пчеловодство. – 2017. – № 2. – С. 46-50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=2977134>
2. Кайгородов, Р. В. Динамика минерального состава прополиса в процессе его промышленной переработки / Р. В. Кайгородов, И. Н. Карташова // Вестник пермского университета. Биология. – 2016. – № 2. – С. 102-109. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26335928>
3. Русакова, Т. М. Миграция токсичных элементов в продуктах пчеловодства / Т. М. Русакова, Л. А. Бурмистрова, В. М. Мартынова // Пчеловодство. – 2014. – № 6. – С. 14-15. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21848812>
4. Totic, S. Mineral composition of selected Serbian propolis samples / S. Totic et al. // Journal of apicultural science. – 2017. – N 61(1). – P. 5-15. – URL: <https://doi.org/10.1515/JAS-2017-0001>
5. Bonsucesso, J. S. Metals in geopropolis from beehive of *Melipona scutellaris* in urban environments / J. S. Bonsucesso et al. // Science of the Total Environment. – 2018. – N 634. – P. 687-694. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.022>



6. Hodel, K. V. Metal content of nutritional and toxic value in different types of Brazilian propolis / K. V. Hodel et al. // *The Scientific World Journal*. – 2020. – e 4395496. – URL: <https://doi.org/10.1155/2020/4395496>
7. Matuszewska, E. Multielemental analysis of bee pollen, propolis, and royal jelly collected in west-central Poland / E. Matuszewska et al. // *Molecules*. – 2021. – N 26(9). – P. 2415. – URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26092415>
8. Мурашова, Е. А. Основные факторы, определяющие накопление ядных элементов пчелами и медовыми продуктами / Е. А. Мурашова и др. // *Международный журнал о транзакциях в области инженерии, менеджмента и прикладных наук и технологий*. – 2020. – № 3. – С. 1-14. – URL: <https://doi.org/10.14456/IJEMAST.2020.54>
9. Fleche, C. Contamination des produits de la ruche et risques pour la santé humaine: situation en France / C. Fleche et al. // *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. – 1997. – N 16(2). – P. 609-619. – URL: <https://doi.org/10.20506/RST.16.2.1049>
10. Bogdanov, S. Acaricide residues in some bee products / S. Bogdanov, V. Kilchenmann, A. Imdorf // *Apiculture Research*. – 1998. – N 37 (2). – P. 57-67. – URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.1998.111100956>
11. Еськов, Е. К. Перенос тяжелых металлов из почвы через медоносные растения в тело пчел и продукты пчеловодства / Е. К. Еськов, М. Д. Еськова // *Пчеловодство*. – 2019. – № 5. – С. 10-12. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38512870>
12. Пастухова, М.А. Особенности накопления тяжелых металлов в системе почва-растение-пчела-продукты пчеловодства / М.А. Пастухова и др. // *Природопользование*. – 2016. – № 30. – С. 70-75. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36408292>
13. Фаткуллин, Р. Р. Оценка загрязнённости трофической цепи «почва – растение – тело пчелы – продукция пчеловодства» тяжёлыми металлами в условиях лесостепной зоны Южного Урала / Р. Р. Фаткуллин, Ю. А. Гизатулина // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 3. – С. 251-253. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29747078>
14. Осинцева, Л. А. Накопление тяжелых металлов в продуктах пчеловодства / Л. А. Осинцева, К. Я. Мотовилов, В. И. Коркина // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – № 2. – С. 88-90. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14617374>
15. Finger, D. Propolis as an indicator of environmental contamination and toxicology / D. Finger et al. // *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. – 2014. – N 92(3). – P. 259-264. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-014-1199-4>
16. Orsi, R. O. Toxic metals in the crude propolis and its transfer rate to the ethanolic extract / R. O. Orsi et al. // *Sociobiology*. – 2018. – N 65(4). – P. 640-644. – URL: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3379>
17. Сафиуллин, Р. Р., Харитоновна М. Н. Качество продуктов пчеловодства из республики Татарстан / Р. Р. Сафиуллин, М. Н. Харитоновна // *Пчеловодство*. – 2013. – № 4. – С. 6-9. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20135280>
18. Soós, Á. Element composition of propolis tinctures prepared from Hungarian raw propolis / Á. Soós et al. // *LWT*. – 2022. – N 154. – e112762. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112762>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Lebedev, V. I. *Nauchno-obosnovannyj reglament proizvodstva produktov pchelovodstva* / V. I. Lebedev, M. N. Haritonova // *Pchelovodstvo*. – 2017. – № 2. – S. 46-50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=2977134>
2. Kajgorodov, R. V. *Dinamika mineral'nogo sostava propolisa v processe ego promyshlennoj pererabotki* / R. V. Kajgorodov, I. N. Kartashova // *Vestnik permskogo universiteta. Biologiya*. – 2016. – № 2. – S. 102-109. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26335928>
3. Rusakova, T. M. *Migraciya toksichnyh elementov v produktah pchelovodstva* / T. M. Rusakova, L. A. Burmistrova, V. M. Martynova // *Pchelovodstvo*. – 2014. – № 6. – S. 14-15. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21848812>
4. Tomic, S. *Mineral composition of selected Serbian propolis samples* / S. Tomic et al. // *Journal of apicultural science*. – 2017. – N 61(1). – R. 5-15. – URL: <https://doi.org/10.1515/JAS-2017-0001>
5. Bonsucesso, J. S. *Metals in geopropolis from beehive of *Melipona scutellaris* in urban environments* / J. S. Bonsucesso et al. // *Science of the Total Environment*. – 2018. – N 634. – R. 687-694. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.022>
6. Hodel, K. V. *Metal content of nutritional and toxic value in different types of Brazilian propolis* / K. V. Hodel et al. // *The Scientific World Journal*. – 2020. – e 4395496. – URL: <https://doi.org/10.1155/2020/4395496>
7. Matuszewska, E. *Multielemental analysis of bee pollen, propolis, and royal jelly collected in west-central Poland* / E. Matuszewska et al. // *Molecules*. – 2021. – N 26(9). – R. 2415. – URL: <https://doi.org/10.3390/molecules26092415>
8. Murashova, E. A. *Osnovnye faktory, opredelyayushchie nakoplenie yadnyh elementov pchelami i medovymi produktami* / E. A. Murashchova i dr. // *Mezhdunarodnyj zhurnal o tranzakciyah v oblasti inzhenerii*,



menedzhmenta i prikladnyh nauk i tekhnologij. – 2020. – № 3. – S. 1-14.– URL: <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.54>

9. Fleche, C. Contamination des produits de la ruche et risques pour la santé humaine: situation en France / C. Fleche et al. // *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. – 1997. – N 16(2). – R. 609-619. – URL: <https://doi.org/10.20506/RST.16.2.1049>

10. Bogdanov, S. Acaricide residues in some bee products / S. Bogdanov, V. Kilchenmann, A. Imdorf // *Apiculture Research*. – 1998. – N 37 (2). – R. 57-67. – URL: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.1998.11100956>

11. Es'kov, E. K. Perenos tyazhelyh metallov iz pochvy cherez medonosnye rasteniya v telo pchel i produkty pchelovodstva / E. K. Es'kov, M. D. Es'kova // *Pchelovodstvo*. – 2019. – № 5. – S. 10-12. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38512870>

12. Pastuhova, M.A. Osobennosti nakopleniya tyazhelyh metallov v sisteme pochva-rastenie-pchela-produkty pchelovodstva / M.A. Pastuhova i dr. // *Prirodopol'zovanie*. – 2016. – № 30. – S. 70-75. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36408292>

13. Fatkullin, R. R. Ocenka zagryaznyonosti troficheskoy cepi «pochva – rastenie – telo pchely – produkcija pchelovodstva» tyazhyolymi metallami v usloviyah lesostepnoj zony YUzhnogo Urala / R. R. Fatkullin, YU. A. Gizatulina // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2017. – № 3. – S. 251-253. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29747078>

14. Osinceva, L. A. Nakoplenie tyazhelyh metallov v produktah pchelovodstva / L. A. Osinceva, K. YA. Motovilov, V. I. Korkina // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. – 2010. – № 2. – S. 88-90. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14617374>

15. Finger, D. Propolis as an indicator of environmental contamination and toxicology / D. Finger et al. // *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. – 2014. – N 92(3). – R. 259-264. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-014-1199-4>

16. Orsi, R. O. Toxic metals in the crude propolis and its transfer rate to the ethanolic extract / R. O. Orsi et al. // *Sociobiology*. – 2018. – N 65(4). – R. 640–644. – URL: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3379>

17. Safiullin, R. R., Haritonova M. N. Kachestvo produktov pchelovodstva iz respubliky Tatarstan / R. R. Safiullin, M. N. Haritonova // *Pchelovodstvo*. – 2013. – № 4. – S. 6-9. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20135280>

18. Soós, Á. Element composition of propolis tinctures prepared from Hungarian raw propolis / Á. Soós et al. // *LWT*. – 2022. – N 154. – e112762. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112762>

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

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

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

Author Information

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

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

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 03.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 03.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 30-38
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 30-38

Научная статья
УДК 619:614.9
DOI: 10.36508/RSATU.2023.60.91.005

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КРОЛИКОВ

Виктория Юрьевна Гречникова¹✉, Ирина Анатольевна Кондакова²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г.Рязань, Россия

¹ vika.09051996@mail.ru

² irina20175@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Изучить влияние широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы на общее состояние, гематологический и биохимический статус беспородных кроликов.

Методология. Объектом исследования послужили 6 кроликов. В качестве источника широкополосного излучения использовалось опытное устройство Каракал (Carakal) МИО-401. Для оценки влияния на общее состояние кроликов обращали внимание на температуру тела, частоту пульса и дыхательных движений, а также сравнивали поведение животных опытной группы до и после облучения. При изучении гематологического и биохимического статуса во внимание брали следующие показатели: лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, гематокрит, тромбоциты, лимфоциты, гранулоциты, а также общий белок, альбумины, глобулины, мочевую кислоту, креатинин, АСТ, АЛТ, общий билирубин, щелочную фосфатазу, фосфор, кальций, магний.

Результаты. В процессе экспериментального периода нетипичного поведения у кроликов опытной группы не наблюдалось, животные были активны, агрессия и беспокойство отсутствовали. После облучения ксеноновой лампой у животных опытной группы такие клинические показатели как температура тела, частота дыхательных движений и пульса находились в пределах физиологической нормы. В гематологическом статусе кроликов опытной группы отмечалось увеличение лейкоцитов на 1,8-10,4 %, эритроцитов – 10-14,2 %, гемоглобина и гематокрита на 1,73-8,13 % и 1-6,6 % в пределах референсных границ. Биохимические показатели опытной группы увеличивались в пределах физиологической нормы следующим образом: общий белок – 2,94-4,4 %, альбумины и глобулины – 16-17,8 % и 4,07-8,14 % соответственно, глюкоза на 5,2-9,2 %, ферменты АСТ и АЛТ на 15,75-31,25 % и 6,6-17,5 %, мочевая кислота на 10,17-13,84 %, креатинин на 0,6-1,29 %, общий билирубин – 4,9-6,23 %, щелочная фосфатаза – 9,28-21,72 %, фосфор, кальций и магний на 5,26-15,8 %, 8,99-19,6 % и 9,75-22 % соответственно.

Заключение. В процессе исследования не выявлено негативного влияния широкополосного излучения на общее состояние кроликов. Гематологический и биохимический статусы находятся в пределах физиологической нормы. Рекомендуется использование широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы для проведения обеззараживания помещений в присутствии животных.

Ключевые слова: широкополосное излучение, Каракал (Carakal) МИО-401, биохимическое исследование крови, гематологический статус, кролики

Для цитирования: Гречникова В.Ю., Кондакова И.А. Влияние широкополосного излучения на кроликов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 30-38, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.60.91.005>

Original article

THE EFFECT OF BROADBAND RADIATION ON RABBITS

Victoria Yu. Grechnikova¹✉, Irina A. Kondakova²

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ vika.09051996@mail.ru

² irina20175@mail.ru

© Гречникова В.Ю., Кондакова И.А., 2023 г.

**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of this research was to study the effect of broadband radiation of a pulsed xenon lamp on the general condition, hematological and biochemical status of outbred rabbits.

Methodology. The object of the study included 6 rabbits. Experimental device Carakal MIO-401 was used as a source of broadband radiation. To assess the effect on the general condition of rabbits, attention was paid to body temperature, pulse rate and respiratory movements, and the behavior of the animals of the experimental group before and after irradiation was compared. When studying the hematological and biochemical status, the following parameters were taken into account: leukocytes, erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, platelets, lymphocytes, granulocytes, as well as total protein, albumins, globulins, uric acid, creatinine, alkaline phosphatase, phosphorus, calcium, magnesium.

Results. During the experimental period, no atypical behavior was observed in the experimental group, the animals were active, aggression and anxiety were absent. After irradiation with a xenon lamp the animals of the experimental group had such clinical indicators as body temperature, respiratory rate and pulse rate within the physiological norm. In the hematological status of the rabbits of the experimental group, there was an increase in leukocytes by 1.8-10.4%, erythrocytes - 10-14.2%, hemoglobin and hematocrit by 1.73-8.13% and 1-6.6% within reference borders. The biochemical parameters of the experimental group increased within the physiological norm as follows: total protein - 2.94-4.4%, albumins and globulins - 16-17.8% and 4.07-8.14%, respectively, glucose by 5.2-9.2%, AST and ALT enzymes by 15.75-31.25% and 6.6-17.5%, uric acid by 10.17-13.84%, creatinine by 0.6-1.29 %, total bilirubin - 4.9-6.23%, alkaline phosphatase - 9.28-21.72%, phosphorus, calcium and magnesium by 5.26-15.8%, 8.99-19.6% and 9.75-22%, respectively.

Conclusion. During the study, no negative effect of broadband radiation on the general condition of rabbits was revealed. Hematological and biochemical status was within the physiological norm. It is recommended to use broadband radiation of a pulsed xenon lamp for decontamination of premises when animals are in.

Key words: broadband radiation, Carakal MIO-401, biochemical blood test, hematological status

For citation: Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A. The effect of broadband radiation on rabbits // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No 1. P 30-38 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.60.91.005>

Введение

Основной задачей всех агропромышленных комплексов нашей страны является обеспечение продовольственной безопасности. Так как помимо внутренней реализации продукции животноводства сырье экспортируют в другие страны, обязательным условием является поддержание благополучия по инфекционным болезням [1].

Во многих областях Российской Федерации ежегодно увеличивается объем экспорта, что, в свою очередь, еще больше повышает значимость эпизоотического благополучия субъектов.

За последние несколько лет зафиксированы случаи инфекционных заболеваний различных видов животных. Подобные данные оставляют открытым вопрос проведения эффективных и качественных мер, связанных со своевременной профилактикой и борьбой с инфекционными болезнями [2, 3].

Как известно, микроорганизмы имеют способность адаптации к различным факторам (экологическим, физико-химическим). Так, их ключевым защитным механизмом могут быть споры и биопленки, что позволяет микробам выживать в присутствии активного агента. Данный феномен позволяет патогенам формировать устойчивость ко многим дезинфицирующим средствам, которые активно используются в практике ветеринарными специалистами [4].

Поэтому при выборе методов и средств, направленных на предотвращение возникновения или развития инфекционных болезней, необходимо брать во внимание способность патогенов к самосохранению.

В настоящее время на рынке существует

огромное количество дезинфицирующих средств различной природы (химической, физической) [5].

Однако особого внимания заслуживают экологически чистые физические методы дезинфекции, основанные на использовании УФ-излучения [6].

УФ-излучение, как способ обеззараживания воздуха и поверхностей, был известен еще в середине XX века. Он является наиболее простым в использовании, эффективным и экономически не затратным.

Кроме этого, механизм действия бактерицидного спектра УФ-излучения во многом отличается от такого у дезинфектантов. Это связано с тем, что УФ-излучение не образует вредных радикалов и не изменяет состава среды [7].

Механизм его бактерицидного влияния строится на способности излучения обуславливать разрыв связей в молекуле ДНК, в результате чего формируются новые молекулы. Из-за такой перестройки у патогенных агентов теряется способность к размножению [5].

Весь спектр ультрафиолетового излучения делится на несколько участков:

- 1) спектр А (315-400 нм),
- 2) спектр В (280-315 нм),
- 3) спектр С (200-280 нм),
- 4) вакуумный (100-200 нм).

Считается, что максимальная гибель микроорганизмов наблюдается при длине волны порядка 265 нм (спектр С) [8].

Эффективность бактерицидного действия УФ-излучения во многом зависит непосредственно от длины волны излучения и ее дозы. Подобный критерий всегда остается одинаковым для многих видов микроорганизмов. Так, считается, что к



бактерицидному спектру наиболее чувствительны бактерии в вегетативной форме, вирусы. Менее же чувствительны представители простейших и грибы, а споровые формы самые устойчивые [9].

На современном этапе используется большое количество источников УФ-излучения. Широко используются газоразрядные, амальгамные, эксилампы и импульсные ксеноновые лампы.

Газоразрядные лампы были разработаны в период 1939-1940 гг. В состав данных источников УФ-излучения входит ртуть, через которую проходит электрический ток. Из подобных ламп в практике для обеззараживания воды, воздуха, поверхности помещений, люминисцентной диагностики используют ПРК-2, ПРК-4, ПРК-7, БУВ-15 и т.д [10].

Так, Мельник В.А., Ионов И.А., Кизь Т.В. и Мельник А.В. с целью снижения микробной обсемененности воздуха при содержании кур в клетках в своей работе предложили осуществлять облучение воздуха бактерицидными лампами. При данном методе обработки воздушного бассейна помещения, где содержалась птица, микробная обсемененность имела показатели даже ниже уровня предельно допустимой концентрации (ПДК) [9].

Сейчас разработано достаточно много устройств для обеззараживания воздуха за счет его рециркуляции. В основе данных приборов лежит бактерицидная способность УФ-излучения [6].

Загайнова А.В. и ряд других авторов в работе по эффективности обеззараживания облучателей-рециркуляторов дали оценку трем приборам закрытого типа различной мощности и выявили, что эффективность бактерицидного действия всех облучателей была выше 99 % при длительности обработки помещения равной 60 минутам [11].

Примером может также служить устройство для очистки рециркулируемого воздуха, разработанное Филипом Холлом.

В конструкции прибора предусмотрено средство для отвода воздуха из закрытого помещения. Работа данного устройства основана на обеззараживании воздуха при его пропускании по разным траекториям с созданием эффекта турбулентности, за счет чего осуществляется его предварительная стерилизация. Далее воздух попадает в секцию с ультрафиолетовым излучением, которая осуществляет облучение отводимого воздуха, после чего возвращает его обратно в воздухозаборник [12].

Отрицательным моментом данного устройства может быть его недостаточно высокая способность обеззараживать воздух, так как перечисленные особенности конструкции не могут в полной мере гарантировать максимальной бактерицидной эффективности в проходимом воздушном потоке.

Амальгамные лампы, как аналог газоразрядных, несколько отличаются от последних. Во-первых, в их составе ртуть находится в связанном состоянии с различными элементами в виде сплавов, например, висмут. Данное состояние называ-

ется амальгам.

В газоразрядных лампах ртуть содержится в свободном состоянии, что в случае разгерметизации может привести к загрязнению окружающей среды, а это имеет важное экологическое значение [7].

Кроме этого, КПД газоразрядных ламп не превышает 10-15 %, в то время как у амальгамных КПД в разы больше и составляет 35-40 %. Также у амальгамов высокая мощность – порядка 2-3 Вт/см². Колба бактерицидных амальгамных ламп изготовлена из специального кварца, который не пропускает коротковолновое ультрафиолетовое излучение ниже 200 нм, поэтому эти лампы не создают озона или других вредных веществ в воздухе.

Однако и у амальгамных ламп есть ряд недостатков. А именно, несмотря на небольшое количество свободной ртути, всего 0,03 мг, все равно будет сохраняться опасность попадания данного элемента во внешнюю среду в случае повреждения лампы, особенно если она находится в нагретом состоянии [13, 14].

Беря этот факт во внимание, в последние несколько лет большое внимание стали уделять разработке аналогов амальгамных и газоразрядных ламп, в основе которых будут не пары ртути, а инертные газы, галогены или смесь инертных газов с галогенами; примерами являются эксилампы и импульсные ксеноновые лампы [15].

В состав эксиламп входит ограниченный набор эксимерных молекул. Генерируемое ими излучение во многом зависит от состава ламп и не поддается свободному регулированию. Так, например, если используются эксилампы на димерах ксенона, длина волны составляет 172 нм; на молекулах криптона-хлора (KrCl) длина волны составляет 222 нм, ксенон-брома (XeBr) – 283 нм, ксенон-хлора (XeCl) – 308 нм. Из примера видно, что большая часть лучистого потока находится в узкой спектральной зоне и может не соответствовать бактерицидному диапазону [16].

Кроме этого, несмотря на плюс относительно состава, эксилампы имеют низкую плотность мощности, которая едва достигает 10 мВт/см² и очень низкий КПД – лишь 5-5,5 %. Все это в сочетании с высокой стоимостью оборудования не дает основания для широкомасштабного использования в условиях сельскохозяйственных предприятий.

Ряд авторов в своей работе уже изучали влияние бактерицидного излучения эксиламп на чистые культуры микроорганизмов, в частности, на *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *p. Sarcina*, *p. Pseudomonas* и *p. Bacillus*. В процессе эксперимента было отмечено, что используемые объекты исследования обладают различной чувствительностью к действию эксиламп, но само излучение эксиламп не обладает избирательностью и на все используемые в данной работе чистые культуры микроорганизмов действует губительно [17].

Еще одним представителем безртутных источников являются импульсные ксеноновые лампы, представляющие собой электрическую дугу, заполненную ксеноновой плазмой.



Использование подобных источников имеет ряд преимуществ перед описанными выше.

Так, создаваемое ими излучение характеризуется сплошным спектром (200-1500 нм), что в совокупности с высокими показателями интенсивности излучения и мощности, превышающими пороговые значения (1-3 кВт/см²), губительно действует на клеточные структуры (белки, нуклеиновые кислоты, биомембраны), характеризуется высокой биоцидной активностью [18].

Объясняется такой результат механизмом влияния импульсных ксеноновых ламп, отличающимся от ранее описанного.

Так, если при воздействии УФ-излучения ртутных ламп происходит разрыв связей в молекуле ДНК и образование новых, в результате чего микроорганизмы теряют способность к размножению, то под воздействием импульсного излучения в работу вступает еще один этап, который заключается в разрушении патогенных клеток посредством их перегрева при поглощении всего УФ-излучения, что значительно повышает бактерицидную эффективность.

Помимо высоких показателей бактерицидной эффективности импульсное широкополосное излучение оказывает и фитотерапевтическое действие на организм. Так, диапазон 280-315 нм обладает ранозаживляющим и иммуностимулирующим действием, а диапазон 351-400 нм – обезболивающим и противовоспалительным свойством [19].

На сегодняшний день устройств для обеззараживания воздуха, в основе работы которых лежит бактерицидная способность импульсных ксеноновых ламп, не так много. В основном они активно используются в медицине. Поэтому для ветеринарии данная тема остается актуальной.

Цель исследования: изучение влияния широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы на общее состояние, гематологический и биохимический статус беспородных кроликов.

Материалы и методы исследования

Оценку влияния широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы на общее состояние, гематологический и биохимический статус кроликов проводили на кафедре эпизоотологии, микробиологии и паразитологии ФГБОУ ВО РГА-ТУ, вивария факультета ветеринарной медицины и биотехнологии и в лаборатории на базе ветеринарной клиники «Вита» города Рязани в 2022 году.

Источником широкополосного излучения послужило опытное устройство Каракал (Carakal) МИО-401 (рис. 1), который был разработан специалистами АО «Рязанский государственный приборный завод».

Само опытное устройство представляет собой конструкцию, состоящую из основных частей: сервисный блок и облучатель. Принцип работы прибора основан на генерировании широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампой (ИКЛ).

Работа прибора осуществляется в импульсно-периодическом режиме с частой импульсов ± 5 Гц и электрической мощностью 100 Вт, импульсная мощность широкополосного излучения составля-

ет 24 кВт.

В качестве объектов исследования были отобраны 6 кроликов возрастом 5 лет и средней массой 3 кг. Кролики были разделены на две группы (опытная и контрольная) с учетом принципа аналогов. Обе группы находились в одинаковых условиях содержания и кормления на протяжении всего эксперимента.

Кроликов, относящихся к опытной группе, для свободного воздействия широкополосного излучения помещали в индивидуальные лабораторные клетки, которые не препятствовали воздухообмену. Облучение производили на протяжении 4-х дней по 2 минуты ежедневно, что соответствует 240 импульсам. Кролики контрольной группы облучению не подвергались.

На протяжении опыта оценивали поведение кроликов опытной группы до облучения и после него, общее состояние животных (температура тела, частота дыхательных движений и пульса), а также их гематологические и биохимические показатели.

Пробы крови у кроликов опытной и контрольной групп отбирались из ушной вены в день облучения, на 4-й и 8-й дни после.



Рис. 1 – Каракал (Carakal) МИО-401 (Fig.1 – Carakal MIO-401)

При изучении компонентов крови обращали внимание на содержание лейкоцитов, лимфоцитов, эритроцитов, гранулоцитов, тромбоцитов, гемоглобина и гематокрита.

В сыворотке крови определяли общий белок, альбумины, глобулины, глюкозу, общий билирубин, креатинин, мочевины, АЛТ, АСТ, щелочную фосфатазу, фосфор, кальций и магний.

Клинический анализ крови был выполнен на анализаторе гематологическом «MicroCC-20 Plus», биохимическое исследование проводили на



полуавтоматическом анализаторе «Clima MC 15».

Результаты проведенного эксперимента были проанализированы и обработаны, построение диаграмм проводили в MS Excel (2010), достоверность полученных в ходе эксперимента результатов вычисляли по методу Н.В. Садовского с использованием таблицы Стьюдента-Фишера, дополнительная обработка достоверности внутри контрольных данных осуществлялась с использованием критерия Уилкоксона.

Результаты исследования

В течение всего эксперимента по воздействию широкополосного излучения на организм животных в поведении кроликов опытной группы

не наблюдалось изменений. Как и животные контрольной группы, кролики были активны как до воздействия импульсной ксеноновой лампой, так и непосредственно после; нетипичного поведения, угнетенного состояния, повышенного беспокойства и агрессии отмечено не было.

При клиническом исследовании кроликов опытной группы до облучения и после температура тела находилась в пределах физиологической нормы, частота пульса и дыхательных движений не превышала допустимых границ.

Результаты общего анализа крови кроликов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Гематологические изменения в крови кроликов в динамике.

Показатели крови	Группы кроликов						Норма
	1-й день		4-й день		8-й день		
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	
Лейкоциты 10 ⁹ /л	9,74±0,26	9,86±0,14	9,92±0,05*	9,20±0,12	10,87±0,14**	8,02±0,26	3-15
Лимфоциты 10 ⁹ /л	3,89±0,5	3,24±0,23	3,90±0,17	3,43±0,3	4,28±0,24	3,30±0,17*	1,5-9
Эритроциты 10 ¹² /л	5,07±0,49	5,82±0,23	5,64±0,03	5,46±0,3	5,91±0,43*	5,24±0,5*	5-9
Гранулоциты 10 ⁹ /л	2,34±0,023	2,30±0,008	2,34±0,023	2,30±0,008	2,38±0,006*	2,25±0,16	2,8
Тромбоциты 10 ⁹ /л	225±0,17	230±0,17	229±0,14*	232±0,17	235±0,17	235±0,17	218-641
Гемоглобин g/l	113±0,17	114±0,23	115±0,23*	106±0,17**	123±0,23*	116±0,23	100-125
Гематокрит %	36,24±0,29	36,42±0,29	36,60±0,07	34,52±0,3*	38,79±0,2*	34,04±0,03	36-50

Примечание: * – P<0,05; ** – P<0,01 – в сравнение с данными 1-го дня

Анализируя полученные данные клинического анализа крови кроликов, отмечали положительную динамику.

Из данных таблицы 1 видно, что по сравнению с первым днем наблюдается повышение лейкоцитов на 4-й день на 1,8 %, на 8 день – на 10,4 %. Динамика увеличения данных элементов в пределах физиологической нормы говорит об усилении реактивных сил.

Изменения эритроцитов в клиническом анализе крови следует рассматривать в комплексе с показателями гемоглобина, гематокрита и средней концентрацией гемоглобина в эритроците. Так, на 4-й день количество эритроцитов увеличились на 10 %, к 8-му дню отмечается повышение на 14,2 %.

Гемоглобин и гематокрит на 4-й день увеличились на 1,73 % и 1 % соответственно, а на 8-й день увеличение отмечалось на 8,13 % и 6,6 %.

Комплексный анализ показателей позволяет предположить, что в организме кроликов при воздействии широкополосного излучения происходит стимуляция работы костного мозга, что приводит к усилению эритропоэза.

Количество гранулоцитов изменялось в преде-

лах физиологической нормы в следующем порядке: на 4-й день не прослеживалось колебаний в показателе, однако на 8-й день количество гранулоцитов увеличилось на 1,71 %, причем, исходя из данных таблицы, у опытной группы более интенсивно, чем у кроликов контрольной. Гранулоциты как показатель указывают на усиление иммунного ответа организма.

Тромбоцитам в организме животных отведена особая роль. Поэтому их количественные изменения в эксперименте имели важное значение. При анализе отмечалось их увеличение, не превышающее референсных границ, на 1,78- 4,44 %.

Колебания тромбоцитов в крови животных в сторону увеличения их количества может указывать на их участие в гемостазе организма кроликов при наличии внешнего воздействующего фактора. Другими словами, наблюдалась адаптационная реакция, которая и обусловила количественные изменения данных форменных элементов.

Исследование биохимических показателей сыворотки крови позволили оценить влияние широкополосного излучения на функциональную работу внутренних органов кроликов (табл. 2).



Таблица 2 – Биохимический статус кроликов в динамике при прямом воздействии плазменно-оптической лампы.

Показатели крови	Группы кроликов						Норма
	1-й день		4-й день		8-й день		
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	
Общий белок, г/л	68±0,11	73±0,17	70±0,60*	72±0,60	71±0,23**	73±0,17	54-83
Альбумины, г/л	36,7±0,90	33,3±0,46	42,6±0,10	36,80±0,30	43,2±0,18*	34,9±0,40	24-46
Глобулин, г/л	22,1±0,11	23,3±0,17	23,0±0,16**	23,5±0,16	23,9±0,17*	22,8±0,17	15-28
Глюкоза, моль/л	6,8±0,58	6,4±0,06	7,14±0,30*	6,68±0,20	7,49±0,06*	7,0±0,20	4,1-8,5
Мочевая кислота ммоль/л	3,54±0,11	3,50±0,23	3,90±0,11	3,67±0,20	4,03±0,04*	3,85±0,06	3,37-8,91
Креатинин, мкмоль/л	70,2±0,23	70,15±0,30	70,63±0,17	70,32±0,50	71,1±0,50*	70,97±0,40	69,7-155,8
Билирубин общий, ммоль/л	3,69±0,06	3,84±0,11	3,87±0,11**	4,2±0,30*	3,92±0,11**	4,52±0,12*	0-13
Щелочная фосфатаза, ед/л	38,8±0,12	41,2±0,87	42,4±0,23*	41,9±0,12	47,23±0,60*	42,01±0,17	19-173
АЛТ, Ед/л	57±0,30	58±0,11	61±0,17*	60±0,20	67±0,87*	63±0,60	48-80
АСТ, Ед/л	32±0,50	31±0,20	38±0,60*	38±0,60	42±0,30*	40±0,20	14-113

Примечание: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$ – в сравнение с данными 1 – го дня.

Такие показатели белкового обмена как общий белок, альбумины и глобулины в течение опытного периода имели тенденцию к повышению. Общий белок на 4-й и 8-й день увеличился на 2,94 % и 4,4 %.

Содержание альбуминов увеличивалось к 4-му дню на 16 %, к 8-му дню – на 17,8 % по сравнению с первым днем.

У показателя глобулинов отмечается повышение на 4,07 % и на 8,14 % к 4-му и 8-му дню соответственно.

Изучение динамики изменений данных показателей может указывать на ряд процессов в организме кроликов. Так, повышение общего белка и альбуминов говорит о нормализации метаболических процессов, а увеличение глобулинов указывает на усиление защитных сил.

Глюкоза является центральным звеном в углеводном обмене, поэтому ее повышение в пределах физиологических границ на 4-й день на 5,2 %, а на 8-й день практически на 9,2 % указывает на усиление последнего.

Печеночные ферменты АЛТ и АСТ увеличились к -му дню на 6,6 % и 15,75 % соответственно. На 8-й день повышение отмечалось на 17,5 % и 31,25 %. Повышение данных показателей в пределах физиологической нормы указывает на нормальную работу печени и, как следствие, отсутствие негативного влияния на нее со стороны широкополосного излучения.

По показателям мочевины и креатинина можно судить об изменениях в функциональной работе почек и печени.

Согласно интерпретированным данным мочевины и креатинин увеличивались в пределах нормы. За исследуемый период мочевина выросла

на 10,17-13,84 %, креатинин – на 0,6-1,29 %. Такие изменения могут указывать на нормальную работу органов.

Общий билирубин в течение 8 дней повышался у животных обеих групп. Однако согласно таблице 2 у кроликов опытной группы значение билирубина было ниже, чем у кроликов контрольной группы. Так, на 4-й день он увеличился на 4,9 %, на 8-й день – на 6,23 %, что может говорить о положительном воздействии широкополосного излучения.

При анализе щелочной фосфатазы в сыворотке крови наблюдалось увеличение ее активности у опытных животных на 9,28 % и 21,72 %, что говорит о благоприятном влиянии широкополосного излучения на окислительно-восстановительные процессы в организме кроликов.

Также следует уделить большое внимание изменениям кальция, фосфора и магния (рис. 2).

Три перечисленных элемента входят в состав костной ткани, а также играют важную роль во многих процессах в организме животных: углеводный, липидный обмены, регуляция кислотно-щелочного равновесия, ферментативная и иммунологическая активность (стимулирование выработки антител, повышение фагоцитарной активности лейкоцитов).

Согласно полученным данным отмечается динамичное увеличение показателей в сыворотке крови в пределах нормы. По данным рисунка 3 кальций на 4-й день увеличился на 8,99 %, на 8-й день – на 19,6 %. Фосфор и магний на 4-й день исследования увеличились на 5,26 % и 9,75 %, а на 8-й день показатели по сравнению с первым днем изменились на 15,8 % и 22 % соответственно.

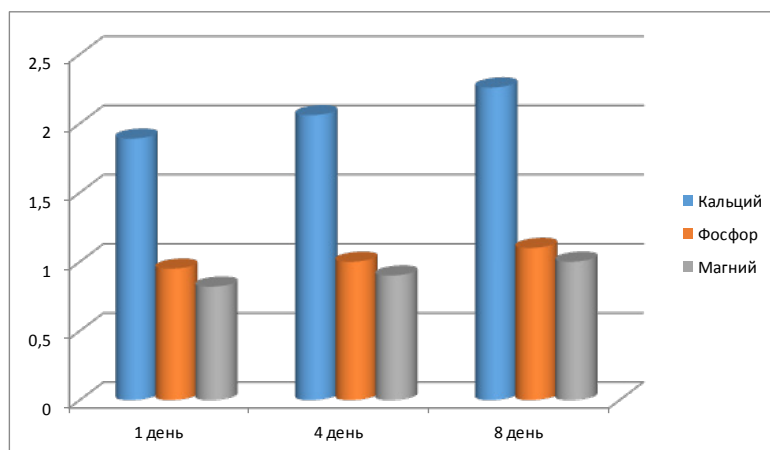


Рис. 2 – Количественные изменения показателей кальция, фосфора и магния при биохимическом исследовании крови кроликов

(Fig.2 – Quantitative changes in calcium, phosphorus and magnesium in a biochemical study of rabbits' blood)

Заключение

1. В процессе исследования бактерицидного излучения импульсной ксеноновой лампы не было отмечено его негативного влияния на общее состояние кроликов опытной группы: температура тела, частота дыхательных движений и пульса находились в пределах физиологической нормы. В поведении кроликов опытной группы после воздействия облучения не наблюдалось агрессии и беспокойства, животные были активны.

2. При изучении влияния широкополосного излучения импульсной ксеноновой лампы отрицательных изменений гематологического и биохимического статуса кроликов опытной группы обнаружено не было, все показатели находились в пределах физиологической нормы. Данные результаты указывают на отсутствие негативного влияния излучения на организм животных.

3. Согласно результатам проведенного эксперимента можно рекомендовать использование широкополосного излучения с целью обеззараживания животноводческих помещений в присутствии животных.

Список источников

1. Федотова, Е.А. Агропромышленный комплекс как основа обеспечения продовольственной безопасности России / Е.А. Федотова, Н.П. Купрещенко // Вестник экономической безопасности. – 2015. – №1. – С. 52-57. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agropromyshlennyy-kompleks-kak-osnova-obespecheniya-prodovolstvennoy-bezopasnosti-rossii>

2. Павлик, К.С. Мониторинг заболеваний вирусной и бактериальной этиологии у животных и птиц / К.С. Павлик, О.А. Столбова // Известия ОГАУ. – 2022. – №3 (95). – С. 280-283. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-zabolevaniy-virusnoy-i-bakterialnoy-etologii-u-zhivotnyh-i-ptits>

3. Высокопатогенный грипп птиц в мире: стратегии вакцинации (обзор) / О.И. Захарова, О.А. Бузова, Н.Н. Торопова [и др.] // Аграрная наука Северо-Востока. – 2022. – №3. – С. 295-305. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vysokopatogennyy-gripp-ptits-v-mire-strategii-vaksinatsii-obzor>

4. Хрянин, А.А. Биоплёнки микроорганизмов: современные представления / А.А. Хрянин // Антибиотики и химиотерапия. – 2020. – №5-6. – С. 70-77. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioplionki-mikroorganizmov-sovremennye-predstavleniya>

5. Новые технологии в производстве дезинфицирующих средств / Е.Н. Прянишникова, К.И. Чекалина, Н.З. Минаева [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2009. – №6. – С. 33-35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-v-proizvodstve-dezinfitsiruyuschih-sredstv>

6. Костюченко, С.В. УФ-технологии для обеззараживания воды, воздуха и поверхностей: принципы и возможности / С.В. Костюченко, А.А. Ткачев, Т.Н. Фроликова // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2020. – №5. – С. 112-119 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uf-tehnologii-dlya-obezzarazhivaniya-vody-vozdusha-i-poverhnostey-printsipy-i-vozmozhnosti>

7. Горшенин, А. П. Исследование эффективности внедрения новых технологий для обеззараживания питьевой воды / А.П. Горшенин, Е.В. Гарасько // Вестник ИВГМА. – 2009. – Т.14. – С. 88. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-vnedreniya-novyh-tehnologiy-dlya-obezzarazhivaniya-pitievoy-vody>

8. Семенова, А. С. Перспективы применения УФ-излучения для дезинфекции помещений / А. С. Семенова, В. Ю. Гречникова, И. А. Кондакова // Сб.: Научно-практические достижения молодых учёных как основа развития АПК : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Рязань. – 2020. – С. 269-274. – EDN IFPNXF.

9. Генерация вакуумного ультрафиолетового излучения (185 нм) амальгамной лампой низкого давления / Л.М. Василяк, А.Л. Дриго, Л.А. Дроздов [и др.] // Труды МФТИ. – 2010. – №3. – С. 66-70. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/generatsiya-vakuumnogo-ultrafioletovogo-izlucheniya-185-nm>



amalgamnoy-lampoy-nizkogo-davleniya

10. Технологические приемы улучшения микроклимата в птичниках и снижения загрязнения окружающей среды / В.А. Мельник, И.А. Ионов, Т.В. Кизь [и др.] // Сб.: Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве: Материалы XVII Международной конференции. – Сергиев Посад, 2012. – С. 365-366. – EDN VDPWZD.

11. Оценка эффективности использования УФ-облучателей рециркуляторного типа для обеззараживания воздушной среды в закрытых помещениях / А. В. Загайнова, М. А. Сухина, Т. З. Артемова [и др.] // Бактериология. – 2019. – Т. 4, № 1. – С. 21-27. – DOI 10.20953/2500-1027-2019-1-21-27. – EDN BJKYAA.

12. Пат. РФ № 2280473. Способ и устройство для очистки воздуха/ Холл Филип. - Опубл. 27.07.2006. 6 с.

13. Ковалева, С.В. Водородсодержащие амальгамы как диссипативные электрохимические системы / С.В. Ковалева // Вестник ТГПУ. – 1998. – №2. – С. 70-81. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodsoderzhaschie-amalgamy-kak-dissipativnye-elektrohimicheskie-sistemy>

14. Ефимова, Н. В. Проблемы, связанные с загрязнением ртутью объектов окружающей среды / Н.В. Ефимова, П.В. Коваль, В.С. Рукавишников, И.В. Безгодов // Acta Biomedica Scientifica. – 2005. – №1. – С. 127-133. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-svyazannye-s-zagryazneniem-rtutyu-obektov-okruzhayushey-sredy>

15. Гречникова, В.Ю. Обзор современных источников УФ-излучения / В.Ю. Гречникова // АграрникЪ, № 4-5 (132-133) 2022. – С. 24-27. – URL:

https://agrarnik.ru/_files/magazine205/magazine.pdf

16. Шуаибов, А.К. Характеристики многоволновой УФ–ВУФ лампы на смесь аргона, криптона и паров фреона с накачкой наносекундным барьерным разрядом / А.К. Шуаибов, А.И. Миня, Р.В. Грицак, З.Т. Гомоки // Квантовая электроника. – 2015. – № 2. – С. 185-188. – URL: https://www.researchgate.net/publication/323915567_Harakteristiki_mnogovolnovoj_UF_VUF_lampy_na_smesi_argona_kriptona_i_parov_freona_s_nakackoj_nanosekundnym_barernym_razradom

17. Бактерицидное действие ультрафиолетового излучения эксимерных и эксиплексных ламп на чистые культуры микроорганизмов / Л. В. Лаврентьева, С. М. Авдеев, Э. А. Соснин, [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2008. – № 2(3). – С. 18-27. – EDN KGCTMF.

18. Гречникова, В. Ю. Изучение влияния высокоинтенсивного импульсного оптического УФ-излучения ксеноновой лампы на чистые культуры микроорганизмов / В. Ю. Гречникова, И. А. Кондакова, Д. В. Григоренко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1(49). – С. 5-12. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.001. – EDN YPJHYU.

19. Гречникова, В. Ю. Использование широкополосного излучения для снижения микробной обсемененности воздуха животноводческого помещения и оценка его эффективности / В. Ю. Гречникова, И. А. Кондакова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2(63). – С. 69-75. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-63-2-69-75. – EDN OMFZDE.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Fedotova, E.A. Agropromyshlennyj kompleks kak osnova obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii / E.A. Fedotova, N.P. Kupreshchenko // Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. – 2015. – №1. – С. 52-57. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agropromyshlennyj-kompleks-kak-osnova-obespecheniya-prodovolstvennoj-bezopasnosti-rossii>

2. Pavlik, K.S. Monitoring zabolevanij virusnoj i bakterial'noj etiologii u zhivotnyh i ptic/ K.S. Pavlik, O.A. Stolbova // Izvestiya OGAU. - 2022. - №3 (95). – С. 280-283. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-zabolevanij-virusnoj-i-bakterialnoj-etologii-u-zhivotnyh-i-ptits>

3. Vysokopatogennyj gripp ptic v mire: strategii vakcinacii (obzor) / O.I. Zaharova, O.A. Burova, N.N. Toropova [i dr.] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2022. – №3. – С. 295-305. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokopatogennyj-gripp-ptits-v-mire-strategii-vaktsinatsii-obzor>

4. Hryanin, A.A. Bioplyonki mikroorganizmov: sovremennye predstavleniya / A.A. Hryanin // Antibiotiki i himioterapiya. – 2020. – №5-6. – С. 70-77. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioplyonki-mikroorganizmov-sovremennye-predstavleniya>.

5. Novye tekhnologii v proizvodstve dezinficiruyushchih sredstv / E.N. Pryanishnikova, K.I. Chekalina., N.Z. Minaeva [i dr.] // Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika. – 2009. – №6. – С. 33-35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnologii-v-proizvodstve-dezinfitsiruyushchih-sredstv>

6. Kostyuchenko, S.V. UF-tehnologii dlya obezzarazhivaniya vody, vozduha i poverhnostej: principy i vozmozhnosti / S.V. Kostyuchenko, A.A. Tkachev, T.N. Frolikova // Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika. – 2020. – №5. – С. 112-119 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uf-tehnologii-dlya-obezzarazhivaniya-vody-vozduha-i-poverhnostej-printsiipy-i-vozmozhnosti>

7. Gorshenin, A. P. Issledovanie effektivnosti vnedreniya novyh tekhnologij dlya obezzarazhivaniya pit'evoy vody / A.P. Gorshenin, E.V. Garas'ko // Vestnik IvGMA. – 2009. – Т.14. – С. 88. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-vnedreniya-novyh-tehnologiy-dlya-obezzarazhivaniya-pit'evoy-vody>



8. Semenova, A. S. *Perspektivy primeneniya UF-izlucheniya dlya dezinfekcii pomeshchenij* / A. S. Semenova, V. YU. Grechnikova, I. A. Kondakova // *Sb.: Nauchno-prakticheskie dostizheniya molodyh uchyonih kak osnova razvitiya APK : Materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ryazan'*. – 2020. – S. 269-274. – EDN IFPNXF.

9. *Generaciya vakuumnogo ul'traioletovogo izlucheniya (185 nm) amal'gamnoj lampoj nizkogo davleniya* / L.M. Vasilyak, A.L. Drigo, L.A. Drozdov [i dr.] // *Trudy MFTI*. – 2010. – №3. – S. 66-70. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/generatsiya-vakuumnogo-ultraioletovogo-izlucheniya-185-nm-amalgamnoj-lampoy-nizkogo-davleniya>

10. *Tekhnologicheskie priemy uluchsheniya mikroklimata v ptichnikah i snizheniya zagryazneniya okruzhayushchej sredy* / V.A. Mel'nik, I.A. Ionov, T.V. Kiz' [i dr.] // *Sb.: Innovacionnye razrabotki i ih osvoenie v promyshlennom pticevodstve: Materialy XVII Mezhdunarodnoj konferencii*. – Sergiev Posad, 2012. – S. 365-366. – EDN VDPWZD.

11. *Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya UF-obluchatelej recirkulyatornogo tipa dlya obezrazhivaniya vozduшной sredy v zakrytyh pomeshcheniyah* / A. V. Zagajnova, M. A. Suhina, T. Z. Artemova [i dr.] // *Bakteriologiya*. – 2019. – T. 4, № 1. – S. 21-27. – DOI 10.20953/2500-1027-2019-1-21-27. – EDN BJKYAA.

12. Pat. RF № 2280473. *Sposob i ustrojstvo dlya oчитки vozduha* / Holl Filip. - Opubl. 27.07.2006. 6 s.

13. Kovaleva, S.V. *Vodorodsoderzhashchie amal'gamy kak dissipativnye elektrohimiicheskie sistemy* / S.V. Kovaleva // *Vestnik TGPU*. – 1998. – №2. – S. 70-81. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodsoderzhashchie-amalgamy-kak-dissipativnye-elektrohimiicheskie-sistemy>

14. *Efimova, N. V. Problemy, svyazannye s zagryazneniem rtutyu ob'ektov okruzhayushchej sredy* / N.V. Efimova, P.V. Koval', V.S. Rukavishnikov, I.V. Bezgodov // *Acta Biomedica Scientifica*. – 2005. – №1. – S. 127-133. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-svyazannye-s-zagryazneniem-rtutyu-obektov-okruzhayushchej-sredy>

15. Grechnikova, V. YU. *Obzor sovremennyh istochnikov UF-izlucheniya* / V. YU. Grechnikova // *Agrarnik*", № 4-5 (132-133) 2022. – S. 24-27. – URL: https://agrarnik.ru/_files/magazine205/magazine.pdf

16. SHuaibov, A.K. *Harakteristiki mnogovolnovoj UF-VUF lampy na smes' argona, kriptonu i parov freona s nakachkoj nanosekundnym bar'ernym razryadom* / A.K. SHuaibov, A.I. Minya, R.V. Gricak, Z.T. Gomoki // *Kvantovaya elektronika*. – 2015. – № 2. – S. 185-188. – URL: https://www.researchgate.net/publication/323915567_Harakteristiki_mnogovolnovoj_UF_VUF_lampy_na_smesi_argona_kriptona_i_parov_freona_s_nakachkoj_nanosekundnym_barernym_razryadom

17. *Baktericidnoe dejstvie ul'traioletovogo izlucheniya eksimernyh i eksipleksnyh lamp na chistye kul'tury mikroorganizmov* / L. V. Lavrent'eva, S. M. Avdeev, E. A. Sosnin, [i dr.] // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. – 2008. – № 2(3). – S. 18-27. – EDN KGCTMF.

18. *Grechnikova, V. YU. Izuchenie vliyaniya vysokointensivnogo impul'snogo opticheskogo UF-izlucheniya ksenonovoj lampy na chistye kul'tury mikroorganizmov* / V. YU. Grechnikova, I. A. Kondakova, D. V. Grigorenko // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2021. – № 1(49). – S. 5-12. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.001. – EDN YPJHYY.

19. *Grechnikova, V. YU. Ispol'zovanie shirokopolosnogo izlucheniya dlya snizheniya mikrobnogo obsemenennosti vozduha zhivotnovodcheskogo pomeshcheniya i ocenka ego effektivnosti* / V. YU. Grechnikova, I. A. Kondakova // *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*. – 2022. – № 2(63). – S. 69-75. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-63-2-69-75. – EDN OMFZDE

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Гречникова Виктория Юрьевна, аспирант кафедры эпизоотологии, микробиологии и паразитологии ФГБОУ ВО РГАТУ, vika.09051996@mail.ru

Кондакова Ирина Анатольевна, канд. вет. наук, зав. кафедрой эпизоотологии, микробиологии и паразитологии ФГБОУ ВО РГАТУ, irina20175@mail.ru

Author information

Grechnikova Victoria Yu., post-graduate student of the Department of Epizootology, Microbiology and Parasitology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, vika.09051996@mail.ru

Kondakova Irina A., Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Epizootology, Microbiology and Parasitology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, irina20175@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; одобрена после рецензирования 27.07.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 12.01.2023; approved after reviewing 27.07.2023; accepted for publication 10.03.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 39-47
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 39-47

Научная статья
УДК 574
DOI 10.36508/RSATU.2023.33.50.006

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СВИНОКОМПЛЕКСА

Ольга Алексеевна Захарова¹✉, Олег Викторович Черкасов², Ольга Валерьевна Евдокимова³

^{1,2}ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», г.Рязань, Россия

³ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Минздрава РФ, г.Рязань, Россия

¹ol-zahar-ru@yandex.ru

²ru89206345411@yandex.ru

³o.evdokimova@rzgmu.ru

Аннотация.

В программу экологического мониторинга 2022 года на территории АО «Рязанский свинокомплекс» Рязанского района Рязанской области были включены вопросы санитарно-бактериологического состояния сточных вод, сточных вод пруда-накопителя, грунтовых вод и поверхностных вод р.Рака. Качественная характеристика последних приведена в данной статье. Сейчас на комплексе содержится до 50 тыс. голов свиней годового откорма. Однако образующиеся сточные воды на орошение не используются, а поступают в пруд-накопитель, из которого систематически сбрасываются в овраг. Учитывая почвенную инфильтрацию, токсиканты поступают в поверхностные воды р. Рака, ухудшая ее санитарно-бактериологическое состояние.

Проблема и цель. Проблема утилизации сточных вод на объекте острая. Цель настоящего исследования – на основе результатов исследований дать микробиологическую оценку состояния поверхностных вод р. Рака и показать динамику их загрязнения в 1980, 1995 и 2022 годах.

Методология. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы были отобраны пробы воды в 300 м выше и 300 м ниже по течению и вблизи свинокомплекса. Почва – серая лесная сулунистая. Методы исследований общепринятые. Результаты экспериментов обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. Учитывая сложность состава сточных вод, складывающегося из собственно сточных вод свинокомплекса, хозяйственно-бытовых вод п. Искра и сточных вод пруда-накопителя, авторами рассмотрено состояние поверхностных вод реки Рака в непосредственной близости от комплекса, в 300 м выше и 300 м ниже по течению в динамике с учетом системного подхода. Микроорганизмы – обычные обитатели сред, которые способны контролировать свою численность при изменении гидрохимического состава воды. С анализом данных за 1980, 1995 и 2022 годы прослеживается динамика изменения гидрохимического состава поверхностных вод р. Рака. Максимальная нагрузка отмечена в годы орошения сточными водами, но и сейчас по многим показателям они не соответствуют санитарным нормам. Наиболее активна самоочищающая способность поверхностных вод – в 1980 году, когда свинокомплекс проработал уже 6 лет. Так, воды в 300 м выше по течению были практически чистыми, что свидетельствовало о применении всех трех способов их очистки. В 1995 году авторами самостоятельно проводились исследования и была выявлена тенденция к изменению некоторых изученных показателей. Для примера, содержание разных форм азота в водах по сравнению с 1980 г. значительно возросло, особенно в отобранных пробах вблизи комплекса: концентрация аммиака выросла почти в 4 раза; содержание растворенного кислорода снизилось и стало ниже норматива и др. Усиление показателя БПК5 привело, как видно, к росту



аммонийного азота в водах ($r=0,88$). В 2022 году, что видно из представленных данных, содержание разных форм азота несколько уменьшилось из-за снижения поголовья свиней, но, в то же время, возросло содержание хлоридов, сульфатов и др., что свидетельствовало о большем химическом загрязнении.

Заключение. Содержание микроорганизмов в поверхностных водах реки Рака превышало санитарные нормы. Уменьшение содержания кислорода в поверхностных вода способствовало росту аэротолерантных анаэробов и облигатных анаэробов, для которых кислород не влияет на их рост или подавляет анаэробное дыхание или брожение. Самоочищающая способность поверхностных вод р. Рака во все годы исследований неудовлетворительная.

Ключевые слова: поверхностные воды, свинокомплекс, микроорганизмы, санитарное состояние, гидрохимический состав

Для цитирования: Захарова О.А., Черкасов О.В., Евдокимова О.В. Санитарно-бактериологическое состояние поверхностных вод в зоне влияния свинокомплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №1, С 39-47 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.33.50.006>

Original article

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF SURFACE WATER IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE PIGS

Olga A. Zakharova¹ ✉, Oleg V. Cherkasov², Olga V. Evdokimova³

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

³ Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia

¹ol-zahar-ru@yandex.ru

²ru89206345411@yandex.ru

³o.evdokimova@rzgmu.ru

Annotation. The environmental monitoring program for 2022 on the territory of JSC "Ryazan Pig Farm" of the Ryazan district of the Ryazan region also included issues of the sanitary and bacteriological state of wastewater, wastewater from the storage pond, groundwater and surface water of the Raka River. The qualitative characteristics of the latter are given in this article. Now the complex contains up to 50 thousand pigs of annual fattening. However, the resulting wastewater is not used for irrigation, but enters the storage pond, from which it is systematically discharged into the ravine. Taking into account soil infiltration, toxicants enter the surface waters of the river Raka, worsening its sanitary and bacteriological condition.

Problem and purpose. The problem of wastewater disposal at the facility is acute. The purpose of this study is to give a microbiological assessment of the state of surface waters of the river on the basis of the research results and show the dynamics of their pollution in 1980, 1995 and 2022.

Methodology. To achieve the goal of the study and answer the research questions posed, water samples were taken 300 m upstream and 300 m downstream and near the pig farm. The soil is gray forest loamy. Research methods are generally accepted. The results of the experiments were processed using the computer program Statistika 10.

Results. Taking into account the complexity of the wastewater composition, which consists of the wastewater of the pig farm, household waters of the village of Iskra and wastewater of the storage pond, the authors considered the state of the surface waters of the Raka River in the immediate vicinity of the complex, 300 m above and 300 m downstream in dynamics, taking into account the systematic approach. Microorganisms are ordinary inhabitants of environments that are able to control their numbers when the hydrochemical composition of water changes. Analyzing the data for 1980, 1995 and 2022, the dynamics of changes in the hydrochemical composition of the surface waters of the river Raka. The maximum load was noted during the years of irrigation with sewage, but now, in many respects, they do not meet sanitary standards. Active self-purifying ability of surface waters in 1980, when the pig complex has been operating for 6 years. Thus, the waters 300 m upstream were practically clean, which indicated the use of all three methods of their purification. In 1995, the authors independently conducted research and revealed a tendency to change some of the studied indicators. For example, the content of various forms of nitrogen in the waters increased significantly compared to 1980, especially in the samples taken near the complex: the ammonia concentration increased almost 4 times, the content of dissolved oxygen decreased and became the standard, etc. The increase in the BOD₅ indicator led, as can be seen, to the growth of ammonium nitrogen in waters ($r=0,88$). In 2022, as can be seen from the presented data, the content of various forms of nitrogen decreased slightly due to the humiliation of the pig population, but at the same time, the content of chlorides, sulfates, etc. increased, which indicated greater chemical pollution.



Conclusion. *The content of microorganisms in the surface waters of the Raka River exceeded the sanitary standards. A decrease in the oxygen content in surface water contributed to the growth of aerotolerant anaerobes and obligate anaerobes, for which oxygen does not affect their growth or suppresses anaerobic respiration or fermentation. Self-cleaning ability of surface waters of the river Raka in all years of research is unsatisfactory.*

Key words: *surface waters, pig farm, microorganisms, sanitary condition, hydrochemical composition*

For citation: *Zakharova O.V., Cherkasov O.V., Evdokimova O.V. Microbiological assessment of surface water in the zone of influence of the pigs // Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No 1. P 39-47, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.33.50.006>*

Введение

В зоне серых лесных почв Рязанского района действует крупный АО «Рязанский свинокомплекс», на котором планируется доведение поголовья до 90 тыс. В ретроспективе в 1974 г. на комплексе содержалось 108 тыс. голов и действовала трехступенчатая очистка сточных вод, включающая физические, химические и биологические способы [4, 9, 10]. Однако, и в те годы надзорными организациями (например, ГСЭН) выявлены недостатки в работе очистных сооружений – пруд-накопитель не соответствовал поступающему объему стоков, а на второй ступени биологической очистки в сточные воды животноводческого комплекса поступали неочищенные хозяйственно-бытовые сточные воды п.Искра, что, естественно, ухудшало их гидрохимические и санитарно-бактериологические показатели [11, 12, 13]. В прошлом сточные воды использовались на земледельческих полях орошения, что давало прибавку урожая кормовых трав почти на 200 %.

В настоящее время практически ничего не изменилось, кроме снижения поголовья свиней примерно на 70 %. Проведенный в 2021 году мониторинг окружающей природной среды вблизи предприятия – пруда-накопителя сточных вод, грунтовых вод и поверхностных вод показал неблагоприятное воздействие на перечисленные объекты. Так, сточные воды в настоящее время не проходят биологическую очистку в аэротенках вследствие их модернизации и ремонта. Пруд-накопитель заилился и накопил большое количество осадка, который, по сравнению со сточными водами, более насыщен токсикантами разного вида загрязнений. Орошение не проводится, и сточные воды периодически сливаются в овраг.

Учитывая гидрологическую роль почвы, В.И. Вернадский еще в 1934 году отмечал необходимость изучения почвенных растворов в истории воды, связывающей морскую, речную и дождевую. Отмечая важность почвенных гидрологических функций, авторы поставили цель – дать микробиологическую оценку поверхностных вод в зоне влияния свинокомплекса и показать динамику их загрязнения в 1980, 1995 и 2021 годах.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований явились поверхностные воды реки Рака. Отбор проб вод объемом 1 дм³ в емкости бутилированной воды с плотно закрывающимися пробками проводился вручную в непосредственной близости от свинокомплекса, в 300 м ниже и 300 м выше по течению в соответствии с ГОСТ 31861-2012 с целью изучения их качества. Тип проб – периодические потокозави-

сящие.

Пробы воды сразу доставлялись в лабораторию кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РГМУ Минздрава РФ на исследование. Методика исследования – стандартная, титрование.

Грунтовые воды выявлены на глубине от 6 м, то есть участия в водном балансе территории практически не принимают.

Статистическая обработка результатов проводилась по ГОСТ 31861-2012 с расчетом доверительного уровня (К, %), а также с использованием компьютерной программы Statistika 2010. При К=1,96 в нашем случае доверительный интервал составил 95 %. Случайные изменения качества воды, как правило, распределяются по нормальному закону или по закону логарифмического нормального распределения. Систематические изменения могут иметь либо одно направление, либо могут быть циклическими, либо соответствовать сочетанию обоих типов. Доверительный интервал составил 10 % реального среднеарифметического среднеквадратического отклонения при доверительном уровне 95 %, среднеквадратическое отклонение составило 20 % среднеарифметического значения. Это означает, что частота отбора проб при проведении мониторинга поверхностных вод достаточна при 2 пробах в день за 1 мес. или 1-2 пробах в неделю за год.

Результаты исследований

Учитывая сложность состава сточных вод, складывающегося из собственно сточных вод свинокомплекса, хозяйственно-бытовых вод п. Искра и сточных вод пруда-накопителя, авторы рассмотрели состояние поверхностных вод реки Рака в непосредственной близости от комплекса, в 300 м выше и 300 м ниже по течению в динамике с учетом системного подхода. Микроорганизмы – обычные обитатели сред, которые способны контролировать свою численность при изменении гидрохимического состава воды [14].

Так, анализ вод р. Рака в 2022 году в 300 м выше свинокомплекса показал их специфический характер, прозрачность – 29 см, растворенный кислород в пределах нормы, сухой остаток 655 мг/дм³, содержание разных форм азота (аммиака, нитратов, нитритов) не превышает ПДК. В водах р. Рака вблизи свинокомплекса чуть превышены санитарные нормы по содержанию разных форм азота (аммиак, нитратов, нитритов), они составляют 2,2; 0,01 и 1,1 мг/дм³ соответственно. В водах ниже 300 м от свинокомплекса качество воды ухудшается: концентрация аммиака выросла на 0,5 мг/дм³, нитратов – в 10 раз, нитритов – на 0,01 мг/дм³. В 1995 году при проведении поли-



вов сточными водами эти показатели находились вблизи свинокомплекса на уровне: аммиак – 9,5 мг/дм³, нитраты – 1,5 и нитриты – 6,2 мг/дм³. В 2022 году их наличие вблизи комплекса имело максимальные значения: по аммиаку – 7,5 мг/дм³, нитратам – 1,0 и нитритам – 0,1 мг/дм³.

Итак, анализируя гидрохимический состав поверхностных вод р. Рака по отчетам ООО «Ис-кра», четко установили среднюю самоочищаю-

щую способность поверхностных вод в 1980 году, когда свинокомплекс на 108 тыс. голов ежегодного откорма проработал уже 6 лет. Так, воды в 300 м выше по течению были незагрязненными, что свидетельствовало о качественной работе очистных сооружений, возглавляемых в те годы начальником цеха очистки Мониным.

В таблице представлено наличие в поверхностных водах разных групп микроорганизмов.

Таблица – Содержание микроорганизмов в поверхностных водах р. Рака, ед/дм³

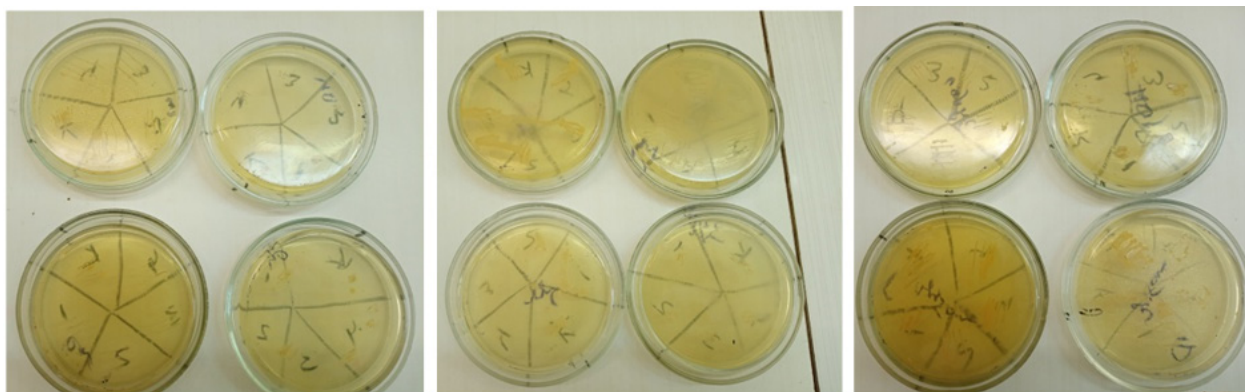
Показатели	АВГУСТ		
	300 м выше	вблизи	300 м ниже
<i>1980 год (при проведении поливов сточными водами)</i>			
Индекс Лактозоположительной кишечной палочки	24000	2400000	240000
Индекс Escherichia coli	13000	2400000	240000
Индекс Энтерококк	120	600	230
Коли-фаги КОЕ	1000	3000	2000
Коэффициент самоочищения	2	2	3
Сальмонеллы	2	1	2
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С	2x10 ⁵	8x10 ⁵	6x10 ⁵
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С	1x10 ⁵	3x10 ⁵	2x10 ⁵
<i>1995 год (при проведении поливов сточными водами)</i>			
Индекс Лактозоположительной кишечной палочки	24000	240000	130000
Индекс Escherichia coli	13000	240000	130000
Индекс Энтерококк	500	1000	850
Коли-фаги КОЕ	1000	5000	3000
Коэффициент самоочищения	2	1	2
Сальмонеллы	3	1	3
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С	1x10 ⁵	4x10 ⁵	3x10 ⁵
2022 год			
Индекс Лактозоположительной кишечной палочки	13000	24000	13000
Индекс Escherichia coli	6000	24000	13000
Индекс Энтерококк	220	380	280
Коли-фаги КОЕ	600	800	700
Коэффициент самоочищения	2	1	2



Сальмонеллы	1	5	2
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 37° С	1x10 ⁵	8x10 ⁵	6x10 ⁵
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, выросших при 22° С	1x10 ⁵	2x10 ⁵	2x10 ⁵

Содержание микроорганизмов в поверхностных водах реки Рака превышало санитарные нормы во все годы исследований. Уменьшение содержания кислорода в поверхностных вода способствовало росту аэротолерантных анаэробов и облигатных анаэробов, для которых кислород не влияет на их рост или подавляет анаэробное дыхание или брожение. Так, индекс лактозоположительной кишечной палочки (ЛКП), расщепляющей лактозу при +37° С, превышает стандарт в 240 раз, из группы ЛКП выделены фекальные кишечные палочки (к примеру, *Escherichia coli*), ферментирующие лактозу при +44,5° С. БГКП используются как маркеры фекальной контаминации, относятся и к группе санитарно-показательных микроорганизмов, характеризующих свежее фекальное загрязнение. Индекс *Escherichia coli* превышает санитарные нормы в сотни раз. Колифаги обнаруживаются в колиформных бактериях

и являются индикаторами качества воды и степени ее очистки. Обнаружился полный лизис газона, что свидетельствует о положительном статусе. Их количество превышает норматив тоже в сотни раз. К группе энтерококков (кишечных или фекальных энтерококков) относят *Enterococcus faecalis* с биоварами, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans* и др., указывающие на фекальное загрязнение воды. К группе санитарно-показательных микроорганизмов относятся мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, выросшие при 37° С, и мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, выросшие при 22° С. Это таксономически разные группы микроорганизмов, наличие которых превышает допустимые величины в сотни раз. На рисунке 1 представлены колонии микроорганизмов в чашках Петри, анализ которых позволил выделить Гр- и Гр+ формы.



300 м выше течения

вблизи свинокомплекса

300 м ниже течения

Рис. 1 – Проросшие колонии на питательной среде, 2022 г.
(Fig.1 – Germinated colonies on a nutrient medium, 2022)

Все изменения 1980-2022 годов микробиологического состояния поверхностных вод отображены на графике (рис. 2), на котором прослежена неудовлетворительная самоочищающая способность поверхностных вод р. Рака во все годы исследований, независимо от продолжительности функционирования и поголовья свиней на комплексе из-за впуска в них хозяйственно-бытовых вод

п. Искра без предварительной очистки [1, 2, 3, 5].

Составленная корреляционно-регрессионная зависимость [7] самоочищающей способности воды в 300 м выше (синий цвет), вблизи свинокомплекса (красный цвет) и 300 м ниже по течению (желтый цвет) отображена следующим уравнением:

$$M=0,2-0,0008x+(1,13e-0,06x^2)$$

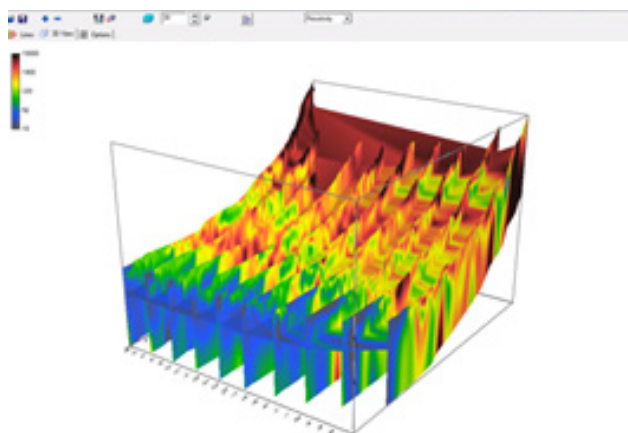


Рис. 2 – Самоочищающая способность поверхностных вод неудовлетворительная (Fig. 2 – Self-cleaning ability of surface waters is unsatisfactory)

Заключение

Микробиологическая оценка поверхностных вод р.Рака (рис. 3) считается неудовлетворительной. Сильный запах, измененный цвет воды привлекает внимание человека. Содержание микроорганизмов, в том числе патогенных, превышает санитарные нормы в 2022 г. в сотни раз, что связано с некачественной работой очистных сооружений, нарушением сроков дегельминтизации животных и пр.



Рис. 3 – Общий вид на р. Рака (Fig. 3 – General view of the river Raka)

Река – водный объект, который относится к областной собственности, – пояснил специалист, – надзирать за предполагаемым источником загрязнения должны федеральные структуры. ...Этим вопросом сейчас занимается Росрыболовство [8].

В советское время качество объектов окружающей природной среды вблизи свинокомплекса контролировали и местные, и региональные организации [6], а микробиологические показатели – сотрудники ГСЭН. Авторы считают, что проблему нужно решать сейчас.

Список источников

1. Михеев, М. Построение интеллектуальных информационных систем (краткий доклад) / М. Михеев, Ю. Гусынина, Т. Шорникова // Информационные технологии и интеллектуальные системы

принятия решений: Материалы Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS 2021), Москва, 20 января 2021года.-М., 2021. – С. 22-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>

2. Захарова, О. А. Цифровизация управления ростовыми процессами ячменя / О.А. Захарова, Е. И.Машкова, К. Н. Евсенкин, Д. Е. Кучер, Ф. А. Мусаев // Вестник РГАТУ, 2021.- Т.13. - №2. - С.21-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46531979>

3. Курасов, Д.А. Индустрия цифровых технологий 4.0 (краткий доклад) / Д.А. Курасов // Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений: Материалы Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS 2021), Москва, 20 января 2021 года.-М., 2021. – 6 с. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

4. Борычев, С. Н. Моделирование влияния влажности бесподстилочного навоза на уровень его санитарно-эпидемиологической нагрузки / С.Н. Борычев, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Вестник РГАТУ, 2021.- Т.13. - №2. - С.79-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-vlazhnosti-bespodstilochnogo-navoza-na-urovenego-sanitarno-epidemiologicheskoy-nagruzki>

5. Гнатюк, В.И. Математическая модель параметризации виртуализации данных техноценозов / В.И. Гнатюк, О.Р. Кивчун, С.А. Дорофеев, Е.В. Бовтрикова // Материалы II Международной научно - практической конференции "Информационные технологии и интеллектуальные системы принятия решений" (ITIDMS-II-2021), 1 июля 2021года.-М., 2021.-С. 90-91. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

6. Churilov, D., Churilova, V., Stepanova, I., Polischuk, S., Gusev, A., Zakharova, O., Arapov, I. & Churilov, G. (2019) Size-dependent biological effects of copper nanopowders on mustard seedlings. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 012008, IOP Publishing 392 doi: 10.1088 / 1755-1315 / 392/1/012008. URL: <https://yandex.ru/search/?text=10.%09Чурилов%2C+Д.%2C+Чурилова%2C+В.%2C+Степанова%2C+И.%2C+Полищук%2C+С.%2C+Гусев%2C+А.%2C+Захарова%2C+О.%2C+Арапов%2C+И.+%26+Churilov%2C+G.+%282019%29+Size-dependent+biological+effects+of+copper+nano+powders+on+mustard+seedlings.+IOP+Conf.+Series%3A+Earth+and+Environmental+Science.+012008%2C+IOP+Publishing+392+doi%3A+10.1088+%2F+1755&lr=11&clid=2261452&win=280&msp=1>

7. Попов, А.М. Исследование робастности двухвыборочного критерия Стьюдента / А.М. Попов: Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/>



issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-styudenta/viewer Дата обращения 08.08.2022. URL: <https://yandex.ru/search/?text=11.%09Попов%2C+A.M.+Исследование+робастност+и+двухвыборочного+критерия+Стьюдента+%2F+A.M.+Попов%3A+Режим+доступа+https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fissledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-styudenta%2Fviewer+Дата+обращения+08.08.2022.+&lr=11&clid=2261452&win=280>

8. Степанова, Н.Е. Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / Н.Е. Степанова, А.К. Васильев, А.Д. Ахмедов, И.А. Гущина, Д.С. Жаркова // Экология и охрана окружающей среды: Международная научно-практическая конференция "Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науки о Земле" 25 января 2021 года. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Смоленск, 2021.-Т.273. - С. 5-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43993249>

9. Коняев, Е. Р. Оценка эффективности применения биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень / Е.Р. Коняев, Я. В. Костин, О. А. Захарова, Н. М. Троц // Вестник РГАУ, 2021.- Т.13. - №3. - С.19-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161906>

10. Centralizovannoe tekhnicheskoe obsluzhivanie sel'skohozyajstvennoj tekhniki v mezhsezonnij period / A.V. SHemyakin, M.B. Latyshenok, E.M. Astahova, E.YU. SHemyakina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya. – 2009. – № 7. – С. 16-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnoe-reshenie-dlya-povysheniya-sohrannosti-selskohozyajstvennoy-tehniki-prihraneni>

11. Solov'eva, S.P. Povyshenie effektivnosti hraneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki putem obosnovaniya parametrov zashchitnogo teplovogo ekrana : dis. ... kand. tekhn. nauk / S.P. Solov'eva – Michurinsk, 2014. – 169 s. URL: [http://www.dslib.net/selkoz-technology/soloveva-povyshenie-jeffektivnosti-hraneniya-selskohozyajstvennoj-tehniki-](http://www.dslib.net/selkoz-technology/soloveva-povyshenie-jeffektivnosti-hraneniya-selskohozyajstvennoj-tehniki-putem-obosnovaniya.html)

[putem-obosnovaniya.html](http://www.dslib.net/selkoz-technology/soloveva-povyshenie-jeffektivnosti-hraneniya-selskohozyajstvennoj-tehniki-putem-obosnovaniya.html)

12. Latyshenok, M.B. Teplovoe ukrytie dlya hraneniya sel'skohozyajstvennyh mashn na otkrytyh ploshchadkah / M.B. Latyshyonok, A.V. SHemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – С. 93-94. URL: [https://yandex.ru/search/?text=.+++++++Latyshenok%2C+M.B.+Teplovoe+ukrytie+dlya+hraneniya+sel%27skohozyajstvennyh+mashn+na+otkrytyh+ploshchadkah+%2F+M.B.+Latyshyonok%2C+A.V.+SHemyakin%2C+S.P.+Solov%27yova+%2F%2F+Vestnik+Ryazanskogo+gosudarstvennogo+agrotekhnologicheskogo+universiteta+imeni+P.A.+Kostycheva.+--+2012.+--+№+4+\(16\).+--+S.+93-94&lr=11&clid=2261452&win=280](https://yandex.ru/search/?text=.+++++++Latyshenok%2C+M.B.+Teplovoe+ukrytie+dlya+hraneniya+sel%27skohozyajstvennyh+mashn+na+otkrytyh+ploshchadkah+%2F+M.B.+Latyshyonok%2C+A.V.+SHemyakin%2C+S.P.+Solov%27yova+%2F%2F+Vestnik+Ryazanskogo+gosudarstvennogo+agrotekhnologicheskogo+universiteta+imeni+P.A.+Kostycheva.+--+2012.+--+№+4+(16).+--+S.+93-94&lr=11&clid=2261452&win=280)

13. Development of constructive-technological scheme of parking for agricultural machinery / N. Skuryatin, A. Novitsky, A. Zhiltsov, E. Soloviev // Engineering for Rural Development 18. Ser. "18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – 2019. – № 369. – pp. 239-246. URL:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41631815>
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41631815>

14. Горохов, И. С. Сравнительный анализ качества воды в реках Воря и Пажа г. Хотьково / И. С. Горохов, В. В. Краснова. — Текст : непосредственный // Юный ученый. — 2016. — № 6.1 (9.1). — С. 23-25. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/9/627/> (дата обращения: 03.01.2023). . URL: <https://yandex.ru/search/?text=Горохов%2C+И.+С.+Сравнительный+анализ+качества+воды+в+реках+Воря+и+Пажа+г.+Хотьково+%2F+И.+С.+Горохов%2C+В.+В.+Краснов&lr=11>

15. Исмагилов, Р. Р. Проблема загрязнения водной среды и пути ее решения / Р. Р. Исмагилов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2012. — № 11 (46). — С. 127-129. — URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/> (дата обращения: 03.01.2023). . URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Miheev, M. Postroenie intellektual'nyh informacionnyh sistem (kratkij doklad) / M. Miheev, YU. Gusynina, T. SHornikova // Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda.-M., 2021. – С. 22-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>

2. Zaharova, O. A. Cifrovizatsiya upravleniya rostovymi processami yachmenya / O.A. Zaharova, E. I. Mashkova, K. N. Evsenkin, D. E. Kucher, F. A. Musaev // Vestnik RGATU, 2021.- Т.13. - №2. - С.21-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46531979>

3. Kurasov, D.A. Industriya cifrovyyh tekhnologij 4.0 (kratkij doklad) / D.A. Kurasov // Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda.-M., 2021. – 6 s. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferencija-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>



4. Borychev, S. N. Modelirovanie vliyaniya vlazhnosti bespodstilochnogo navoza na uroven' ego sanitarno-epidemiologicheskoy nagruzki / S.N. Borychev, N. V. Limarenko, E. A. Rakul, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // Vestnik RGATU, 2021.- T.13. - №2. - S.79-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-vliyaniya-vlazhnosti-bespodstilochnogo-navoza-na-uroven-ego-sanitarno-epidemiologicheskoy-nagruzki>

5. Gnatyuk, V.I. Matematicheskaya model' parametriceskoj virtualizacii dannyh tekhnocenzov / V.I. Gnatyuk, O.R. Kivchun, S.A. Dorofeev, E.V. Bovtrikova // Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoj konferencii "Informacionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS-II-2021), 1 iyulya 2021 goda.-M., 2021.-S. 90-91. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferenciya-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

6. Churilov, D., Churilova, V., Stepanova, I., Polischuk, S., Gusev, A., Zakharova, O., Arapov, I. & Churilov, G. (2019) Size-dependent biological effects of copper nanopowders on mustard seedlings. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 012008, IOP Publishing 392 doi: 10.1088 / 1755-1315 / 392/1/012008. URL: [https://yandex.ru/search/?text=10.%09Churilov%2C+D.%2C+Churilova%2C+V.%2C+Stepanova%2C+I.%2C+Polishchuk%2C+S.%2C+Gusev%2C+A.%2C+Zaharova%2C+O.%2C+Arapov%2C+I.+%26+Churilov%2C+G.+\(2019\)+Sizedependent+biological+effects+of+copper+nanopowders+on+mustard+seedlings.+IOP+Conf.+Series%3A+Earth+and+Environmental+Science.+012008%2C+IOP+Publishing+392+doi%3A+10.1088+%2F+1755&lr=11&clid=2261452&win=280&msp=1](https://yandex.ru/search/?text=10.%09Churilov%2C+D.%2C+Churilova%2C+V.%2C+Stepanova%2C+I.%2C+Polishchuk%2C+S.%2C+Gusev%2C+A.%2C+Zaharova%2C+O.%2C+Arapov%2C+I.+%26+Churilov%2C+G.+(2019)+Sizedependent+biological+effects+of+copper+nanopowders+on+mustard+seedlings.+IOP+Conf.+Series%3A+Earth+and+Environmental+Science.+012008%2C+IOP+Publishing+392+doi%3A+10.1088+%2F+1755&lr=11&clid=2261452&win=280&msp=1)

7. Popov, A.M. Issledovanie robastnosti dvuhvyborochnogo kriteriya St'yudenta / A.M. Popov: Rezhim dostupa [https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-styudenta/viewer>Data obrashcheniya 08.08.2022](https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-styudenta/viewer>Data+obrashcheniya+08.08.2022). URL: <https://yandex.ru/search/?text=11.%09Popov%2C+A.M.+Issledovanie+robastnosti+dvuhvyborochnogo+kriteriya+St'yudenta+%2F+A.M.+Popov%3A+Rezhim+dostupa+https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fissledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-styudenta%2Fviewer+Data+obrashcheniya+08.08.2022.+&lr=11&clid=2261452&win=280>

8. Stepanova, N.E. Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov i ohrana okruzhayushchej sredy v sel'skom hozyajstve / N.E. Stepanova, A.K. Vasil'ev, A.D. Ahmedov, I.A. Gushchina, D.S. Zharkova // Ekologiya i ohrana okruzhayushchej sredy: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Obespechenie ustojchivogo razvitiya v kontekste sel'skogo hozyajstva, zelenoj energetiki, ekologii i nauki o Zemle" 25 yanvarya 2021 goda. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Smolensk, 2021.-T.273. - S. 5-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43993249>

9. Konyaev, E. R. Ocenka effektivnosti primeneniya biomodifirovannyh mineral'nyh udobrenij pod yachmen' / E.R. Konyaev, YA. V. Kostin, O. A. Zaharova, N. M. Troc // Vestnik RGATU, 2021.- T.13. - №3. - S.19-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161906>

10. Centralizovannoe tekhnicheskoe obsluzhivanie sel'skohozyajstvennoj tekhniki v mezhsezonnij period / A.V. SHemyakin, M.B. Latyshenok, E.M. Astahova, E.YU. SHemyakina // Mekhanizaciya i elektrifikaciya. – 2009. – № 7. – S. 16-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnoe-reshenie-dlya-povysheniya-sohrannosti-selskohozyajstvennoj-tehniki-pri-hranenii>

11. Solov'eva, S.P. Povyshenie effektivnosti hraneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki putem obosnovaniya parametrov zashchitnogo teplovogo ekrana : dis. ... kand. tekhn. nauk / S.P. Solov'eva – Michurinsk, 2014. – 169 s. URL: <http://www.dslib.net/selxoz-technology/soloveva-povyshenie-jeffektivnosti-hraneniya-selskohozyajstvennoj-tehniki-putem-obosnovaniya.html>

12. Latyshenok, M.B. Teplovoe ukrytie dlya hraneniya sel'skohozyajstvennyh mashn na otkrytyh ploshchadkah / M.B. Latyshyonok, A.V. SHemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 93-94. URL: [https://yandex.ru/search/?text=++++++Latyshenok%2C+M.B.+Teplovoe+ukrytie+dlya+hraneniya+sel%27skohoz+yajstvennyh+mashn+na+otkrytyh+ploshchadkah+%2F+M.B.+Latyshyonok%2C+A.V.+SHemyakin%2C+S.P.+Solov%27yova+%2F%2F+Vestnik+Ryazanskogo+gosudarstvennogo+agrotekhnologicheskogo+universitet+a+imeni+P.A.+Kostycheva.+--+2012.+--+№+4+\(16\).+--+S.+93-94&lr=11&clid=2261452&win=280](https://yandex.ru/search/?text=++++++Latyshenok%2C+M.B.+Teplovoe+ukrytie+dlya+hraneniya+sel%27skohoz+yajstvennyh+mashn+na+otkrytyh+ploshchadkah+%2F+M.B.+Latyshyonok%2C+A.V.+SHemyakin%2C+S.P.+Solov%27yova+%2F%2F+Vestnik+Ryazanskogo+gosudarstvennogo+agrotekhnologicheskogo+universitet+a+imeni+P.A.+Kostycheva.+--+2012.+--+№+4+(16).+--+S.+93-94&lr=11&clid=2261452&win=280)

13. Development of constructive-technological scheme of parking for agricultural machinery / N. Skuryatin, A. Novitsky, A. Zhiltsov, E. Soloviev // Engineering for Rural Development 18. Ser. "18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – 2019. – № 369. – pp. 239-246. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41631815> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41631815>

14. Gorohov, I. S. Sravnitel'nyj analiz kachestva vody v rekah Vorya i Pazha g. Hot'kovo / I. S. Gorohov, V. V. Krasnova. — Tekst : neposredstvennyj // YUnyj uchenyj. — 2016. — № 6.1 (9.1). — S. 23-25. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/9/627/> (data obrashcheniya: 03.01.2023). . URL: <https://yandex.ru/search/?text=Gorohov%2C+I.+S.+Sravnitel'nyj+analiz+kachestva+vody+v+rekah+Vorya+i+Pazha+g.+Hot'kovo+%2F+I.+S.+Gorohov%2C+V.+V.+Krasnov&lr=11>

15. Ismagilov, R. R. Problema zagryazneniya vodnoj sredy i puti ee resheniya / R. R. Ismagilov. — Tekst : neposredstvennyj // Molodoy uchenyj. — 2012. — № 11 (46). — S. 127-129. — URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/> (data obrashcheniya: 03.01.2023). . URL: <https://moluch.ru/archive/46/5623/>



Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Сведения об авторах

Захарова Ольга Алексеевна – д-р с-х. наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, ol-zahar.ru@yandex.ru

Черкасов Олег Викторович – канд. с-х. наук, доцент, зав. кафедрой технологии общественного питания, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ru89206345411@yandex.ru

Евдокимова Ольга Валерьевна – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой микробиологии ФГБОУ ГМУ ВО Минздрава РФ, ol-zahar.ru@yandex.ru

Author Information

Zakharova, Olga A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ol-zahar.ru@yandex.ru

Cherkasov Oleg Viktorovich - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head. Department of Catering Technology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ru89206345411@yandex.ru

Evdokimova Olga V., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology, FSBEI HE "Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, ol-zahar.ru@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.01.2023; одобрена после рецензирования 09.01.2023.; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 09.01.2023; approved after reviewing 09.01.2023.; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 48-54
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 48-54

Научная статья
УДК 504.064
DOI:10.36508/RSATU.2023.52.74.007

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВНЕСЕНИЯ
В ПОЧВУ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ ЖИДКИХ ОТХОДОВ СВИНОКОМПЛЕКСА**

Татьяна Андреевна Колесникова¹✉, Марина Анатольевна Куликова²

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

¹t.kolesnikova@npi-tu.ru

²m.kulikova@npi-tu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью работы являлось проведение исследования экологической безопасности внесения в почву органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса. Получена оценка влияния удобрения на микробные сообщества почвы.

Методология. Для анализа видов почвенных микроорганизмов был применен метод посева на питательную среду (агаровые пластинки).

Результаты. Представлены результаты изменения численности экологических групп микроорганизмов почвы и водных сред при внесении органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса. Максимальная численность исследуемых видов организмов наблюдалась на 30-е сутки: микроскопические грибы – $8,5 \cdot 10^6$, гетеротрофы – $2,05 \cdot 10^7$, олигокарбофилы – $7,0 \cdot 10^6$, микроорганизмы круговорота азота – $1,35 \cdot 10^7$. Отмечено увеличение в 21 раз за 30 суток численности микроорганизмов грибов в исследуемой пробе почв при внесении органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса в дозе N200. При этом наблюдался рост численности олигокарбофилов в 13,8 раз, микроорганизмов круговорота азота – в 30 раз, гетеротрофов – 60,8 раз. Тест-объектами для выявления отсутствия токсического воздействия органоминерального удобрения на водную среду были приняты инфузории *Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis*, выступающие санитарно-показательными культурами. В образце с водопроводной водой наблюдалось устойчивое снижение в 1,1-1,2 раза максимального числа особей используемых тест-объектов по отношению к их содержанию в осадке; в 1,2-1,8 раз – в свежих жидких отходах; в 1,5-2,0 раза – в жидкой фракции после обработки.

Заключение. Жидкая фракция, отделившаяся после обработки и разбавленная водой 1:2, не оказывает ингибирующего воздействия на исследуемые культуры и является наиболее благоприятной средой для их развития. Твердая фракция, тестируемая на инфузориях, после разбавления 1:4 также не оказывает негативного воздействия на санитарно-показательные культуры.

Ключевые слова: удобрения, жидкие отходы, почвенные микроорганизмы, свиной комплекс, экологическая безопасность, окружающая среда, реагентная обработка.

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А. Исследования экологической безопасности внесения в почву органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 1. С.48-54 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.52.74.007>

Original article

**STUDIES OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF INTRODUCING ORGANOMINERAL FERTILIZER
FROM LIQUID WASTE OF PIG FARMS INTO THE SOIL**

Tatyana A. Kolesnikova¹✉, Marina A. Kulikova²

^{1,2} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov", Novocherkassk, Russia

¹t.kolesnikova@npi-tu.ru

© Колесникова Т.А., Куликова М.А., 2023 г.



²m.kulikova@npi-tu.ru

Abstract.

Problem and purpose. The aim of the work was to conduct a study of the environmental safety of introducing organic fertilizer into the soil from the liquid waste of pig farms. The effect of fertilizer on soil microbial communities was assessed.

Methods. To analyze the types of soil microorganisms, the method of sowing on a nutrient medium (agar plates) was used. The results of changes in the number of ecological groups of microorganisms in soil and aquatic environments during the application of organomineral fertilizer from the liquid waste of pig farms are presented. The maximum number of the studied species of organisms was observed on the 30th day: microscopic fungi - 8.5 10⁶, heterotrophs - 2.05 10⁷, oligocarbophils - 7.0 10⁶, microorganisms of the nitrogen cycle 1.35 10⁷. An increase of 21 times per 30 days of the number of microorganisms of fungi in the studied soil sample when applying organomineral fertilizer from the liquid waste of pig farms at a dose of N200. At the same time, there was an increase in the number of oligocarbophils by 13.8 times of microorganisms of the nitrogen cycle - by 30 times, heterotrophs - by 60.8 times. *Paramecium caudatum* and *Tetrahymena pyriformis* infusoria were taken as test objects to identify the absence of toxic effects of organomineral fertilizer on the aquatic environment, acting as sanitary indicative crops. In the sample with tap water, there was a steady decrease of 1.1-1.2 times in the maximum number of individuals of the test objects used in relation to their content in the sediment, 1.2-1.8 times in fresh liquid waste, 1.5 - 2.0 times - in the liquid fraction after treatment.

Results. The liquid fraction separated after treatment and diluted with water 1:2 does not have an inhibitory effect on the cultures under study and is the most favorable environment for their development. The solid fraction tested on infusoria after a 1:4 dilution also has no negative effect on sanitary-indicative crops

Key words: fertilizers, liquid waste, soil microorganisms, pig farms, environmental safety, environment, chemical treatment.

Forcitation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Studies of the environmental safety of introducing organomineral fertilizer from liquid waste of pig farms into the soil // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No 1. P 48-54, [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.52.74.007](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.52.74.007)

Введение

При интенсивном землепользовании уменьшается содержание гумуса и плодородие почвы. В Ростовской области содержание гумуса за последние 15 лет снизилось до 3,18 %, при оптимальном значении не ниже 3,5 %. В то же время практически не используется высокий агроминеральный ресурс биоразлагаемых органических жидких отходов животноводческих комплексов. В связи с этим поиск новых эффективных технологий получения удобрений из таких отходов является актуальной задачей.

Отходы первого класса опасности (по санитарным показателям), имеющие агроомелиоративный потенциал, превращаются в ценное органоминеральное удобрение, обеспечивается экологическая безопасность их утилизации и экономическая выгода за счет прибавки урожая. Важно отметить возникающие при этом проблемы, связанные с определением экологической безопасности применения нового удобрения, а именно, влияния его на различные группы почвенных микроорганизмов. Животноводческий навоз широко используют в качестве удобрений в сельском хозяйстве, поскольку он содержит питательные вещества, необходимые для роста сельскохозяйственных культур. Тем не менее, навоз может быть накопителем органических загрязнителей, особенно фармацевтических препаратов и антибиотиков, используемых в животноводстве, концентрации которых могут быть в несколько раз выше, чем количества, безопасные для людей. Таким образом, использование навоза в качестве удобрения является важным путем попадания этих загрязнителей в окружающую среду [1].

Загрязнители могут проходить разными путями

к подземным и/или поверхностным водоемам через прямой сток, подповерхностный сток, выщелачивание и фильтрацию в зависимости от местной гидрологии. Неправильное обращение с навозом может привести к загрязнению нитратами подземных вод, эвтрофикации водоемов, патогенному загрязнению готовых к употреблению культур, деградации почв и водной среды под влиянием органических загрязнителей, например, стероидных гормонов [2].

В работе [3] представлены результаты исследования химии почвенного раствора, на который воздействуют жидкие отходы свинокомплекса, и их влияния на движение бактерий через почвы во время выщелачивания.

Долгосрочное внесение навоза может увеличить запасы углерода и питательных веществ в почве и повысить активность ферментов, но его влияние после прекращения применения остается неясным. В исследованиях [4] проведена количественная оценка почвенной микробной биомассы и потенциальных ферментативных активностей осенью, весной и летом в ответ на долгосрочное внесение навоза и его прекращение в условиях орошения.

В работе [5] изучены взаимосвязи между удобрением, урожайностью и плодородия почвы. Приведены данные 25-летнего эксперимента, позволившие установить, что внесение свиного навоза является жизнеспособной стратегией для регулирования урожайности сельскохозяйственных культур благодаря улучшению почвенного плодородия.

После изучения работ современных ученых [6-8] возникла необходимость провести биотестирование и оценить влияние нового органоминерального



рального удобрения и жидкой фракции для определения основных компонентов экологической безопасности: токсичности, степени влияния на микрофлору почв. Ранее авторами были проведены аналогичные исследования применения органоминерального удобрения на основе суперфосфата.

Целью работы является исследование экологической безопасности внесения в почву органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись органоминеральное удобрение влажностью 70 %, полученное при последовательной обработке высококонцентрированных жидких отходов свиного комплекса известковым молоком с последующей нейтрализацией минеральным удобрением – суспензией аммофоса, и жидкая фракция, образовавшаяся после отстаивания.

Для оценки влияния нового органоминерального удобрения на микрофлору была взята для исследований дерново-подзолистая суглинистая почва, с плотностью 1,21 г/см³, коэффициентом структурности 47,1, влажностью 22 %, pH =7,8.

В качестве тест-объектов были выбраны санитарно-показательные культуры инфузорий

Paramecium caudatum и *Tetrahymena pyriformis*.

Для выявления степени негативного влияния на почвенные микроорганизмы вносили на питательную среду водную суспензию (разбавление 1:10) необработанной почвы и почвы после обработки органоминеральным удобрением. При этом исследовали два вида образцов почвы, различающихся с дозами по азоту (N₂₀₀ и N₄₀₀). В чашки Петри с питательными средами вносили исследуемые образцы и выдерживали 5-7 суток в термостате, при температуре 37° С. Для анализа видов почвенных микроорганизмов был применен метод посева на питательную среду (агаровые пластинки) [9-10].

Достоверность исследований обеспечивалась трехкратной повторностью проведения опытов, вероятность безошибочного прогноза p=0,95. В таблицах и графиках отражены данные, где каждое из значений является средним арифметическим. Статистическая обработка результатов производилась с использованием программы MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Было изучено влияние органоминерального удобрения на микрофлору почвы. Исследования проводили в течение 90 суток. Результаты представлены в таблице 1.

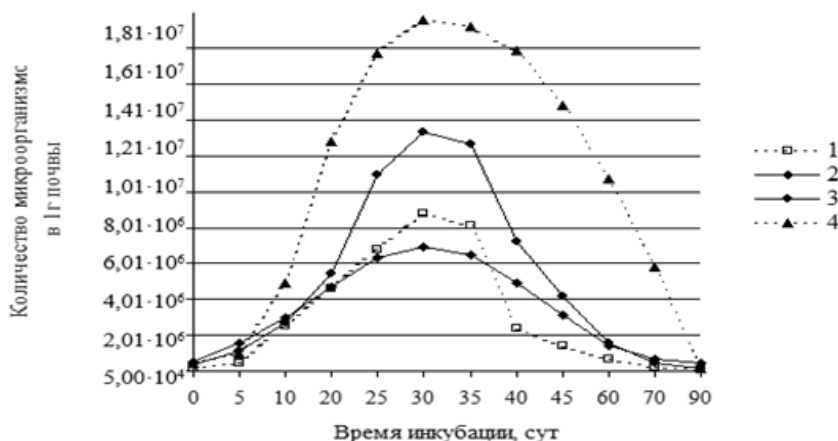
Таблица 1 – Изменение численности микроорганизмов почвы при внесении органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса

Почвенная микрофлора	Исследуемые образцы	
	Доза по азоту 200 мг/дм ³	Доза по азоту 400 мг/дм ³
Микроскопические грибы:		
контрольный опыт	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵
опыт 30 дней	8,5·10 ⁶	8,9·10 ⁶
опыт 90 дней	2,5·10 ⁵	2,8·10 ⁵
Микроорганизмы круговорота азота:		
контрольный опыт	3,6·10 ⁵	4,0·10 ⁵
опыт 30 дней	1,35·10 ⁷	2,4·10 ⁷
опыт 90 дней	2,9·10 ⁵	3,9·10 ⁵
Олигокарбофилы:		
контрольный опыт	2,0·10 ⁵	2,0·10 ⁵
опыт 30 дней	7,0·10 ⁶	7,0·10 ⁶
опыт 90 дней	1,2·10 ⁵	1,8·10 ⁵
Гетеротрофы:		
контрольный опыт	3,2·10 ⁵	3,2·10 ⁵
опыт 30 дней	1,85·10 ⁷	2,05·10 ⁷
опыт 90 дней	2,5·10 ⁵	2,95·10 ⁵

Влияние внесения органоминерального удобрения с дозой по азоту 200 мг/дм³ на изменение количества микроорганизмов почвы представлено графически на рис.1. На графике представлены следующие группы микроорганизмов: 1 – микроскопические грибы (среда Чапека; 2 – олигокарбофилы (голодный агар); 3 – микроорганизмы круговорота азота (КАА); 4 – гетеротрофы (мясопептонный агар).

Следует отметить резкий пик увеличения численности всех групп микроорганизмов в период 6-30-х суток от начала внесения в почву органоминерального удобрения. Максимальная числен-

ность исследуемых видов организмов наблюдалось на 30-е сутки: микроскопические грибы – 8,5·10⁶, гетеротрофы – 2,05·10⁷, олигокарбофилы – 7,0·10⁶, микроорганизмы круговорота азота – 1,35·10⁷. Отмечено увеличение в 21 раз за 30 суток численности микроорганизмов грибов в исследуемой пробе почв при внесении органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса в дозе N₂₀₀. При этом наблюдался рост численности олигокарбофилов в 13,8 раз; микроорганизмов круговорота азота – в 30 раз, гетеротрофов – в 60,8 раз.



1 – микроскопические грибы (среда Чапека); 2 – олигокарбофилы (голодный агар); 3 – микроорганизмы круговорота азота (КАА); 4 – гетеротрофы (мясо-пептонный агар)

Рис. 1 – Изменение числа санитарно-показательных микроорганизмов почвы при внесении органоминерального удобрения из жидких отходов свинокмплекса

(Fig.1 – Change in the number of sanitary-indicative soil microorganisms during the application of organomineral fertilizer from the liquid waste of pig farm (1 - microscopic fungi (Chapek's medium); 2 - oligocarbophilous (hungry agar); 3 - nitrogen cycle microorganisms; 4 - heterotrophs (meat-peptone agar))

Бурный рост в почве числа всех санитарно-показательных микроорганизмов по сравнению с контрольным опытом позволяет сделать заключение об отсутствии токсического влияния и ингибирующего воздействия органоминерального удобрения из жидких отходов свинокмплекса.

Сокращение численности всех исследуемых групп микроорганизмов отмечали через 90 суток после начала исследований: количество микроскопических грибов снизилось до $2,5 \cdot 10^5$, микроорганизмов круговорота азота – до $2,9 \cdot 10^5$, олигокарбофилов – до $1,2 \cdot 10^5$, гетеротрофов – до $2,5 \cdot 10^5$.

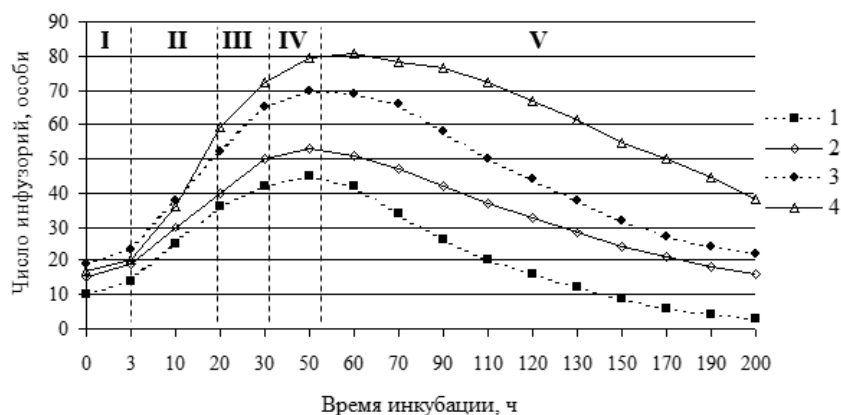
Таким образом, внесение органоминерального удобрения увеличивает биологическую активность почвы, повышая ее плодородие. Максимальный эффект наблюдается на 30-е сутки, после внесения удобрения в дозе N_{200} . В то же время повышение дозы органоминерального удобрения с N_{200} до N_{400} не показало незначительного роста микроорганизмов во все периоды исследования.

Тест-объектами для выявления отсутствия токсического воздействия органоминерального удо-

брения на водную среду были приняты инфузории *Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis*, выступающие санитарно-показательными культурами [11].

В исследованиях в качестве образцов использовались: водопроводная вода, жидкие отходы свиноферм, жидкая фракция после разделения, разбавленная 1:2 водопроводной водой и твердая фракция – органоминеральное удобрение, разбавленное 1:4. Для определения степени токсичности применяли следующие показатели: поведенческая реакция, выживаемость и прирост культуры, регистрируемые, соответственно, через 1, 2, 3, 4, 5, 24, 48, 72, 96, 120, 200 часов после начала исследования.

Результаты исследования токсичности на тест-культурах представлены на рисунках 2 и 3. Культуры проходят пять фаз развития: I – задержка роста; II – логарифмический рост; III – замедленный рост; IV – стационарный рост и V – отмирание (эндогенное дыхание).



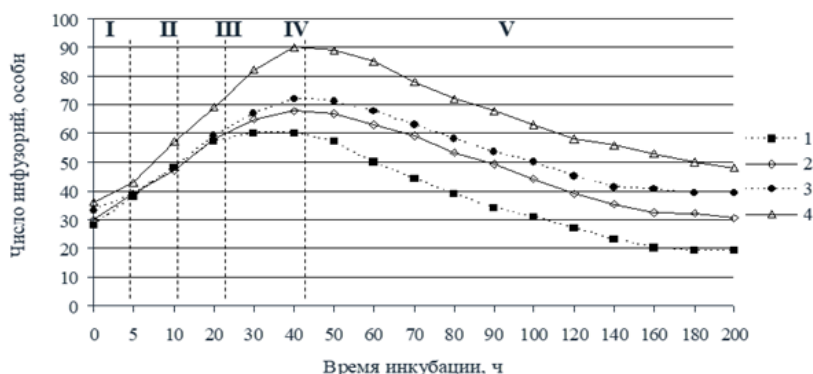
1 – водопроводная вода; 2 – осадок – органоминеральное удобрение (разбавление 1:4); 3 – свежие жидкие отходы; 4 – жидкая фракция после обработки (разбавление 1:2)

Рис. 2 – Изменение численности *Paramecium caudatum*

(Fig. 2 – Change in the abundance of *Paramecium caudatum*: 1 - tap water; 2 - sediment - organo-mineral fertilizer (dilution 1: 4); 3 - fresh liquid waste; 4 - liquid fraction after treatment (dilution 1:2))



Анализируя рисунок 2, можно сделать вывод – начиная с момента исследования (0ч на графике) фаза задержки роста у культуры *Paramecium caudatum* протекала в периоды 0-3 ч, логарифмического роста – 3-18 ч, замедленного роста – 18-30 ч, стационарного роста – 30-50 ч, фаза отмирания – более 150 ч.



1 – водопроводная вода; 2 – осадок – органоминеральное удобрение (разбавление 1:4); 3 – свежие жидкие отходы; 4 – жидкая фракция после обработки (разбавление 1:2)

Рис. 3 – Изменение числа инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в водных средах

(Fig.3 – Change in the number of ciliates *Tetrahymena pyriformis* in aquatic environments: 1 - tap water; 2 - sediment-organomineral fertilizer (dilution 1:4); 3 - fresh liquid waste; 4 - liquid fraction after treatment (dilution 1:2))

При исследовании культуры *Tetrahymena pyriformis* во всех исследуемых образцах продолжительность фазы задержки роста составляла около 5 ч, логарифмического роста – 15 ч, замедленного роста – 11 ч, стационарного роста – 16 ч, фаза отмирания – более 150 ч. Фазой, описывающей поведение инфузорий при контакте с исследуемой водной средой, является фаза логарифмического роста. Количество инфузорий *Paramecium caudatum* в период с 3 до 20 ч с начала исследований значительно возросло: в водопроводной воде – в 2,5 раза, в осадке-ОМУ – в 2,1 раза, в свежих жидких отходах – в 2,4 раза, в жидкой фракции – в 3 раза. Наибольшее количество инфузорий данного вида зарегистрировали на 50-й час инкубации: в водопроводной воде – 45 особей, в осадке – 52 особи, в свежих жидких отходах – 70 особей, в жидкой фракции – 83 особи.

Фаза логарифмического роста инфузорий характеризуется скоростью их роста μ , сут⁻¹:

$$\mu = \frac{nLn2}{t}, \quad (1)$$

$$n = \frac{LgN - LgN_0}{Lg2}, \quad (2)$$

$$\tau = \frac{t}{n} = \frac{1}{\nu}, \quad (3)$$

$$\nu = \frac{n}{t} = \frac{LgN - LgN_0}{(t - t_0)Lg2}, \quad (4)$$

где n – число генераций;
 t – отрезок времени исследования, ч;
 N_0 – число клеток в начальный момент времени;
 N – число клеток после генераций;
 ν – число клеточных делений;
 τ – продолжительность генерации, сут.;
 t_0 – начальный момент времени, сут⁻¹.

В таблице 2 приведены рассчитанные по формулам (1)-(4) наиболее характерные показатели фазы логарифмического роста инфузорий исследуемых санитарно-показательных групп.

Таблица 2 – Основные показатели фазы логарифмического роста

Исследуемые образцы	Показатели							
	<i>Paramecium caudatum</i>				<i>Tetrahymena pyriformis</i>			
	n	μ , сут.	τ , сут.	ν , сут ⁻¹	n	μ , сут.	τ , сут.	ν , сут ⁻¹
Водопроводная вода	1,303	1,188	0,635	2,00	1,585	1,953	0,498	3,182
Жидкие отходы свиного комплекса	1,350	2,073	0,539	2,505	1,610	2,871	0,480	3,354
Осадок – органоминеральное удобрение	1,580	2,283	0,487	3,244	1,634	2,926	0,392	4,168
Жидкая фракция после обработки	1,804	2,456	0,371	4,863	2,411	3,147	0,376	6,412



В образце с водопроводной водой наблюдалось устойчивое снижение в 1,1-1,2 раза максимального числа особей используемых тест-объектов по отношению к их содержанию в осадке; в 1,2-1,8 раз – в свежих жидких отходах, в 1,5-2,0 раза – в жидкой фракции после обработки.

Жидкая фракция, отделившаяся после обработки и разбавленная водой 1:2, не оказывает ингибирующего воздействия на исследуемые культуры и является наиболее благоприятной средой для их развития. Твердая фракция, тестируемая на инфузориях после разбавления 1:4, также не оказывает негативного воздействия на санитарно-показательные культуры.

Заключение

Применение органоминерального удобрения из жидких отходов свиного комплекса влажностью около 70 % не оказывает токсического воздействия на почвенную микрофлору. Более того, через 30 суток активность микроорганизмов увеличивается на два порядка.

В целом, исследование и оценка влияния на почву удобрения, полученного авторами при обработке жидких отходов свиноводческих комплексов минеральными компонентами, позволили установить, что оно является ценным экологически безопасным органоминеральным удобрением. Новое органоминеральное удобрение положительно влияет на микрофлору почвы, увеличивая ее плодородие.

В результате оценки можно сделать следующие выводы.

1. Резкий пик увеличения численности всех групп микроорганизмов наблюдается в период 6-30-х суток от начала внесения в почву органоминерального удобрения, что свидетельствует о повышении биоактивности почвы и плодородия. Максимальный прирост происходит на 30-е сутки после внесения удобрения. В то же время повышение дозы органоминерального удобрения с N_{200} до N_{400} не показало незначительного роста микроорганизмов во все периоды исследования.

2. Значительный рост численности всех групп микроорганизмов в почве, обработанной органоминеральным удобрением, по отношению к контролю (число микроорганизмов в нулевые сутки исследований) позволил установить отсутствие его токсического воздействия.

3. Жидкие отходы свиного комплекса являются питательной средой для роста инфузорий, т. к. содержат высокие концентрации питательных элементов. Оптимальной средой для развития особей видов *Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis* является жидкая фаза, образовавшаяся после их реагентной обработки и разбавления

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

водой в соотношении 1:2. Осадок, разбавленный водой в соотношении 1:4, также благоприятен для исследуемых видов инфузорий и не оказывает на них ингибирующего воздействия.

Список источников

1. Gros, M., Mas-Pla, J. et al. Veterinary pharmaceuticals and antibiotics in manure and slurry and their fate in amended agricultural soils: Findings from an experimental field site (Baix Empordà, NE Catalonia) // *Science of The Total Environment*. - 2019. - № 654. - P.1337-1349. - DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.11.061

2. Amin, M., Pedersen, C. et al. Influence of soil structure on contaminant leaching from injected slurry // *Journal of Environmental Management*. - 2016. - №184. P.289-296. - DOI 10.1016/j.jenvman.2016.10.002.

3. Sepehri, N., Memarianfard, L. et al. Bacterial mobilization and transport through manure enriched soils: Experiment and modeling // *Journal of Environmental Management*. - 2017. - № 201. - P.388-396. - DOI 10.1016/j.jenvman.2017.07.009.

4. Lupwayi, N., Zhang, Y. et al. Linking soil microbial biomass and enzyme activities to long-term manure application and their legacy // *Pedobiologia*. - 2019. - №74. - P.34-42. - DOI 10.1016/j.pedobi.2019.04.001

5. Segata, J., Roger, P. et al. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. - 2015. - №122. - P.91-97. - DOI 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017

6. Качанова, Л.С., Бондаренко, А.М. Эффективность технологических процессов производства и применения удобрений на предприятиях АПК: монография. - Волгоград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, - 2015. - С.5-7

7. Колесникова, Т.А., Куликова, М.А. и др. Способ подготовки сточных вод для сельскохозяйственного использования // Патент России № 2683759, 2018

8. Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // *EurAsian Journal of BioSciences*. - 2020. - №579. - DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032108

9. Мишустин, Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. - Москва: Наука. - 1975. - С.111-116.

10. Евдокимов, И.В. Методы определения биомассы почвенных микроорганизмов // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. - 2018. - № 3 (3). - DOI 10.21685/2500-0578-2018-3-5.

11. ГОСТ Р 57166-2016 ВОДА. Определение токсичности по выживаемости пресноводных инфузорий.

References

1. Gros, M., Mas-Pla, J. et al. Veterinary pharmaceuticals and antibiotics in manure and slurry and their fate in amended agricultural soils: Findings from an experimental field site (Baix Empordà, NE Catalonia) // *Science of The Total Environment*. - 2019. - № 654. - P.1337-1349. - DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.11.061



2.Amin, M., Pedersen, C. et al. Influence of soil structure on contaminant leaching from injected slurry // *Journal of Environmental Management*. – 2016.- №184. R.289-296. - DOI 10.1016/j.jenvman.2016.10.002.

3.Sepehrnia, N., Memarianfard, L.et al. Bacterial mobilization and transport through manure enriched soils: Experiment and modeling // *Journal of Environmental Management*. – 2017.- № 201.- R.388-396. - DOI 10.1016/j.jenvman.2017.07.009.

4.Lupwayi,N., Zhang, Y. et al. Linkng soil microbial biomass and enzyme activities to long-term manure application and their legacy // *Pedobiologia*.- 2019.- №74.- R.34–42- DOI 10.1016/j.pedobi.2019.04.001

5.Segata,J., Roger,P. et al. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil// *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2015. - №122. - R.91-97. - DOI 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017

6.Kachanova, L.S., Bondarenko, A.M. Effektivnost' tekhnologicheskikh processov proizvodstva i primeneniya udobrenij na predpriyatiyah APK: monografiya. - Zernograd: Azovo-CHernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VO Donskoj GAU, - 2015.-S.5-7

7.Kolesnikova, T.A., Kulikova, M.A. i dr. Sposob podgotovki stochnyh vod dlya sel'skohozyajstvennogo ispol'zovaniya//Patent Rossii № 2683759, 2018

8.Kolesnikova,T., Kulikova;M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // *EurAsian Journal of BioSciences*. – 2020. - №579.- DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032108

9.Mishustin, E.N. Associacii pochvennyh mikroorganizmov. - Moskva: Nauka. - 1975.-S.111-116.

10.Evdokimov, I.V. Metody opredeleniya biomassy pochvennyh mikroorganizmov // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. – 2018. – № 3 (3). - DOI 10.21685/2500-0578-2018-3-5.

11.GOST R 57166-2016 VODA. Opredelenie toksichnosti po vyzhivaemosti presnovodnyh infuzorij.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Колесникова Татьяна Андреевна, ст. препод. кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, t.kolesnikova@npi-tu.ru

Куликова Марина Анатольевна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, m.kulikova@npi-tu.ru

Author Information

Kolesnikova Tatyana A., Senior Lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), t.kolesnikova@npi-tu.ru

Kulikova Marina A., PhD in engineering sciences, associate professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), m.kulikova@npi-tu.ru

Статья поступила в редакцию 13.02.2023.; одобрена после рецензирования 06.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 13.02.2023; approved after reviewing 06.03.2023; accepted for publication 10.03.2023..





Вестник РГАТУ, 2023, т 15, № 1, с.55-64
Vestnik RGATU, 2023, Vol 15., № 1, pp 55-64

Научная статья
УДК 636.3.035
DOI: 10.36508/RSATU.2023.37.81.008

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ХАРАКТЕРИСТИКА СТАДА ОВЕЦ ХАНГИЛЬСКОГО МЯСОШЕРСТНОГО ТИПА
ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

Людмила Александровна Ладугина¹, Татьяна Анатольевна Хорошайло²✉, Алексей Сергеевич Козубов³

¹Забайкальский аграрный институт – филиал Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского, г. Чита, Россия

^{2,3}Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

¹ dozabai@mail.ru

² tatyana_zabai@mail.ru

³ lewako Zubov@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований – дать характеристику стада овец Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы.

Методология. Комплексную оценку проводили на поголовье чистопородных овец забайкальской породы внутривидового типа Хангильский. Комплексной оценке подлежало 7985 голов, из числа которых овцематок было 5211 голов, 859 голов переярок, ярок 1,5-годовалых – 1832 головы, 41 голова основных и пробников баранов-производителей и 42 головы ремонтных баранов. Овец оценивали во второй половине июня 2022 г. перед стрижкой, согласно «Порядку и условиям проведения бонитировки племенных овец тонкорунных, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности» от 05.10.2010 г. № 335, с изменениями от 30.05.2013 года № 235. Живую массу определяли на электронных весах с точностью до 0,1 кг; образцы взятой от овец шерсти исследовали в лаборатории шерсти ЗабНИИСХ.

Результаты. Была комплексно изучена и дана характеристика стада Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы. Данные бонитировки показали, что рассматриваемое стадо овец представлено, в основном, животными желательного типа. Обследованное взрослое поголовье овец имело крепкую, плотную конституцию, что выразилось, прежде всего, в облегченном, но слегка грубоватом костяке и плотной, достаточно тонкой коже, которая продуцирует довольно густую, тонкую шерсть. Руно оцененных овец было замкнутое, штапельного строения. Густота шерсти соответствовала требованиям желательного типа овец. Наибольшее количество животных отвечало требованиям удовлетворительной и хорошей густоты шерсти. Уравненность шерсти по руно достаточно хорошая. Содержание жиропота в шерсти оптимальное. Цвет жиропота шерсти обследованного поголовья овец, в основном, светлых тонов, от светло-кремового до белого. Оброслость спины и брюха у взрослых животных хорошая. Имеются замечания по степени оброслости брюха у полуторалетних ярок. По живой массе обследованное поголовье соответствует требованиям желательного Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы. Средняя осенняя живая масса основных баранов-производителей равна 92,2 кг, овцематок селекционного ядра – 59,4 кг.

Заключение. Мониторинг АК «Цокто-Хангил» состояния племенного овцеводства, проведенный анализ показателей продуктивности и качества производимой шерсти свидетельствуют, что в целом деятельность хозяйства в области овцеводства находится на должном уровне. Поголовье Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы отвечает требованиям желательного типа.

Ключевые слова: овцы, забайкальская порода, Хангильский тип, бонитировка, комплексная оценка

Для цитирования: Ладугина Л.А., Хорошайло Т.А., Козубов А.С. Характеристика стада овец Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, № 1 С 55-64, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.37.81.008>

**CHARACTERISTICS OF THE HERD OF SHEEP OF THE KHANGIL MEAT-WOOL TYPE OF THE TRANS-BAIKAL BREED****Lyudmila A. Ladugina¹, Tatiana A. Khoroshailo²✉, Alexey S. Kozubov³**

¹Trans-Baikal agrarian Institute – a branch of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky, Chita, Russia

^{2,3}Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

¹dozabai@mail.ru

²tatyana_zabai@mail.ru

³lewakozubov@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The aim of the research was to characterize the herd of sheep of the Khangil meat-wool type of the Trans-Baikal breed.

Methodology. A comprehensive assessment was carried out on the number of purebred sheep of the Transbaikal breed of the internal breed type Khangilsky. 7985 heads were subject to a comprehensive assessment, of which there were 5211 heads of ewes, 859 heads of ewes, 1.5-year-old ewes – 1832 heads, 41 heads of main and sample rams and 42 heads of replacement rams. Sheep were evaluated in the second half of June 2022. before shearing, according to the "Procedure and conditions for grading pedigree sheep of fine-fleeced, semi-fine-fleeced breeds and breeds of the meat direction of productivity" dated October 05, 2010 No. 335, with amendments dated May 30, 2013 No. 235. Live weight was determined on electronic scales with an accuracy of 0.1 kg; samples of wool taken from sheep were examined in the wool laboratory of ZabNIISKh.

Results. The herd of the Khangil meat-wool type of the Trans-Baikal breed was comprehensively studied and characterized. The evaluation data showed that the considered herd of sheep is represented mainly by animals of the desired type. The examined adult sheep stock had a strong, dense constitution, which was expressed, first of all, in a light, but slightly rough skeleton and dense, rather thin skin, which produces rather thick, fine wool. The fleece of the evaluated sheep was a closed, staple structure. The thickness of the wool corresponded to the requirements of the desired type of sheep. The largest number of animals met the requirements for satisfactory and good wool density. The evenness of the wool on the rump is quite good. The fat content in wool is optimal. The color of the wool grease of the examined livestock of sheep is mainly light tones, from light cream to white. The overgrowth of the back and belly in adult animals is good. There are comments on the degree of overgrowth of the belly in one and a half year old ewes. In terms of live weight, the examined livestock meets the requirements of the desired Khangil meat-and-wool type of the Trans-Baikal breed. The average autumn live weight of the main sires is 92.2 kg, the breeding core ewes – 59.4 kg.

Conclusion. Monitoring of JSC «Tsokto-Khangil» on the state of pedigree sheep breeding, the analysis of indicators of productivity and quality of wool produced indicate that, in general, the activity of the farm in the field of sheep breeding is at the proper level. The livestock of the Khangil meat-wool type of the Trans-Baikal breed meets the requirements of the desired type.

Key words: sheep, Trans-Baikal breed, Khangil type, appraisal, comprehensive assessment

For citation: Ladugina L.A., Khoroshailo T.A., Kozubov A.S. Characteristics of the herd of sheep of the Khangil meat-wool type of the trans-baikal breed // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No 1. P 55-64 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.37.81.008>

Введение

Выявление и широкое распространение наиболее приспособленных, высокопродуктивных и экономически выгодных типов овец – задача актуальная, а сравнительная оценка овец разных конституционально-продуктивных типов применительно к конкретному региону имеет большое значение в теории и практике овцеводства. Наличие в породе нескольких генетических типов обеспечивает генетическое разнообразие и структуру стада, что позволяет постоянно совершенствовать племенные и продуктивные качества животных [16].

Согласно стандарту тонкорунных пород овец мясошерстного направления продуктивности животные должны быть крупные, крепкой консти-

туции, с прочным костяком. Матки комолые, допускаются животные с роговыми зачатками или небольшими рогами. Бараны комолые и рогатые. Профиль головы ровный, у баранов небольшая горбоносость [12].

Оброслость головы рунной шерстью до линии глаз, ног – до запястного и скакательного суставов. Кожа свободно облегает туловище. На шее бурда и фартук, у части животных на туловище мелкие морщины, видимые на остриженных животных. Грудь широкая и глубокая, холка широкая, спина и поясница ровные, крестец хорошо развит, лямки и лопатки выполнены хорошо. Скороспелость и мясные качества хорошие [8].

Руно средней плотности, штапельного строения, закрытое. Шерсть у маток преимуще-



ственно 23,0-25,0 мкм (60-го качества), у баранов – 23,0-27,0 мкм (60-58-го качества) Допускаются бараны с шерстью 27,0-29,0 мкм (56-го качества), матки – с 25,0-27,0 мкм (58-го качества) с длинной, густой шерстью, уравненной по толщине волокон в штапеле и по руно. Извитость шерсти правильная или плоская, достаточно выраженная. Шерсть прочная, упругая, эластичная [10].

Длина шерсти на боку у маток 8,0 см, у баранов – 9,0 см. Разница в длине шерсти на боку и спине не должна превышать 1,0-1,5 см. Оброслость брюха удовлетворительная и хорошая. Жиропот светло-кремовый и белый удовлетворительного качества. Выход чистой шерсти без учета низших

сортов у баранов не менее 48 %, у маток – 50 % [8].

Материалы и методы исследования

В Агрокооперативе «Цокто-Хангил» осуществляется чистопородное разведение овец Хангильского мясо-шерстного типа забайкальской породы. Общая численность овец в АК «Цокто-Хангил» Агинского района на 31.12.2021г. составила 8433 головы, на 30.09.2022г. – 8707 голов (табл. 1). Бонитировка осуществлялась согласно «Порядку и условиям проведения бонитировки племенных овец тонкорунных, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности» от 05.10.2010 г. № 335, с изменениями от 30.05.2013 года № 235 [8].

Таблица 1 – Численность пробонитированных овец, голов

Группа животных	Количество пробонитированных овец	
	на 31.12.2021г.	на 30.09.2022г.
Бараны-производители основные, пробники	84	41
Бараны ремонтные	57	42
Овцематки	5455	5211
Переярки	859	859
Ярки 1,5 года	1969	1832

На начало бонитировки (15 июня 2022 г.) в АК «Цокто-Хангил» всего насчитывалось 8707 голов овец. Обследованию подлежало 7985 голов (основных баранов-производителей – 9 гол., баранов-пробников – 32 гол., ремонтных баранов – 42 гол., овцематок – 5211 гол., переярок – 859 гол., ярок – 1832 гол.). Согласно техническому заданию было пробонитировано необходимое поголовье, от которого были отобраны образцы шерсти для исследования в лаборатории шерсти ЗабНИИСХ.

Результаты исследований и их обсуждение

При оценке животных большое значение имеет экстерьер, так как по экстерьеру можно определить тип конституции, породность животных, индивидуальные особенности телосложения и направление продуктивности. По экстерьеру можно судить о мясных качествах животного в процессе

роста, поскольку у животных отмечена неравномерность роста частей тела. Учитывая этот факт, данные о живой массе растущих животных необходимо дополнять измерениями частей тела (статей) [3].

Важнейшими свойствами тонкой шерсти, определяющими ее технологическую направленность, являются тонаина, прочность, длина, состояние (засоренность растительными примесями). Эти свойства варьируют в зависимости от селекционных и зоотехнических приемов, технологий ведения овцеводства, стрижки и классировки шерстяного сырья, осуществляемых в овцеводческих хозяйствах [4, 15].

В таблице 2 представлены сводные данные бонитировки овец, проводимой в АК «Цокто-Хангил» с 13 по 17 июня 2022 года.

Таблица 2 – Результаты бонитировки племенных овец, %

Группа животных	ТЖ – тип			К – конституция			Э – экстерьер			ГШ – густота шерсти				И – извитость		
	Т–	Т	Т+	Кн	Кг	Кк	3	4	5	М–	М	М+	ММ	И–	И	И+
Бараны-производители, основные	–	–	100	–	–	100	–	5,0	95,0	–	43,0	39,0	18,0	–	68,0	32,0
Бараны ремонтные	–	8,0	92,0	–	4,0	96,0	–	–	100	–	42,0	48,0	10,0	6,0	66,0	28,0
Овцематки	–	18,0	82,0	–	8,0	92,0	4,0	46,0	50,0	–	55,0	34,0	11,0	11,0	55,0	34,0
Переярки	–	15,0	85,0	2,0	3,0	95,0	4,0	50,0	46,0	3,0	52,0	37,0	8,0	12,0	47,0	41,0
Ярки 1,5-годовалые	–	53,0	47,0	9,0	6,0	85,0	13,0	49,0	38,0	6,0	64,0	24,0	6,0	16,0	54,0	30,0



Продолжение таблицы 2

Группа животных	У – уравни-ность			КЖ – количество жиропота			ЦЖ – цвет жиропота			Ос – оброслость спины			Об – оброслость брюха		
	У-	У	У+	Ж-	Ж	Ж+	к	ск	б	Ос-	Ос	Ос+	Об-	Об	Об+
Бараны-производители, основные	-	53,0	47,0	-	100	-	-	57,0	43,0	-	-	100	-	-	100
Бараны ремонтные	-	64,0	36,0	-	100	-	-	56,0	44,0	-	-	100	-	-	100
Овцематки	2,0	74,0	24,0	3,0	97,0	-	-	54,0	46,0	-	14,0	86,0	-	36,0	64,0
Переярки	2,0	56,0	42,0	1,0	99,0	-	-	56,0	44,0	-	-	-	-	-	-
Ярки 1,5-годовалые	5,0	58,0	37,0	5,0	95,0	-	-	53,0	47,0	18,0	26,0	56,0	6,0	40,0	54,0

Анализируя результаты комплексной оценки животных, сопоставляли все оцениваемые показатели с минимальными требованиями, предъявляемыми к овцам Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы. Данные бонитировки свидетельствуют, что рассматриваемое стадо овец представлено, в основном, животными желательного типа.

Известно, что сохранение крепкого экстерьера, хорошего здоровья животных, приспособленности к условиям круглогодичного пастбищного содержания в полной мере зависит от конституции животных [13].

Обследованное взрослое поголовье овец имеет крепкую, плотную конституцию, что выражается, прежде всего, в облегченном, но слегка грубоватом костяке и плотной, достаточно тонкой коже, которая продуцирует довольно густую, тонкую шерсть.

Однако среди переярок и ярок выявлены животные с нежной конституцией – 3,0 % и 11,0 %, соответственно. Эти животные не соответствуют желательному типу и, в последующем, подлежали выбраковке. Выявлены некоторые недостатки в экстерьере у 3 % овцематок; у переярок и ярок – 4,0 % и 15,0 %, соответственно, от общего поголовья. Животные, отклоняющиеся от желательного типа, также были выбракованы.

Характеризуя шерстные качества овец, можно констатировать, что руно обследованных овец замкнутое, штапельного строения. Густота шерсти соответствует требованиям желательного типа овец. Наибольшее количество животных отвечают требованиям удовлетворительной (М) и хорошей (М+) густоты шерсти. Наибольшую густоту шерсти (ММ) среди взрослого поголовья имели около 15,3 % животных, среди молодняка – 11,2 %.

В мясошерстном овцеводстве, наряду с длиной и тониной шерстного волокна, большое внимание уделяют извитости шерсти, которая придает волокнам дополнительную упругость, тесно связана с тониной и уравниваемостью шерсти. При обследовании стада выявлено около 11 % взрослых овец и до 13 % среди молодняка, у которых смытая из-

витость шерсти. По улучшению извитости шерсти у овец Хангильского типа селекционеры работают в настоящее время, однако требуется продумать дополнительные действия в этом направлении [2,5].

Оценка животных по уравниваемости шерсти свидетельствует, что стадо овец Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы представлено, в основном животными, у которых уравниваемость шерсти по руну достаточно хорошая. Однако выявлено определенное количество животных с неудовлетворительной уравниваемостью: среди овцематок – 1,0 %; среди переярок и ярок в среднем около 2,0 %.

Жиропот обуславливает сохранение физических свойств шерсти, защищает шерстные волокна от воздействия факторов внешней среды и влаги. Отмечено, что у овец Хангильского типа содержание жиропота в шерсти оптимальное. Цвет жиропота шерсти обследованного поголовья овец, в основном, светлых тонов, от светло-кремового до белого.

Оброслость спины и брюха у взрослых животных хорошая. Шерсть на брюхе однородная, наличие маркирта и огрубления шерстных волокон не выявлено. Имеются замечания по степени оброслости брюха у полуторалетних ярок.

Изменение живой массы овец – показатель, который обуславливает общее развитие и физиологическое состояние поголовья, а также продуктивность животных [3].

Важнейшими свойствами тонкой шерсти, определяющими ее технологическую направленность, являются тонаина, прочность, длина, состояние (засоренность растительными примесями). Эти свойства варьируют в зависимости от селекционных и зоотехнических приемов, технологий ведения овцеводства, стрижки и классировки шерстяного сырья, осуществляемых в овцеводческих хозяйствах [9,17].

В таблице 3 представлены данные по живой массе овец разных половозрастных групп и шерстной продуктивности.



Таблица 3 – Живая масса и шерстная продуктивность овец разных половозрастных групп

Половозрастная группа	Живая масса		Настриг шерсти, кг	Выход рунной шерсти, %
	на 15.06.2022г.	на 18.10.2022г.		
Бараны-производители основные	84,2	92,2	6,9	63,5
Бараны-производители резервные	80,8	85,4	6,3	63,0
Бараны-производители пробники	73,3	80,6	5,9	62,1
Ремонтные бараны	66,4	71,3	4,9	63,0
Ремонтные баранчики 1,5-годовал.	40,9	50,3	3,8	62,5
Овцематки селекционного ядра	53,9	59,4	3,8	62,8
Овцематки класса элита	48,1	54,8	3,6	61,7
Овцематки I класса	47,1	53,5	3,6	61,1
Переярки	43,8	49,7	4,1	62,4
Ярки 1,5-годовалые	33,6	42,8	3,4	61,7

По живой массе обследованное поголовье соответствует требованиям желательного Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы. Средняя осенняя живая масса основных баранов-производителей равна 92,2 кг, овцематок селекционного ядра – 59,4 кг. Живая масса ярок превышает требования стандарта породы для молодняка и разработанные нами минимальные требования для желательного типа овец Хангильского мясошерстного типа – 40,5-41,9 кг.

Тонина шерстных волокон на 80 % определяет ценность шерсти, как прядильного сырья; кроме того, этот признак важен для селекции, поскольку он в определенной степени обуславливает величину шерстной продуктивности, характеризует конституциональные особенности овец [14].

В таблице 4 представлены данные, характеризующие тонины шерстных волокон животных обследованных половозрастных групп.

Таблица 4 – Характеристика стада овец по тонине шерстных волокон на боку

Половозрастные группы	Количество животных с тониной шерсти (пуха) на боку, кач. / мкм, %					
	80	70	64	60	58	56
	14,5–18,0	18,1–20,5	20,6–23,0	23,1–25,0	25,1–27,0	27,1–29,0
Бараны-производители основные	–	–	33,3	53,3	13,4	–
Бараны-производители резервные	–	13,3	26,7	46,6	13,4	–
Бараны-производители пробники	–	–	30,0	50,0	20,0	–
<i>В среднем по баранам</i>	–	4,4	30,0	49,9	15,7	–
Ремонтные бараны	–	8,9	37,8	42,2	11,2	–
Овцематки селекционного ядра	8,0	16,9	53,4	21,7	–	–
Овцематки класса элита	3,0	14,7	51,7	30,6	–	–
Овцематки I класса	–	12,9	52,1	35,0	–	–
<i>В среднем по овцематкам</i>	3,7	14,8	52,4	29,1	–	–
Переярки	4,1	17,3	47,8	30,8	–	–
Ярки 1,5-годовалые	5,8	32,6	48,4	13,0	–	–
Ремонтные баранчики 1,5-годовал.	4,0	34,5	43,9	17,6	–	–



Следует иметь в виду, что излишнее утонение шерсти, как правило, связано с ослаблением конституции, снижением адаптивных свойств, продуктивности и жизнеспособности животных. Особенно это важно помнить при разведении овец в условиях резко континентального климата Забайкалья [7,11].

По нашим данным у 30 % основных баранов-производителей тонина шерстных волокон на боку составила 21,8 мкм (64 качество), у 44,4 % животных – 24,1 мкм (60 качество). Из общего количе-

ства производителей (50 голов) выявлены производители с 70 и 58 качеством шерсти в количестве 2 и 8 голов, соответственно. Наибольшее количество ремонтных баранов (81 %) имели шерсть тониной 20,6–25,0 мкм (64–60 качество). Тонина шерсти у овцематок и переярок была преимущественно 20,6–25,0 мкм (64–60 качество), а у ярок – 18,1–23,0 мкм (70–64 качество).

В таблице 5 представлены данные исследования шерстных волокон, отобранных у животных с лямки

Таблица 5 – Характеристика стада овец по тонине шерстных волокон на лямке

Половозрастные группы	Количество животных с тониной шерсти (пуха) на боку, кач. / мкм, %					
	80	70	64	60	58	56
	14,5–18,0	18,1–20,5	20,6–23,0	23,1–25,0	25,1–27,0	27,1–29,0
Бараны-производители основные	–	–	25,6	37,7	9,5	–
Бараны-производители резервные	–	–	39,0	49,5	11,5	–
Бараны-производители пробники	–	–	32,0	44,0	24,0	–
<i>В среднем по баранам</i>	–	–	32,4	43,1	24,5	–
Ремонтные бараны	–	–	35,7	42,5	21,6	–
Овцематки селекционного ядра	–	23,9	55,4	20,7	–	–
Овцематки класса элита	–	17,7	50,7	31,6	–	–
Овцематки I класса	–	22,9	52,1	25,0	–	–
<i>В среднем по овцематкам</i>	–	21,5	52,7	25,8	–	–
Переярки	–	24,3	40,9	34,8	–	–
Ярки 1,5-годовалые	–	26,7	47,4	25,9	–	–
Ремонтные баранчики 1,5-годовал.	–	27,9	44,5	27,6	–	–

Анализируя полученный материал в сопоставлении с данными тонины образцов шерсти, отобранных с бока овец, мы сделали заключение об уравненности шерсти по тонине в целом по руно. Результаты свидетельствуют, что шерсть обследованных животных достаточно хорошо уравнена. Разница в тонине находится в пределах одного качества или 25,0 микрометров.

Общеизвестно, что длина шерстных волокон – это важный селекционный признак, тесно кор-

релирующий с показателями шерстной продуктивности овец [6].

Результаты оценки шерсти животных по половозрастным группам свидетельствуют, что в целом руно овец отличалось хорошей уравненностью по длине шерсти на разных топографических участках. По взрослым баранам-производителям показатели длины шерсти находились в пределах 8,32–8,84 см, по ремонтным баранам – 8,99–9,54 сантиметра (табл. 6).

Таблица 6 – Длина шерстных волокон

Половозрастная группа	Длина шерстных волокон, см				Величина зоны вымытости, см	Величина зоны загрязнения, см
	бок	ляжка	спина	брюхо		
Бараны-производители (осн.)	8,99	8,85	8,54	8,39	1,10	2,20
Бараны-производители (резерв.)	8,88	8,75	8,43	8,39	1,01	2,07
Бараны-производители пробники	8,65	7,98	8,01	8,28	1,18	2,18
<i>В среднем по баранам</i>	8,84	8,52	8,32	8,35	1,10	2,15
Ремонтные бараны	9,54	9,35	8,98	8,99	1,23	2,32



Продолжение таблицы 6

Овцематки селекционного ядра	8,11	8,00	–	–	0,90	2,01
Овцематки класса элита	7,90	7,60	–	–	0,96	2,28
Овцематки I класса	7,78	7,70	–	–	1,10	2,11
<i>В среднем по овцематкам</i>	<i>7,93</i>	<i>7,78</i>	–	–	<i>0,98</i>	<i>2,13</i>
Переярки	8,74	8,70	–	–	1,08	3,29
Ярки 1,5-годовалые	9,71	8,48	–	–	2,30	3,42
Ремонтные баранчики 1,5-годовал.	9,48	9,51	9,31	9,12	2,06	3,21

Отмечено, что длина шерстных волокон по овцематкам и переяркам достаточно хорошо уравнена, что не относится к яркам. Разница в длине шерсти на боку и ляжке у ярков составила 1,23 см (12,7 %). При повторной бонитировке ярки с неуровненной по руно длиной подлежат выбраковке.

Разрывная нагрузка шерсти баранов-производителей, переярок и молодняка соответствует стандартным требованиям и равна в среднем 8,90 сН/tex. Прочность шерсти овцематок несколько ослаблена – 7,9 сН/tex.

В процессе формирования руна большое значение имеет жиропот, количество и качество которого определяется по глубине зоны вымытости и величине загрязненности штапеля [1].

Глубина зоны вымытости штапеля шерсти у взрослого поголовья составила в среднем 1,0 см, величина загрязненности штапеля – 2,2 см. По группе баранов величина вымытости штапеля шерсти составила 12,78 % от длины шерсти, а величина загрязненности – 25,2 %. По овцематкам эти показатели были равны, соответственно, 12,3 и 26,86 %. Данные показатели свидетельствуют о достаточном количестве качественного жиропота в шерсти овец Хангильского типа.

Таким образом, мониторинг АК «Цокто-Хангил» Агинского района состояния племенного овцеводства, проведенный анализ показателей продуктивности и качества производимой шерсти свидетельствуют, что в целом деятельность хозяйства в области овцеводства находится на должном уровне. Поголовье Хангильского мясошерстного типа забайкальской породы отвечает требованиям желательного типа. Следует отметить, что в хозяйстве наблюдаются очень серьезные кадровые трудности не только в специалистах, но и в чабанах, а также в обслуживающем сельскохозяйственное производство персонале.

Заключение

На основании проведенного мониторинга племенной работы и качества племенного поголовья в агрокооперативе «Цокто-Хангил» выносим следующие рекомендации.

1. Для совершенствования Хангильского мясошерстного типа овец забайкальской породы, улучшения продуктивных показателей и качества шерсти запланировать приобретение в хозяйство для вводного скрещивания с овцематками Хангильского мясошерстного типа баранов-производителей мясошерстного направления продуктивности – российский мясной меринос.

2. Селекционно-племенную работу со стадом в хозяйстве проводить, не нарушая сложившуюся в условиях Забайкалья технологию ведения овцеводства и в строгом соответствии со следующим планом:

- организация полноценного кормления, бесперебойного поения, соответствующего содержания и воспроизводства животных;
- ежегодное проведение бонитировки племенных овец, в том числе основных баранов-производителей необходимо оценивать два раза в год – весной и осенью;
- накопление в стаде необходимого количества высокопродуктивных баранов-производителей и овцематок желательного типа для обеспечения устойчивой консолидации породных признаков, присущих Хангильскому мясошерстному типу забайкальской породы;
- проведение индивидуальной бонитировки овец всех половозрастных групп в соответствии с требованиями инструкции, выявление высокопродуктивных животных, отличающихся живой массой, мясными признаками, густотой, длиной и благородством шерсти;
- особое внимание следует уделять оценке экстерьерно-конституциональных показателей, качеству шерсти и продуктивности основных и ремонтных баранов-производителей;
- проведение индивидуального учета происхождения, продуктивности и племенного использования овец селекционного ядра. По остальной части племенного поголовья – индивидуальный учет настрига шерсти и изменения живой массы;
- ежегодное проведение иммуногенетического исследования крови для определения достоверности происхождения потомства;
- получение и выращивание высококлассного племенного молодняка для пополнения собственного стада и реализации;
- проведение направленного отбора и выращивания переярок для комплектования маточного стада селекционной группы;
- пополнение элитных групп овцематок высокопродуктивными животными, полученными от высокопродуктивных овцематок;
- своевременное проведение отбивки ягнят от овцематок и проведение формирования отар молодняка и маточного поголовья;
- проведение отбора молодняка ступенчато – в возрасте 4, 7, 8, 15 и 27 мес.
- проведение отбора на племя животных



желательного типа, обладающих высокой живой массой и мериносовой шерстью 64-60 качества;

– осуществление соответствующей подготовки баранов-производителей к искусственному осеменению овцематок и подбора баранов-производителей к овцематкам (индивидуального или группового);

– использование для качественного преобразования стада глубокозамороженной спермы высокопродуктивных баранов;

– проведение углубленной селекционной работы, однородного подбора при линейном разведении, в дальнейшем, путем кросса линий;

– проведение проверки баранов-производителей по качеству потомства;

– использование рекомендаций по повышению и улучшению качества производимой продукции, рекомендаций по улучшению технологии ведения овцеводства в условиях Забайкалья.

– обязательный отбор образцов шерсти у основных и ремонтных баранов-производителей, у баранов, назначенных для проверки по качеству потомства, у овцематок селекционного ядра для определения в лабораторных условиях диаметра волокон и уравнивания их по тонине, длине в штапеле и по руну, прочности и других показателей.

Список источников

1. Абдурасулов А.Х. [и др.]. Сохранение генофонда алайской породы овец как проблема государственного значения // Вестник Ошского государственного университета. 2021. № 1–2. С. 188–195. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46232969>

2. Арылов Ю.Н., Тюрбеев Ц.Б., Горяев М.Б. Характеристика стада овец курдючной породы ООО агрофирмы «Адучи» // В сборнике: Совершенствование региональных породных ресурсов мясного скота и повышение их генетического потенциала в целях наращивания производства высококачественной отечественной говядины. Материалы Международной научной конференции. Элиста, 2020. С. 131–135. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46675716>

3. Белик Н.И., Асеева Н.В. Длина шерсти у ярок с разной тониной шерсти // В сборнике: Актуальные проблемы повышения продуктивности и охраны здоровья животных. 2006. С. 41–42. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23425122>

4. Давлатов Х.К., Отаева М., Икромов Ф.М. Продуктивность гиссарской породы овец в селекционных стадах // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. 2019. № 1 (59). С. 58–61. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47297019>

5. Ерохин С.А. Шерстная продуктивность и живая масса у овец с разной тониной шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. 2008. № 2. С. 47–50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17105572>

6. Жилиякова Г.М. [и др.]. Продуктивные и некоторые биологические особенности овец Бурятского типа забайкальской тонкорунной породы разных линий // Улан-Удэ, 2013. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169296>

7. Жилиякова Г.М., Балдаев С.Н. Научное обоснование приемов совершенствования овец бурятского типа забайкальской тонкорунной породы // Улан-Удэ, 2006. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510121>

8. Порядок и условия проведения бонитировки племенных овец тонкорунных, полутонкорунных пород и пород мясного направления продуктивности» от 05.10.2010 г. № 335, с изменениями от 30.05.2013 года № 235. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902241641>

9. Колосов Ю.А., Дегтярь А.С., Арилов А.Н. Опыт создания популяции мясошерстных овец // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 134. С. 884–894. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32388500>

10. Костылев М.Н., Барышева М.С. Продуктивность овец романовской породы в племенных хозяйствах Ярославской области // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 2. С. 37–39. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37529085>

11. Ладугина Л.А. Настриг и качество шерсти овец Нерчинского заводского типа забайкальской тонкорунной породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2004. № 1. С. 27–28. – URL: https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=364171

12. Новосельцева А.С. Оценка прироста живой массы у ярок с разной тониной шерсти // В сборнике: Актуальные вопросы производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической интернет-конференции. 2016. С. 42–49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27213764>

13. Подойницына Т.А. Казахский белоголовый скот Хакасии в условиях Забайкалья // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова. 2008. № 2 (11). С. 79–83. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33334546>

14. Подойницына Т.А. Многоплодие романовских овец как фактор повышения производства баранины // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (45). С. 143–147. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37243976>

15. Сергеев В.О. Влияние озono-воздушной среды на прочность овечьей шерсти // В сборнике: XX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. сборник статей. Ответственный редактор А.В. Коричко. 2018. С. 147–149. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35650453>

16. Талалаев С.А. [и др.]. Влияние качества пастбищ на показатели шерсти овец // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020. № 4. С. 134–136. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44415877>

17. Царахова Ф.Т., Бестаева Р.Д. Формирование технологических свойств шерсти молодняка овец // В сборнике: Вестник научных трудов



молодых учёных, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». Владикавказ, 2018. С. 286–288. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36860068>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Abdurasulov A.KH. [i dr.]. Sokhraneniye genofonda alayskoy porody ovets kak problema gosudarstvennogo znacheniya // Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. № 1–2. S. 188–195. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46232969>
2. Arylov YU.N., Tyurbeyev TS.B., Goryayev M.B. Kharakteristika stada ovets kurdyuchnoy porody OOO agrofirmy «Aduchi» // V sbornike: Sovershenstvovaniye regional'nykh porodnykh resursov myasnogo skota i povysheniye ikh geneticheskogo potentsiala v tselyakh narashchivaniya proizvodstva vysokokachestvennoy otechestvennoy govjadiny. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Elista, 2020. S. 131–135. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46675716>
3. Belik N.I., Aseyeva N.V. Dlina shersti u yarok s raznoy toninoy shersti // V sbornike: Aktual'nyye problemy povysheniya produktivnosti i okhrany zdorov'ya zhivotnykh. 2006. S. 41–42. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23425122>
4. Davlatov KH.K., Otayeva M., Ikromov F.M. Produktivnost' gissarskoy porody ovets v selektsionnykh stadakh // Doklady Tadzhijskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2019. № 1 (59). S. 58–61. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47297019>
5. Yerokhin S.A. Sherstnaya produktivnost' i zhivaya massa u ovets s raznoy toninoy shersti // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo. 2008. № 2. S. 47–50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17105572>
6. Zhilyakova G.M. [i dr.]. Produktivnyye i nekotoryye biologicheskiye osobennosti ovets Buryatskogo tipa zabaykal'skoy tonkorunnoy porody raznykh liniy // Ulan-Ude, 2013. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47169296>
7. Zhilyakova G.M., Baldayev S.N. Nauchnoye obosnovaniye priyemov sovershenstvovaniya ovets buryatskogo tipa zabaykal'skoy tonkorunnoy porody // Ulan-Ude, 2006. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510121>
8. Poryadok i usloviya provedeniya bonitirovki plemennykh ovets tonkorunnykh, polutonkorunnykh porod i porod myasnogo napravleniya produktivnosti» ot 05.10.2010 g. № 335, s izmeneniyami ot 30.05.2013 goda № 235. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902241641>
9. Kolosov YU.A., Degtyar' A.S., Arilov A.N. Opyt sozdaniya populyatsii myasosherstnykh ovets // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 134. S. 884–894. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32388500>
10. Kostylev M.N., Barysheva M.S. Produktivnost' ovets romanovskoy porody v plemennykh khozyaystvakh Yaroslavskoy oblasti // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo. 2019. № 2. S. 37–39. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37529085>
11. Ladugina L.A. Nastrig i kachestvo shersti ovets Nerchinskogo zavodskogo tipa zabaykal'skoy tonkorunnoy porody // Ovtsy, kozy, sherstyanoye delo. 2004. № 1. S. 27–28. – URL: https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=364171
12. Novosel'tseva A.S. Otsenka prirosta zhivoy massy u yarok s raznoy toninoy shersti // V sbornike: Aktual'nyye voprosy proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii. Sbornik nauchnykh statey po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. 2016. S. 42–49. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27213764>
13. Podoyunitsyna T.A. Kazakhskiy belogolovyy skot Khakasii v usloviyakh Zabaykal'ya // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova. 2008. № 2 (11). S. 79–83. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33334546>
14. Podoyunitsyna T.A. Mnogoplodiye romanovskikh ovets kak faktor povysheniya proizvodstva baraniny // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. № 1 (45). S. 143–147. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37243976>
15. Sergeyev V.O. Vliyaniye ozono-vozdushnoy sredy na prochnost' ovech'yey shersti // V sbornike: XX Vserossiyskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Nizhnevarovskogo gosudarstvennogo universiteta. sbornik statey. Otvetstvennyy redaktor A.V. Korichko. 2018. S. 147–149. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35650453>
16. Talalayev S.A. [i dr.]. Vliyaniye kachestva pastbishch na pokazateli shersti ovets // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2020. № 4. S. 134–136. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44415877>
17. Tsarakhova F.T., Bestayeva R.D. Formirovaniye tekhnologicheskikh svoystv shersti molodnyaka ovets // V sbornike: Vestnik. nauchnykh trudov molodykh uchonykh, aspirantov, magistrantov i studentov FGBOU



VO «Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet». FGBOU VO «Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet». Vladikavkaz, 2018. S. 286–288. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36860068>

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Ладугина Людмила Александровна, канд. с.-х. наук, руководитель центра дополнительного профессионального и дистанционного образования, ФГБОУ Забайкальский аграрный институт dozabai@mail.ru

Хорошайло Татьяна Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры частной зоотехнии и свиноводства, tatyana_zabai@mail.ru

Козубов Алексей Сергеевич, магистрант 2 курса факультета зоотехнии, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина lewakozubov@yandex.ru

Author Information

Ladugina Lyudmila A., candidate of agricultural sciences, Head of the Center for Additional Professional and Distance Education, Trans-Baikal agrarian Institute – a branch of the Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky, dozabai@mail.ru

Khoroshailo Tatiana A., candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of private animal science and pig breeding, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, tatyana_zabai@mail.ru

Kozubov Aleksey S., 2nd year undergraduate student of the Faculty of Animal Science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, lewakozubov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.02.2023; одобрена после рецензирования 09.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 07.02.2023; approved after reviewing 09.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 65-72
Vestnik RGATU, 2022, Vol.15, №1, pp 65-72

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 637.072
DOI: 10.36508/RSATU.2023.86.24.009

АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ И РАЗРАБОТКА ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Нина Ивановна Морозова¹ ✉, Юрий Юрьевич Милинский², Марина Анатольевна Улькина³, Фаррух Атауллович Мусаев⁴

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ n.morozova53@yandex.ru

² yurij-milinskij@yandex.ru

³ marinaulkina@mail.ru

⁴ musaev@rgatu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования был анализ опасных факторов по группам риска: биологических, физических и химических, а также разработка предупредительных действий при производстве молока сырого и молочных продуктов.

Методология. Научно-хозяйственный опыт проводили в ООО «Вакинское Агро» на молочном роботизированном комплексе и на молочном заводе-автомате. В качестве объекта исследований было молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе и технология его переработки на молочные продукты на молочном заводе предприятия. При анализе опасных факторов по группам риска использовали и соблюдали нормативно-технические документы, результаты собственных исследований.

Результаты. В результате проведенных исследований были изучены и соблюдены нормативно-технические документы, основанные на принципах ХАССП. Научно-производственный опыт проводили в ООО «Вакинское Агро» Рыбновского района с января по декабрь 2022 года. Объектом исследования явилось молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе и технология его переработки на молочные продукты на молочном заводе производственной мощностью 120 тонн в сутки. В лаборатории молочного завода молоко сырое подвергалось экспертизе. Его качество соответствовало требованиям государственного стандарта 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по целому комплексу показателей. Массовая доля жира в молоке составляла 3,65-3,95 %, белка: 3,3-3,4 %. Микотоксины афлотоксин М1 и ингибирующие вещества не обнаружены. Микробиологические показатели: КМАФАнМ- выявлено на уровне 7×10^4 при норме $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см³. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г и БГКП не обнаружены. В результате анализа этапов производства при производстве молока сырого на роботизированном молочном комплексе и молочных продуктов на молочном заводе были выявлены возможные опасности: биологические, физические и химические факторы, определены критические пределы опасных веществ по регламентирующим документам, основанным на принципах ХАССП, и разработаны предупредительные меры.

Заключение. На основании исследований установили, что молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе ООО «Вакинское Агро», соответствовало требованиям государственного стандарта 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по комплексу показателей: органолептических, физико-химических и микробиологических, а также: температуре замерзания, наличию фосфатазы, термоустойчивости, ингибирующим веществам, антибиотикам. Однако, в результате анализа этапов производства молока сырого на роботизированном молочном комплексе и молочных продуктов на молочном заводе, основанных на принципах ХАССП, были выявлены возможные опасности: биологические, физические и химические, по регламентирующим документам определены их критические пределы и разработаны предупредительные меры.

Ключевые слова: ISO, система HACCP, анализ, риски, биологическая опасность, физическая опасность, химическая опасность, молочные продукты, критические точки, контрольные точки

Для цитирования: Морозова Н.И., Милинский Ю.Ю., Улькина М.А., Мусаев Ф.А. Анализ опасных факторов и разработка предупредительных действий при производстве молочных продуктов. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №1. С 65-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.86.24.009>

**ANALYSIS OF DANGEROUS FACTORS AND DEVELOPMENT OF PREVENTIVE ACTIONS IN THE PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS**Nina I. Morozova¹✉, Yuri Yu. Milinsky², Marina A. Ulkina³, Farrukh A. Musae⁴^{1,2,3,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ n.morozova53@yandex.ru² yurij-milinskij@yandex.ru³ marinaulkina@mail.ru⁴ musaev@rgatu.ru**Annotation.**

Problem and purpose. The purpose of this study was the analysis of hazardous factors by risk groups: biological, physical and chemical, as well as the development of preventive actions in the production of raw milk and dairy products.

Methodology. Scientific and economic experience was carried out in LLC "Vakinskoe Agro" at a dairy robotic complex and at a dairy automatic plant. The object of research was raw milk produced at a robotic dairy complex and the technology of its processing into dairy products at the dairy plant of the enterprise. When analyzing hazardous factors by risk groups, we used and complied with regulatory and technical documents, the results of our own research.

Results. As a result of the conducted research, regulatory and technical documents based on the principles of HACCP were studied and complied with. Scientific and production experience was conducted in LLC "Vakinskoe Agro" of the Rybnovskiy district from January to December 2022. The object of the study was raw milk produced at a robotic dairy complex and the technology of its processing into dairy products at a dairy plant with a production capacity of 120 tons per day. In the laboratory of the dairy plant, raw milk was subjected to examination. Its quality met the requirements of the state standard 31449-2013 "Raw cow's milk. Technical conditions" for a whole range of indicators. The mass fraction of fat in milk was 3.65 - 3.95%, protein: 3.3 - 3.4%. Mycotoxins: af-lotoxin M1 and inhibitory substances were not detected. Microbiological indicators: KMAFAnM - detected at the level of 7×10^4 at a norm of 1.0×10^5 CFU/cm³. Pathogenic microorganisms, including salmonella – in 25 g and BGCP - were not detected. As a result of the analysis of the production stages in the production of raw milk at a robotic dairy complex and dairy products at a dairy plant, possible hazards were identified: biological, physical and chemical factors, critical limits of hazardous substances were determined according to regulatory documents based on the principles of HACCP, and preventive measures were developed.

Conclusion. Based on the research, it was established that the raw milk produced at the robotic dairy complex of LLC "Vakinskoe Agro" met the requirements of the state standard 31449-2013 "Raw cow's milk. Technical conditions" for a set of indicators: organoleptic, physico-chemical and microbiological, as well as: freezing temperature, phosphatase presence, thermal stability, inhibitory substances, antibiotics. However, as a result of the analysis of the stages of raw milk production at a robotic dairy complex and dairy products at a dairy plant based on the principles of HACCP, possible hazards were identified: biological, physical and chemical, their critical limits were determined according to regulatory documents and preventive measures were developed.

Key words: ISO, HACCP system, analysis, risks, biological hazard, physical hazard, chemical hazard, dairy products, critical points, control points

For citation: Morozova N.I., Milinsky Yu.Yu., Ulkina M.A., Musaev F.A. Analysis of dangerous factors and development of preventive actions in the production of dairy products //Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No 1. P 65-72 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.86.24.009>

Введение

Молочные продукты постоянно употребляются всеми возрастными группами населения. В них содержатся питательные вещества, полезные и легкопереваримые. Широкий спектр питательных веществ в сыром молоке позволяет в процессе переработки получить разнообразные молочные продукты: молоко питьевое, кисломолочные напитки, творог, сметану, масло, сыры мягкие и твердые и, конечно, сухое молоко.

Сырое молоко производят на молочных фермах и комплексах; в вымени коров молоко стерильно, но после доения оно сразу соприкасается с доильным оборудованием и в него попадает все, что

осталось на стенках доильных стаканов, молокопровода и емкостей для транспортировки молока на молокоперерабатывающее предприятие. В молоко могут попадать механические частицы и микроорганизмы.

В связи с этим сырое молоко и продукты, полученные из такого молока, могут представлять опасность для потребителей. Возникает вопрос: как обеспечить безопасность молока сырого и молочных продуктов?

Гарантировать высокое качество молока-сырья и готовой молочной продукции можно путем соблюдения санитарных правил и норм на предприятиях, производящих сырое молоко и перерабаты-



вающих его [3, 12].

В последние двадцать лет во всем мире и в нашей стране внедряется система безопасности и качества продуктов питания. Она основана на принципах ХАССП, которая предусматривает этапы производства и переработки не только по процессам, но рассматривает каждый процесс по деталям, по возможным опасным рискам или критическим точкам. В каждой технологической операции существует риск несоблюдения или невыполнения параметров процесса, в результате чего возникает проблема, приводящая к потере качества продукции и последствиям, оказывающим влияние на здоровье потребителей молочных продуктов. В 2019 году разработан государственный стандарт Российской Федерации «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции» [1, 2, 14, 17, 18].

Новые документы и этот стандарт позволяют управлять качеством продукции, обеспечить ее безопасность, идентификацию и поддержать стабильность на достигнутом уровне с помощью критических контрольных точек.

Научно-производственный опыт проводили в ООО «Вакинское Агро» Рыбновского района с января по декабрь 2022 года. Объектом исследования явилось молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе и технология его переработки на молочные продукты на молочном заводе производственной мощностью 120 тонн в сутки.

Молоко сырое, предназначенное для переработки на молочные продукты, анализировали в лаборатории молочного завода предприятия: плотность, в оА (ГОСТ Р 54758-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности); массовую долю жира в молоке, % (ГОСТ 5867-90. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения жира); массовую долю белка, % (ГОСТ 25179-2014. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения белка); количество соматических клеток (ГОСТ 23453-2014. Молоко сырое. Методы определения соматических клеток); микробиологические показатели (ГОСТ 9225-84. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа).

В процессе исследований использовали и соблюдали нормативно-технические документы: Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР/ТС 033/2013) и государственные стандарты [4, 5, 9].

Степень риска определяли для каждой группы факторов опытным путем. Анализ рисков представлен на рисунке 1. Риски могут быть несущественные и без опасных факторов, но могут быть существенные и с тяжелыми последствиями.

Принцип ХАССП заключается в определении опасных факторов и рисков – критических контрольных точек (ККТ) в процессе производства продукции и разработке мер по их предотвращению. Критические контрольные точки выявляли путем анализа потенциальных рисков или опас-

ностей на этапах или стадиях производства продукции. Для проведения исследований применяли метод дерева, его предложили в двадцатом веке К. Ховеленд и Е.Ханта [15,16].

ТЯЖЕЛЫЕ ПОСЛЕДСТВИИ ОПАСНОГО ФАКТОРА	4	СУЩЕСТВЕННЫЕ РИСКИ		
	3			
	2			
	1	НЕСУЩЕСТВЕННЫЕ РИСКИ		
	1	2	3	4
ВЕРОЯТНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНОГО ФАКТОРА				

Рис. 1 – Анализ рисков по диаграмме (Fig.1 – Risk analysis by diagram)

В современных условиях этот метод позволяет проработать возможные результаты каждого действия и определить оптимальный вариант решения вопроса [6, 7, 10, 11, 13].

Результаты исследований и их обсуждение

В ООО «Вакинское Агро» молоко производят на роботизированном молочном комплексе. Валовой надой составляет свыше 40000 тонн, средний надой на одну фуражную корову 9500 кг молока. Молоко реализуют в сыром виде и перерабатывают на молочные продукты на собственном заводе-автомате на цельномолочные продукты: молоко питьевое, кисломолочные напитки, сметану, творог и брынзу. В лаборатории молочного завода молоко сырое подвергали оценке качества. Молоко отвечало требованиям межгосударственного стандарта 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по внешнему виду, консистенции, вкусу и запаху, плотность была более 1027 кг/м³.

Массовая доля жира в молоке служит одним из основных показателей качества молока и влияет на выход и качество молочных продуктов, а также на цену при продаже. Анализ массовой доли жира колебался в пределах от 3,65 до 3,95 %. В период с января по март он был максимальным – 3,95 %, с апреля по сентябрь показатель жира в молоке снижался с 3,85 и до 3,65 %, а в октябре, ноябре и декабре он снова повышался (рис. 1). Такая тенденция связана с уровнем молочной продуктивности: с повышением надоев массовая доля жира в молоке снижается и наоборот. В настоящее время в ООО «Вакинское Агро» содержание коров круглогодичное стойловое и молочная продуктивность по месяцам года обусловлена отелами коров.

Аналогичная тенденция наблюдалась и в содержании массовой доли белка в молоке коров. С января по апрель массовая доля белка в молоке составляла 3,4-3,35%, с мая по июль снижалась до 3,25%, а с августа по декабрь снова повышалась до 3,3% и до 3,4% (рис. 2).

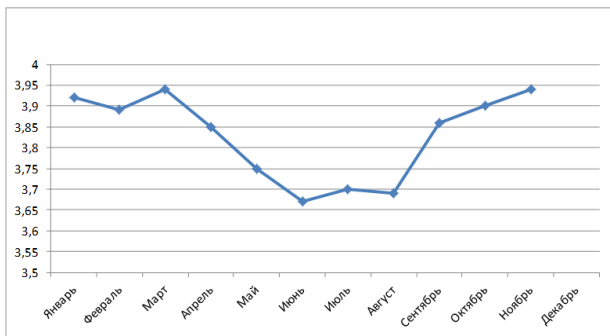


Рис. 2 – Массовая доля жира в молоке коров по месяцам 2022 года, %
(Fig.2 – Mass fraction of fat in cow milk by months of 2022, %)

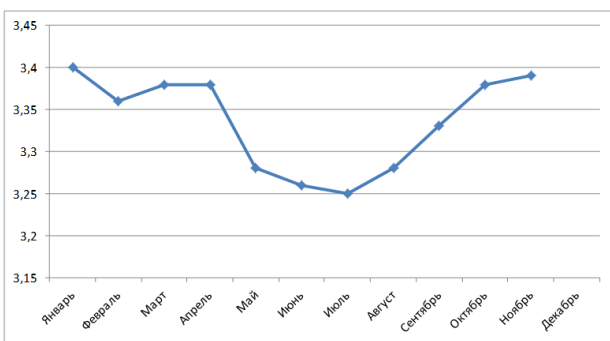


Рис. 3 – Массовая доля белка в молоке коров по месяцам 2022 года, %
(Fig.3 – Mass fraction of protein in cow milk by months of 2022, %)

Микотоксины: Афлотоксин М1 и ингибирующие вещества не обнаружены. Микробиологические показатели КМАФАнМ выявлены на уровне 7×10^4 при норме $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см³. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г и БГКП – не обнаружены.

Количество соматических клеток с января по декабрь 2022 года колебалось в пределах от 180-220 тыс./см³, что в два раза ниже допустимых пределов (рис. 4).

Характерной особенностью системы ХАССП является оценка качества молочных продуктов от

этапа производства и до момента реализации. На всех этапах производства молоко сырое и готовые молочные продукты оцениваются не только по органолептическим и физико-химическим показателям, но и выявляются возможные виды опасностей и их критические пределы. Определяются так называемые критические контрольные точки (ККТ) – это конкретный технологический процесс на этапе производства молока или молочной продукции, на котором можно осуществлять профилактические меры для предупреждения опасности.

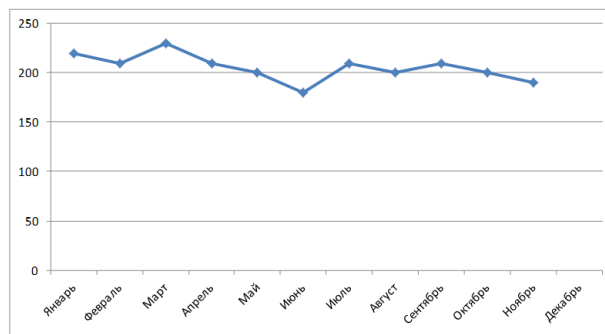


Рис. 4 – Количество соматических клеток в молоке коров по месяцам 2022 года, тыс./см³
(Fig.4 – The number of somatic cells in cow milk by months of 2022, thousand/cm³)

Биологические опасности или риски связаны с загрязнением молочных продуктов патогенами микроорганизмами. Микробиологический контроль на предприятии заключается в проверке качества молока сырого, готовой продукции, технологических процессов и соблюдении санитарно-гигиенических режимов, включая качество мойки и дезинфекции оборудования и личной гигиены.

Физические и химические опасности появляются в молочной продукции при попадании в молоко инородных предметов и опасных химических веществ, применяемых в процессе производства.

В результате анализа этапов производства молока в ООО «Вакинское Агро» на молочном роботизированном комплексе и его переработки на молочном заводе были выявлены возможные опасности: биологические, физические и химические опасные факторы (табл.).

Таблица – Анализ опасных факторов на этапах производства молока и молочных продуктов, критические пределы и предупредительные меры

Этап производства	Описание возможной опасности	Критические пределы	Регламентирующий документ	Предупредительные меры
Биологические факторы				
Содержание коров в скотных дворах, отдых в стойлах, прогулка на выгульных площадках	Загрязнение кожного покрова и вымени коров механическими частицами, навозом, патогенными микроорганизмами.	КМАФАнМ – не более $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см ³ ; патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г, БГКП – не допускаются; соматические клетки – не более $4,0 \times 10^5$	ГОСТ 31451-2013; ТР ТС 021/2011; ТР ТС 033/2013	Соблюдение зоотехнических, ветеринарно-санитарных и организационных мероприятий, своевременная уборка навоза, вентиляция воздуха.



Продолжение таблицы

Доеение коров: грязное доильное оборудование, нарушение правил обработки вымени до и после доения	Загрязнение молока механическими частицами и микроорганизмы различной этиологии	КМАФАнМ – не более $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см ³ ; патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г, БГКП – не допускаются; соматические клетки – не более $4,0 \times 10^5$	ГОСТ 31451-2013; ТР ТС 021/2011; ТР ТС 033/2013	Соблюдение правил гигиены доения коров, качественная мойка и дезинфекция доильного оборудования. Соблюдение правил ХАССП
Первичная обработка молока, охлаждение и транспортировка молока	Загрязненные фильтры для очистки молока, нарушение температурных режимов охлаждения молока	КМАФАнМ – не более $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см ³ ; патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г, БГКП – не допускаются; соматические клетки – не более $4,0 \times 10^5$	ГОСТ 31451-2013; ТР ТС 021/2011; ТР ТС 033/2013; ГОСТ РФ 51705.1-2001; ГОСТ Р ИСО 22000-2Н19	Своевременная замена фильтров для очистки молока, своевременное выявление и лечение коров больных маститом, соблюдение температуры и времени охлаждения молока
Физические факторы				
Производственные цеха предприятий: материалы напольных покрытий, краска стен и т.д.	Скользкие полы, запахи от напольных покрытий и красок	Органолептические показатели молока: вкус, запах	ГОСТ 31451-2013; ГОСТ Р ИСО 22000-2Н19	Правильный подбор материалов для напольных покрытий и облицовки стен
Хранение молочных продуктов на складе	Механическое повреждение упаковки грызунами, ее порча. Инфекции, запахи, экскременты от грызунов и насекомых	Органолептические показатели молока: вкус, запах; Группа чистоты, не ниже II	ГОСТ 31451-2013; ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009	Постоянная борьба с грызунами и насекомыми механическими и химическими способами, своевременное удаление пищевых отходов из помещений
Технология переработки молока на молочные продукты	Механическое загрязнение молочных продуктов посторонними предметами: личными вещами персонала; осколками стекла и пластика, металлическими осколками ножей, лопастей	Группа чистоты, не ниже II	ГОСТ 31451-2013; ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009	Соблюдение правил личной гигиены работающего персонала. Тщательный контроль за технологическим оборудованием, его целостностью и характером работы отдельных узлов и деталей
Загрязненная вода	Посторонние запахи воды, привкусы, дефекты цвета	Группа чистоты, не ниже II	ГОСТ 31451-2013; ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009	Производственный контроль качества питьевой воды на соответствие требованиям
Профилактический уход за технологическим оборудованием	Загрязнение молочной продукции смазочными материалами	Органолептические показатели молока: вкус, запах	ГОСТ 31451-2013; ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009	Производственный контроль за состоянием отдельных узлов и деталей технологического оборудования и органолептическая оценка молока



Химические факторы				
Технология производства кормов и кормление коров	Загрязнение кормов гексахлоргексаном, ДДТ, микотоксинами - Афлатоксином М1	ГХЦГ (α, β, γ-изомеры) ДДТ и его метаболиты – не > 0,05 мг/кг; Микотоксины Афлатоксин М1 – не допускается	Приложение №7 к приказу от 27.09.2019 №474-ос.	Постоянный контроль качества кормов в лаборатории анализа кормов стандартными методами. Производственный контроль на этапе производства сырого молока
	Радиоактивное загрязнение кормов	Цезий – 137 – не >100 Бк/кг; Стронций -90 - не >50 Бк/кг	Регламент Совета (Евратом) 2016/52	
	Загрязнение кормов токсичными элементами: свинец, мышьяк, кадмий и ртуть	Токсичные элементы: свинец – не >0,1 мг/кг; Мышьяк – не > 0,05 мг/кг; Кадмий – не >0,03 мг/кг; Ртуть – не > 0,05 мг/кг;	Приложение №7 к приказу от 27.09.2019 №474-ос.	
Мойка и дезинфекция доильного, холодильного, транспортного и технологического оборудования	Загрязнение молока ингибирующими веществами	Ингибирующие вещества	ГОСТ 31451-2013 ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009	Применение моющих и дезинфицирующих веществ по рекомендуемым инструкциям. Контроль приготовления моющих и дезинфицирующих растворов
Профилактика и лечение коров	Аллергические реакции	Левомецитин – не допускается (< 0,0003 мг/кг); Тетрациклиновая группа – не допускается (< 0,01 мг/кг); Стрептомицин – не допускается (< 0,2 мг/кг); Пенициллин – не допускается (< 0,004 мг/кг);	ТР ТС 021/2011 ТР ТС 033/2013	Производственный контроль на этапе производства сырого молока. Контроль качества молока сырого и молочных продуктов

С целью разработки анализа опасных по группам риска факторов: биологических, физических и химических, а также разработки предупреждающих действий при производстве молока сырого и молочных продуктов были изучены и соблюдены нормативно-технические документы, основанные на принципах ХАССП.

Научно-производственный опыт проводили в ООО «Вакинское Агро» Рыбновского района с января по декабрь 2022 года. Объектом исследования явилось молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе и технология его переработки на молочные продукты на молочном заводе производственной мощностью 120 тонн в сутки.

В лаборатории молочного завода проводили оценку качества молока. Было установлено, что молоко отвечало требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Массовая доля жира в молоке колебалась в пределах от 3,65 до 3,95 %, а белка – от 3,3 до 3,4%. Микотоксины: Афлатоксин М1 и ингибирующие вещества – не обнаружены. Микробиологические показатели: КМАФАнМ были выявлены на уровне 7×10^4 при норме $1,0 \times 10^5$ КОЕ/см³. Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы – в 25 г и БГКП – не обнаружены. Наличие соматических клеток в мо-

локе коров свидетельствует о состоянии вымени у коров и соблюдении правил роботизированного доения. Количество соматических клеток в молоке должно быть не более $4,0 \times 10^5$. По результатам наших исследований количество соматических клеток было ниже допустимой нормы и колебалось в пределах 180-220 тыс./см³.

В результате анализа этапов производства молока сырого на роботизированном молочном комплексе и молочных продуктов на молочном заводе, основанных на принципах ХАССП, были выявлены возможные опасности: биологические, физические и химические факторы, определены их критические пределы по регламентирующим документам и разработаны предупредительные меры.

Заключение

На основании исследований установили, что молоко сырое, производимое на роботизированном молочном комплексе ООО «Вакинское Агро», соответствовало требованиям государственного стандарта 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» по комплексу показателей: органолептических, физико-химических и микробиологических, а также: температуре замерзания, наличию фосфатазы, термоустойчивости, ингибирующим веществам, антибиотикам. Однако, в результате анализа этапов производства молока сырого на роботизированном молочном комплексе и



молочных продуктов на молочном заводе, основанных на принципах ХАССП, были выявлены возможные опасности: биологические, физические и химические, по регламентирующим документам определены их критические пределы и разработаны предупредительные меры.

Список источников

1. Государственный стандарт Российской Федерации 51705.1-2001. «Система качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования». М.: Стандартинформ. - 2009. -11 с.

2. ГОСТ Р ИСО 22000-2Н19 Национальный стандарт Российской Федерации «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции». [Текст]. - 2019.

3. Государственный стандарт 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». [Текст]. М.: ФГУП «Стандартинформ». - 2013. -8 с.

4. ГОСТ Р 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009 «Программы предварительных требований по безопасности пищевой продукции». Часть I – Производство пищевой продукции. [Текст]. – М.: Стандартинформ. – 2012. – 19 с.

5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР/ТС 033/2013) [Текст]. - 2013. – 120 с.

6. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты. – 2004. М.: ДеЛи принт. – 804 с.

7. Дунченко, Н.И. Научные и методологические подходы к управлению качеством пищевых продуктов. [Текст]. Техника и технология пищевых производств. – 2012. - №3 (26).

8. Кондратьева, А.В. Управление качеством на молокоперерабатывающих предприятиях. [Текст]. /А.В. Кондратьева, М.Б. Ребезов, А.Н. Мазаев, О.В. Богатова. // Молодой ученый. -2014.- №11 (70). – С. 55-59.

9. Методические подходы к организации оценки

процессов производства (изготовление) пищевой продукции на основе принципов ХАССП. Методические рекомендации. – МР 5.1.0096 – 14. Издание официальное.

10. Морозова, Н.И. Внедрение цифровой маркировки на молочном заводе. [Текст]. /Н.И. Морозова, Ю.Ю. Милинский. //Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2022. - №1. –С. 42-45.

11. Морозова, Н.И. Внедрение цифровой маркировки молочной продукции на базе молочного завода торговой марки «Эковакино». [Текст]. /Н.И. Морозова, Ю.Ю. Милинский. // Материалы 71-й Международной научно-практической конференции. 15.04.2020. Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Часть I – Рязань, С.111-115.

12. Санитарные правила и нормы 2.3.4.551-96 для предприятий молочной промышленности. [Текст]. М.: Госкомсанэпиднадзор России. – 1996. – 44 с.

13. Шепелева, Е.В. Разработка и внедрение системы менеджмента безопасности продукции на основе принципов ХАССП. /Е.В. Шепелева, М.А. Альбеков. //Молочная промышленность. – 2014. -№1. – С.46-47.

14. Яремчук, В.П. Управление безопасностью и качеством молока на принципах ХАССП. [Текст]. /В.П. Яремчук, В.И. Родин. //Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство. – 2010. – №2. – 17-27.

15. Hovland, C.I. Computersimulation of thinking. American Psychologist, 15 (11), 687-693.

16. Hunt, Earl B.; Janet Marin; Philip J. Stone (1966). Experiments in Induction. Nev York: Akademic Press. ISBN 978-0-12-362350-8

17. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». //https://docs.cntd.ru/document/902320560

18. Система менеджмента качества молочной продукции. //https://sert-service./sistema-menedzhmenta-kachestva-molochnoy-produktsii/

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Gosudarstvennyj standart Rossijskoj Federacii 51705.1-2001. «Sistema kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevyh produktov na osnove principov HASSP. Obshchie trebovaniya». M.: Standartinform. - 2009. -11 s.

2. GOST R ISO 22000-2N19 Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii «Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoj produkcii». [Tekst]. - 2019.

3. Gosudarstvennyj standart 31449-2013 «Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya». [Tekst]. M.: FGUP «Standartinform». – 2013. -8 s.

4. GOST R 54762-2011/ISO/TS 22000-1:2009 «Programmy predvaritel'nyh trebovanij po bezopasnosti pishchevoj produkcii». Chast' I – Proizvodstvo pishchevoj produkcii. [Tekst]. – M.: Standartinform. – 2012. – 19 s.

5. Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii» (TR/TS 033/2013) [Tekst]. - 2013. – 120 s.

6. Gudkov, A.V. Syrodellie: tekhnologicheskie, biologicheskie i fiziko-himicheskie aspekty. – 2004. M.: DeLi print. – 804 s.

7. Dunchenko, N.I. Nauchnye i metodologicheskie podhody k upravleniyu kachestvom pishchevyh produktov. [Tekst]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. – 2012. - №3 (26).

8. Kondrat'eva, A.V. Upravlenie kachestvom na molokopererabatyvayushchih predpriyatiyah. [Tekst]. /A.V. Kondrat'eva, M.B. Rebezov, A.N. Mazaev, O.V. Bogatova. // Molodoj uchenyj. -2014.- №11 (70). – S. 55-59.



9. Metodicheskie podhody k organizacii ocenki processov proizvodstva (izgotovlenie) pishchevoj produkcii na osnove principov HASSP. Metodicheskie rekomendacii. – MR 5.1.0096 – 14. Izdanie oficial'noe.

10. Morozova, N.I. Vnedrenie cifrovoj markirovki na molochnom zavode. [Tekst]. /N.I. Morozova, Yu.Yu. Milinskij. //Veterinariya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. – 2022. - №1. –S. 42-45.

11. Morozova, N.I. Vnedrenie cifrovoj markirovki molochnoj produkcii na baze molochnogo zavoda torgovoj marki «Ekovakino». [Tekst]. /N.I. Morozova, Yu.Yu. Milinskij. // Materialy 71-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 15.04.2020. Sovremennye vyzovy dlya APK i innovacionnye puti ih resheniya. Chast' I – Ryazan', S.111-115.

12. Sanitarnye pravila i normy 2.3.4.551-96 dlya predpriyatij molochnoj promyshlennosti. [Tekst]. M.: Goskomsanepidnadzor Rossii. – 1996. – 44 s.

13. Shepeleva, E.V. Razrabotka i vnedrenie sistemy menedzhmenta bezopasnosti produkcii na osnove principov HASSP. /E.V. Shepeleva, M.A. Al'bekov. //Molochnaya promyshlennost'. – 2014. -№1. – S.46-47.

14. Yaremchuk, V.P. Upravlenie bezopasnost'yu i kachestvom moloka na principah HASSP. [Tekst]. /V.P. Yaremchuk, V.I. Rodin. //Vestnik RUDN, seriya Agronomiya i zhivotnovodstvo. – 2010. – №2. – 17-27.

15. Hovland, C.I. Computersimulation of thinking. American Psychologist, 15 (11), 687-693.

16. Hunt, Earl B.; Janet Marin; Philip J. Stone (1966). Experiments in Induction. Nev York: Akademic Press. ISBN 978-0-12-362350-8

17. TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoj produkcii». //https://docs.cntd.ru/document/902320560

18. Sistema menedzhmenta kachestva molochnoj produkcii. //https://sert-service./sistema-menedzhmenta-kachestva-molochnoy-produktsii/

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Морозова Нина Ивановна, д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, n.morozova53@yandex.ru

Милинский Юрий Юрьевич, аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, yurij-milinskij@yandex.ru

Улькина Марина Анатольевна, канд. с.-х. наук, ведущий технолог ООО «Вакинское Агро», marinaulkina@mail.ru

Мусаев Фаррух Атауллахович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, musaev@rgatu.ru.

Author Information

Morozova Nina I, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, n.morozova53@yandex.ru

Milinsky Yuri Yu., postgraduate student of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yurij-milinskij@yandex.ru

Ulkina Marina Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, the leading technologist of LLC "Vakinskoe Agro", mari-naulkina@mail.ru

Musaev Farrukh A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, musaev@rgatu.ru

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 22.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 22.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 1, с. 73-82
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 1, pp 73-82

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 574:504.062.4(470.32)
DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.17.010

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ**

Оксана Владимировна Никитина¹ ✉, Елена Анатольевна Бессонова², Анатолий Иванович Стифеев³, Владимир Иванович Лазарев⁴, Полина Олеговна Бридская⁵

^{1,3}Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова

^{2, 5} Юго-западный государственный университет

⁴ Курский федеральный аграрный научный центр

¹Nikioxana@yandex.ru

²bessonowa_new@icloud.com

⁴vla190353@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований состояла в изучении экологического состояния природных ресурсов Центрального Черноземья. Объектами исследований явились: почвенный покров, водные ресурсы, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Методология. Для решения поставленных задач определяли агрохимические свойства темно-серых и чернозёмных почв, гумусовое состояние чернозёмов, состояние водных ресурсов, атмосферного воздуха, растительного и животного мира по общепринятым методикам. Исследования включали экспедиционные, аналитические, экологические и другие методы.

Результаты. Почвенный покров подвергается интенсивному антропогенному воздействию в результате высокой распаханности – до 70 %, изъятия земельных ресурсов для добычи полезных ископаемых. Отмечается деградация земель в результате эрозии, загрязнения тяжёлыми металлами, закисления. На техногенных ландшафтах, образованных при антропогенном изменении земельных угодий в условиях низкой лесистости Центрального Черноземья, рекультивацию экономически более выгодно проводить посредством посадки древесно-кустарниковых насаждений. В условиях Центрального Черноземья, отмечается загрязнение поверхностных и подземных вод, особенно с потреблением их на предприятиях по добыче железа. Сброс дренажных вод приводит к образованию депрессионных воронок на площади 38220 км², которые затрагивают территории Орловской и Брянской областей. Промышленные предприятия Центрального Черноземья выбрасывают 3547 тыс. тонн/год. Растительные ресурсы и животный мир являются важнейшим компонентом биосферы. На территории Центрального Черноземья отмечается ухудшение указанных ресурсов растительного и животного мира.

Заключение. Проведенные исследования показали, что природные ресурсы Центрального Черноземья подвергаются интенсивному антропогенному воздействию. С целью снижения техногенной нагрузки на компоненты природы необходимо проводить регулярно экологический мониторинг.

Ключевые слова: почва, эрозия, железные руды, тяжёлые металлы, водные ресурсы, атмосферный воздух, растительные ресурсы

Для цитирования: Никитина О.В., Бессонова Е.А., Стифеев А.И., Лазарев В.И., Бридская П.О. Экологическое состояние природных ресурсов Центрального Черноземья и технологии их улучшения // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т 15, № 1, С 73-82, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.17.010>

Original article

**ECOLOGICAL STATE OF NATURAL RESOURCES
OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION AND TECHNOLOGIES FOR THEIR IMPROVEMENT**

Oksana V. Nikitina¹ ✉, Elena A. Bessonova², Anatoly I. Stifeev³, Vladimir I. Lazarev⁴, Polina O. Bidskaya⁵

^{1, 3} Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov

^{2, 5} Southwestern State University

© Никитина О.В., Бессонова Е.А., Стифеев А.И., Лазарев В.И., Бридская П.О., 2023 г.



⁴ Kursk Federal Agrarian Research Center

¹Nikioxana@yandex.ru

²bessonowa_new@icloud.com

⁴vla190353@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research was to study the ecological state of natural resources of the Central Chernozem region. The objects of the research included soil, water resources, atmospheric air, flora and fauna.

Methodology. To solve the tasks set, the agrochemical properties of dark gray and chernozem soils, the humus state of chernozems, water resources, atmospheric air, flora and fauna were determined according to generally accepted methods. The studies included forwarding, analytical, ecological and other methods.

Results. The soil was subjected to intense anthropogenic impact as a result of a high degree of plowing up to 70%, mineral extraction. Land degradation was noted as a result of erosion, heavy metal pollution, and acidification. It was more profitable to carry out reclamation by planting trees and shrubs on technogenic landscapes formed during anthropogenic change of land in conditions of low forest cover of the Central Chernozem Region. In the conditions of the Central Chernozem region, surface and groundwater pollution was noted, especially with their consumption at iron mining enterprises. The drainage water spillage led to the formation of depression funnels on an area of 38 220 km², which affected the territories of Oryol and Bryansk regions. Industrial enterprises of the Central Chernozem region emitted 3 547 thousand tons / year. Plant resources and wildlife were the most important components of the biosphere. On the territory of the Central Chernozem region, the indicated resources of flora and fauna were deteriorating.

Conclusion. The conducted studies have shown that the natural resources of the Central Chernozem region are subjected to intense anthropogenic impact. In order to reduce the technogenic load on the components of nature, it is necessary to conduct regular environmental monitoring.

Key words: soil, erosion, iron ores, heavy metals, water resources, atmospheric air, plant resources

For citation: Nikitina O.V., Bessonova E.A., Stifeev A.I., Lazarev V.I., Bridskaya P.O. Ecological state of natural resources of the Central Chernozem region and technologies for their improvement // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 1, P 73-82, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.17.010>

Введение

Хозяйственная деятельность человека связана с нарушением земель, их целостности и перемещения почвенного, напочвенного покрова и подстилающих материнских и горных пород; изменением режима грунтовых и поверхностных вод, загрязнением атмосферного воздуха и окружающей человека среды на громадных территориях нашей планеты.

Все виды антропогенного воздействия сопровождаются взаимосвязями между отдельными компонентами окружающей среды – самим фактом появления нарушенных земель, процессом эрозии и дефляции. Нарушение основного компонента биосферы – почвенного покрова сопровождается изменением тысячелетиями созданных ландшафтов с образованием нового вида – техногенного ландшафта, который оказывает значительное воздействие на природные ресурсы.

Огромные площади продуктивных земель заняты городами, населенными пунктами, коммуникациями, строительством, карьерами, шахтами, отвалами горных пород, хвостохранилищами отходов обогащения и т.д. Только в районе Курской магнитной аномалии (КМА) нарушенные земли с развитыми процессами промышленной эрозии и дефляции занимают площадь около 40 тыс. га [1]. Загрязняющие вещества от горнорудных предприятий КМА поступают в атмосферный воздух и распространяются до 35 км, снижая продуктивность агроценозов [2, 3, 4].

Данные государственного мониторинга земель свидетельствуют о том, что в Российской Федерации отмечается тенденция ухудшения качества состава сельскохозяйственных земель. Основными негативными процессами являются: рост площадей нарушенных земель, эрозия, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия почв и выводу их из сельскохозяйственного оборота.

За последние годы количество эрозионно-опасных площадей возросло на 0,4 %, в том числе пашни – на 66,4 %, площадь сельскохозяйственных угодий с повышенным уровнем кислотности – на 6,9 %. Проведенные исследования показали, что 130,1 млн га сельскохозяйственных земель РФ являются эродированными и эрозионно-опасными землями, 44,8 млн га представлены засоленными почвами и солонцеватыми комплексами, 26 млн га переувлажнены и заболочены, 84 млн га являются кислыми, 12 млн га засорены камнями [1].

Одним из направлений снижения антропогенного воздействия на почвенный покров Центрально-Черноземья (ЦЧ) является переход на органическое земледелие, включающее посев многолетних бобовых трав, площади которых в структуре посевных площадей ЦЧ составляют 2,2 % [5, 6].

Аналогичные антропогенные воздействия распространяются на природные ресурсы ЦЧ. Все это послужило основой проведения исследований по



экологическому состоянию природных ресурсов.

Цель наших исследований состояла в изучении экологического состояния природных ресурсов Центрального Черноземья.

В задачи исследований входило:

- изучить антропогенное влияние на высокопродуктивные чернозёмные и серые лесные почвы;
- определить состояние подземных и поверхностных вод;
- установить основные источники загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух;
- ознакомиться с фитоценозами и зооценозами и их состоянием.

Материал и методы исследования

Объектами исследований явились: почвенный покров, водные ресурсы, атмосферный воздух, растительный и животный мир. Методы исследований включали: определение агрохимических свойств темно-серых и чернозёмных почв, гумусовое состояние чернозёмов, состояние водных ресурсов, атмосферного воздуха, растительного и животного мира ЦЧ. Исследования включали экспедиционные, аналитические, экологические и другие методы [7-10]. Методика базировалась на натуральных и лабораторных наблюдениях и экспериментах.

Результаты исследования Экология земель ЦЧ

В результате негативных процессов за 100 лет содержание гумуса в пахотных землях ЦЧ сократилось почти на 30 %, что является катастрофическим для продовольственной безопасности страны [11]. Так, результаты анализов почвенных образцов, зафиксированных В.В. Докучаевым 112 лет назад в границах Белгородской области, выполненных идентичными методами, показали, что

в отдельных точках пахотных земель содержание гумуса сократилось на 35-50 %. Наибольшее антропогенное воздействие на землях проявляется в условиях ЦЧ, где распаханность чернозёмов достигает 70 %, высокая плотность населения > 45 чел./км², функционируют две атомные станции (Курская и Воронежская), 3 крупнейших карьера по добыче железной руды, одна в Курской области и две в Белгородской области с добычей железной руды открытым способом. Для обогащения руды функционируют три горно-обогачительных комбината (Михайловский, Старооскольский, Лебединский). На территории ЦЧ расположено свыше 250 крупных промышленных предприятий (Липецкий и Старооскольский металлургические комбинаты), около 60 животноводческих комплексов и т.д. [1].

Территория Центрального Черноземья (ЦЧ) характеризуется различными типами местности: пойменными, надпойменно-террасовыми, приречными, плакорными, зандровыми, междуречными недренированными. Наибольшее значение в хозяйственном отношении имеют плакорный и приречный типы местности, занимающие соответственно 48,39 и 32,45 %. Остальные типы местности занимают 28,80 %, из них пойменный тип – 9,44 %, надпойменно-террасовый – 5,75 %, зандровый – 2,07 %, междуречный недренированный – 1,9 %. Эти типы местности в наибольшей степени подвержены линейной плоскостной эрозии.

Основная площадь земельных угодий ЦЧ представлена чернозёмами (70,7 %) и серыми лесными почвами (> 10 %). Общая площадь земель составляет 20250,8 тыс. га. По видам угодий земельных ресурсов наибольшие площади заняты сельскохозяйственными угодьями, они составляют 14214,6 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1 – Виды угодий Центрального Черноземья, тыс. га

Вид угодий	Воронежская	Липецкая	Тамбовская	Орловская	Курская	Белгородская	Итого
Площадь всего, в т.ч:	5221,6	2404,7	3446,2	2465,2	2999,7	2713,4	20250,8
Сельскохозяйственные угодья	3595,4	1860,0	2503,5	1795,8	2444,0	2015,9	14214,6
В % к общей площади	68,9	77,3	72,6	72,8	81,5	74,3	70,2
Сенокосы и пастбища	639,0	187,6	124,7	378,0	465,6	294,8	2089,7
В % к общей площади	12,2	7,8	3,6	15,3	15,5	10,9	10,3
Лес	392,2	210,0	374,0	194,8	274,9	219,0	1608,6
В % к общей площади	7,5	8,7	10,9	7,9	8,3	8,1	7,9

Из данных таблицы видно, что общая площадь земельных ресурсов ЦЧ составляет 20250,8 тыс. га. Из них на долю сельскохозяйственных угодий приходится 14214,6 тыс. га, на сенокосы и пастбища 2089,7 тыс. га, на лес – 1608,6 тыс. га или

8,1 %. Наибольшие площади сельхозземель расположены в Воронежской области – 5221,6 тыс. га.

В ЦЧ более 48 % пахотных земель имеют повышенную кислотность и нуждаются в известковании [1]. Среднегодовое уменьшение величины pH в по-



чвах составляет около 0,3. Наибольшая площадь кислых почв в Липецкой (1403,5 тыс. га), Тамбовской (1344,3 тыс. га), Курской (1112,3 тыс. га) областях. Процесс подкисления связан с увеличением в структуре посевных площадей пропашных культур и нерациональным использованием минеральных удобрений. С увеличением доз внесения минеральных удобрений (солей) за последние годы растет количество площадей пахотных угодий, имеющих повышенную кислотность. Так, в условиях Курской области площадь пахотных земель, подверженных разной степени кислотности, достигла 80 %, и требуется их известкование. Кроме того, отдельные площади земель подвергаются переуплотнению и токсикозу.

За последние годы отмечается переуплотнение почв, связанное с увеличением посевных площадей под пропашными культурами. При интенсивной технологии производства сахарной свеклы число проходов транспорта составляет около 20. При этом ухудшается агрегатное состояние почвы, что влияет на снижение урожайности сельскохозяйственных культур и увеличиваются потери органического вещества. В условиях беспахотного возделывания сельскохозяйственных культур и накопления в почвах токсичных элементов отмечается токсикоз почв. Наибольшую опасность представляют примеси токсичных элементов и тяжелых металлов в минеральных удобрениях (табл. 2) [11].

В условиях ЦЧ проявляется промышленная эрозия – это выбросы в почву, воду, атмосферу твердых пылевых частиц. Этот вид эрозии в наибольшей степени проявляется в местах добычи полезных ископаемых, особенно при открытом способе их добычи (70 %). В исследованиях [12], [13] установлено, что промышленные выбросы приводят к геохимическому загрязнению территории. Вблизи карьеров образуются техногенные неустойчивые ландшафты (отвалы горных по-

род, хвостохранилища отходов обогащения минеральных ресурсов). На поверхности техногенных ландшафтов встречаются следующие виды эрозии: смыв, размыв, дефляция, карст, суффозия, просадки, сползание и осыпание горных пород под влиянием поверхностных слоев. Наиболее опасен концентрированный сток, который в условиях техногенного ландшафта Михайловского горно-обогатительного комбината КМА достигает 1500 м³/га. Техногенный ландшафт КМА занимает более 14 тыс. га и является основным источником загрязнения атмосферного воздуха, воды, почвы, прилегающих агроценозов, что приводит к снижению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции [1].

Таблица 2 – Содержание токсичных элементов в суперфосфатах

Элемент	Содержание, мг/кг
Свинец	7-92
Цинк	50-1430
Хром	66-243
Мышьяк	1,2-2,2
Кадмий	50-170

На техногенных ландшафтах, образованных при нарушении земельных угодий в условиях низкой лесистости территории (7,1 %), целесообразно проводить биологическую рекультивацию посредством посадки древесно-кустарниковых насаждений, которые, по данным источника [1], намного менее затратны, чем создание агроценозов: затраты составляют 56500 руб./га и 900000 руб./га соответственно [14, 15]

Средние агрохимические свойства почв ЦЧ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние агрохимические показатели основных почв Центрального Черноземья (слой почвы 0-30 см)

Показатели	Темно-серые лесные почвы	Чернозёмные почвы			
		оподзоленные	выщелоченные	типичные	обыкновенные
pH	5,6	5,9	6,2	6,8	7,0
Степень насыщенности основаниями, %	75,0	83,0	88,0	95,4	96,0
Валовое содержание гумуса, %	3,7	5,6	6,7	8,9	6,6
Содержание общего азота	0,2	0,29	0,36	0,45	0,35
фосфора	0,1	0,12	0,18	0,32	0,27
калия	1,2	1,8	2,0	2,1	2,2

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что агрохимические свойства чернозёмов разных подтипов значительно превышают таковые в темно-серых лесных почвах. Наиболее

благоприятными для произрастания сельскохозяйственных культур являются чернозёмы типичные.

Основная площадь земельных угодий в ЦЧ



представлена чернозёмами (70,7 %) и серыми лесными почвами (≈ 10 %) общей площадью 10 млн га, в том числе 9,3 млн га занято пашней. Почвы в результате длительного использования в пашне претерпевают негативные изменения: ухудшается структура пахотного слоя, снижается содержание гумуса и элементов питания, растёт гидролитическая кислотность, снижается сумма поглощенных оснований (табл. 4). Общая площадь подверженных водной эрозии пахотных земель достигла 3,4 млн га. При этом наибольшее распространение эродированных земель отмечено на территории Средне-Русской возвышенности. Так, в Белгородской области эродированные почвы занимают 41,1 % от общей площади сельскохозяйственных угодий, в Курской области – 28,9 %, Воронежской области – 29,2 %. Под оврагами занято 130 тыс. га ранее плодородных земель. Наиболее эродированными являются серые лесные почвы, где интенсивность эрозии достигает 48 т/га.

Таким образом, для регулирования и смягчения антропогенного воздействия на земельные ресурсы ЦЧ необходимо проведение экологического мониторинга плодородия почв на локальном и региональном уровнях, организация строгого учета всех видов деградации и нарушения земельных ресурсов. Необходимо составление картограмм по всем видам антропогенного воздействия на пахотные угодья, осуществление перехода на ресурсосберегающие, почвоохраняющие технологии, позволяющие стабилизировать почвенное плодородие, ускорить проведение лесной рекультивации техногенных ландшафтов.

Площадь серых лесных почв, находящихся на территории Курской области, составляет около ≈ 30 % всех пахотных угодий. Интенсивное развитие эрозионных процессов приводит к потере плодородия почв. С одного гектара пашни ежегодно теряется 400-600 кг гумуса, 15-20 кг азота, до 200 кг

калия. В результате эрозии с полей может теряться до трети вносимых минеральных удобрений.

В условиях загрязнения почвенного покрова и агроценозов возникает необходимость перехода на биологическое земледелие, в основе которого лежат многолетние бобовые травы, высеваемые в севооборотах ЦЧ, доля которых в современных условиях составляет ≈ 2 % [5, 6].

Состояние водных ресурсов ЦЧ

Проблема пресной воды, сохранение природных вод от загрязнения и истощения приобретает значительные масштабы. Проблема рационального использования пресной воды, охрана природных вод от загрязнения и истощения является основной задачей потребителей [16]. Важнейшей характеристикой водных ресурсов является среднее многолетнее потребление воды и норма стока. На территории ЦЧ средняя величина местного стока изменяется от 30 мм на юге до 100 мм на севере. При этом наибольшее значение среднего стока во многом зависит от рельефа местности. Для северной зоны средний годовой сток рек составляет 5 л/с с 1 км², для южной – 2 л/с с 1 км². Наибольший речной сток (5,5-6,8 с 1 км²) наблюдается в центре Среднерусской возвышенности, в бассейнах рек Оскол, Кшень, Девица. Современные водные ресурсы земледелия ЦЧ оцениваются в 12,24 км³. В условиях ЦЧ построено около 6000 искусственных прудов. Более половины из них наполняется в период весеннего снеготаяния, около 30 % заполняется грунтовыми водами. Кроме того, на территории ЦЧ имеется 11 крупных водохранилищ, из них 4 в Курской области. Водоснабжение населения, промышленности и сельского хозяйства ЦЧ осуществляется водными ресурсами зоны интенсивного водообмена, природно-ресурсный потенциал которой составляет 4,5 км³. Суммарное водопотребление по областями, крупным городам ЦЧ приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Суммарное водопотребление по отдельным областям и крупным городам ЦЧ

Область	Количество извлекаемой воды тыс. м ³ /сут.	Город	Эксплуатационные запасы, тыс. м ³ /сут.
Воронежская	1006,7	Воронеж	495,0
Белгородская	899,2	Белгород	170,0
Курская	564,2	Курск	399,3
Липецкая	840	Липецк	604,9
Итого	2910,1	-	1669,2

Из данных таблицы видно, что количество извлекаемой воды составляет 2910,1 тыс. м³/сутки, а суммарное водопотребление составляет 1669,2 тыс. м³/сутки.

Анализ состояния качества питьевой воды показал, что 28 % не отвечает гигиеническим требованиям, а 29,4 % – бактериологическим показателям. Более 50 % источников питьевого водоснабжения не имеют зоны санитарной охраны. Значительное потребление подземных вод связа-

но с открытым способом добычи железных руд на территории Курской и Белгородской областей. В результате этого отмечается понижение уровней водоносных горизонтов коры, девона и докембрия. Отмечается загрязнение подземных вод и образование депрессионных воронок [1].

За последние 10 лет отмечается увеличение площадей депрессионных воронок, что в свою очередь приводит к изменению водного режима рек Осколец, Тускарь, Чернь, Ворсклы (табл. 5).



Таблица 5 – Характеристика распространения депрессионных воронок при добыче железных руд на КМА

Местоположение депрессионной воронки	Эксплуатируемый водоносный горизонт	Глубина залегания эксплуатируемого водоносного горизонта от поверхности земли	Снижение уровня подземных вод, м	Площадь депрессионной воронки, км ²
Осушение месторождений полезных ископаемых, км ²				
Михайловское месторождение железных руд (бассейн р. Чернь)	Докембрийский	70-90	70-75	1000-1260
	Надюрский	20-30	8	126-280
Старооскольское месторождение железных руд (бассейн р. Осколец)	Докембрийский	80-100	93	1260
	Надюрский	30	43	530
Яковлевское месторождение железных руд (бассейн р. Ворсклы)	Каменноугольный	430-450	210	11300
Итого				38220

Из данных таблицы 5 видно, что депрессионные воронки затрагивают несколько подземных водоносных горизонтов. Наибольшие из них: каменноугольный, где депрессионная воронка при шахтном способе добычи железной руды на Яковлевском месторождении составляет 11300 км², затем Докембрийский и Надюрский (Михайловский и Старооскольский карьеры) по 1260 км². Общая площадь депрессионных воронок составляет 14350 км², которые затрагивают территорию Орловской и Брянской областей.

Таким образом, исследования показали, что состояние воды на территории ЦЧ требует разработки ряда технологий, обеспечивающих качество питьевой воды. Прежде всего, необходимо проводить мониторинг качества по всем пунктам потребления питьевой вод; обязать водопользователей выделить санитарные зоны по всем источникам потребления; внедрить ресурсосберегающие тех-

нологии для повторного использования сбросных и дренированных вод, улучшить их качество, не вызывающее побочного негативного воздействия на другие среды и объекты; внедрить системы оборотного и бессточного водоснабжения на всех видах предприятий; создать и внедрить автоматические системы контроля за составом и объемом сточных вод.

Экология атмосферного воздуха ЦЧ

За последние десятилетия серьёзной проблемой стало воздействие промышленности-хозяйственной деятельности человека на атмосферу [17]. С индустриализацией сельского хозяйства, промышленности, топливно-энергетических предприятий и передвижных источников (автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта), количество выбросов загрязняющих веществ значительно увеличивается (табл. 6).

Таблица 6 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на территории ЦЧ (тыс. тонн/год)

Виды выбросов загрязняющих веществ	Курская	Воронежская	Белгородская	Тамбовская	Липецкая	Орловская
Выброшено загрязняющих веществ в атмосферу	127,0	410,0	301,4	220,0	490,0	201,0
Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта	90,2	360,4	220,0	201,0	229,0	167,0
Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников	44,4	83,9	90,2	34,0	228,0	49,9
Итого	261,6	854,3	611,6	455,0	947,0	417,9

Из приведенных в таблице данных видно, что общие выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух ЦЧ, составляет 3547,4 тыс. тонн в год. Наибольшее количество выбросов отмечается в Липецкой области –

947,0 тыс. тон в год. После поступления из источника загрязняющие вещества не остаются в неизменном виде. Происходят физические изменения (перемещение, диффузия, разбавление). В результате химических процессов идут реак-



ции окисления, температурные изменения и т.д.

Количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу ЦЧ на площади 1 км², составляет: сернистые соединения – 578 кг, нитратный азот – 170 кг, более 700 кг других соединений азота,

около 500 кг соединений углекислоты. Выбрасываемые вещества влияют на загрязнение почвы, поверхностных вод, здоровье человека.

Основные загрязнители атмосферного воздуха приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные загрязнители атмосферного воздуха на территории ЦЧ

Ингредиенты	Процент проб с превышением	
	ПДК	5ПДК
Пыль	70,9	80,3
Сернистый газ	9,8	-
Оксид углерода	14,4	-
Окислы азота	21,5	51,4
Хлор и его соединения	2,2	-
Хлористый водород	2,2	-
Тяжёлые металлы	15,5	-

Из данных таблицы видно, что в атмосферный воздух выбрасывается 7 ингредиентов. Отмечается превышение ПДК по пылевым выбросам и окислам азота. Время пребывания загрязняющих веществ в атмосфере приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Время пребывания веществ в атмосфере

Вещества	Время пребывания
Диоксид углерода (CO ₂)	5-10 лет
Метан (CH ₄)	4-7 лет
Оксид азота (N ₂ O)	2,5-4 года
Озон (O ₃)	0,3-2 года
Оксид углерода (CO)	0,2-0,5 лет
Диоксид азота (NO ₂)	8-11 суток
Аммиак (NH ₃)	5-6 суток
Диоксид серы (SO ₂)	2-4 суток

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что пребывание загрязняющих веществ колеблется от 2-4 суток (SO₂) до 5-10 лет (CO₂).

Состояние растительного и животного мира

Одним из компонентов экологических ресурсов биосферы является растительный и животный мир, обеспечивающий устойчивое её функционирование. Растительный покров ЦЧ занимает 3698 тыс. га или 18,2 %. Площадь сенокосов и пастбищ составляет 2089,7 тыс. га (10,3 %), лесных угодий – 1608,6 тыс. га (7,9 %) [18].

Травянистый покров ЦЧ насчитывает свыше 2500 видов. Только в Центрально-Чернозёмном заповеднике произрастает 1359 видов и гибридов сосудистых растений с высокой видовой и экземплярной насыщенностью – 80 видов на 1 м². Лесные угодья занимают 1608,6 тыс. га, лесистость территории составляет 7,9 %. Естественные лесные массивы степи образованы экотипами древесных пород, наибольшее значение имеют дубравы. Все леса ЦЧ отнесены к первой группе и в основном выполняют санитарно-гигиенические и рекреационные функции. За последние 20 лет значительно сократились площади естественных

сенокосов и пастбищ, отмечается снижение их продуктивности в результате смены сукцессий, вместо ценных в кормовом отношении трав доминируют популяции сорных и ядовитых трав. Кроме того, отмечается снижение ценных лекарственных трав: ландыша майского, валерьяны лекарственной, адониса весеннего и других. Разработка полезных ископаемых на территории ЦЧ (Курская и Белгородская области) на площади 36 тыс. га разрушает биоценозы. Под угрозой исчезновения на территории ЦЧ указанных областей являются: проломник Козо-Полянского (*Androsace koso-poljanskii* Ovcz.), Ятрышник шлемовидный (*Orchis militaris*), волчеягодник боровой (*Daphne spaeogum*); среди животного мира – Голубая орденская лента (*Catocala fraxini*), Папилио махаон (*Papilio machaon*), жук-олень (*Lucanus cervus*), остромордая лягушка (*Rana arvalis*), степная гадюка (*Vipera ursinii*). Растительный и животный мир является исчерпаемым, но восстанавливаемым природным ресурсом. Для сохранения отмеченных видов в ЦЧ созданы следующие заповедники: Центрально-Черноземный биосферный государственный заповедник, Лес на Ворскле, Галичья гора, Воронежский заповедник, Воронинский за-



поведник, Хоперский заповедник. Преобладают прирусловые луга, где произрастают популяции костреца безостного (*Bromopsis inermis*), пырея ползучего (*Agropyrum repens*), мятлика лугового (*Poa pratensis*) и др. виды. На болотных луговых почвах произрастают осоки, камыши и тростники. Кроме того, на определенных территориях встречаются материковые луга (суходольные и низинные), где произрастают овсяница луговая (*Festuca pratensis*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis*), герань полевая (*Geranium pratense* L.).

Отдельно выделяются суходольные луга, произрастающие на северных склонах балок, где травостой представлен трясунково-душисто-кошачьими мелкозлаковыми травами, представленными раковыми шейками, кровохлебкой лекарственной, первоцветом весенним, подмаренником, полевицей и мятликом. Разнотравная степная растительность лесостепной зоны сохранилась в Центрально-Чернозёмном заповеднике, где отмечена высокая видовая и экземплярная насыщенность. На участке заповедника Стрелецкая степь насчитывается около 80 видов трав, произрастающих на площади 1 м². Рано весной зацветает сон-трава, затем адонис весенний, крупка сибирская, осина низкая, первоцвет весенний, ветреница лесная, ирис безлиственный, валерьяна русская, ковыль перистый, шалфей луговой и другие виды. Дикорастущие лекарственные растения представлены в ЦЧ более чем 150 видами: адонис весенний, зверобой продырявленный, ландыш майский, душица обыкновенная, чабрец, чистотел, ромашка аптечная, синюха голубая и другие виды. Много редких представителей флоры сохранилось на юго-востоке Курской области. На границе Белгородской и Воронежской областей находится "Стража живых ископаемых", характеризующаяся реликтовыми растениями (к примеру, сосна меловая).

Заключение

В условиях ЦЧ почвенный покров представлен в основном высокоплодородными чернозёмами и серыми лесными почвам. В результате антропогенного воздействия почвы претерпевают изменения их качества, связанные с высокой степенью распаханности (> 65 %), изъятия их для нужд добычи минерального сырья, строительства, прокладки трубопроводов и т.д.

Проведенные исследования показали, что почвы ЦЧ подвергаются различным видам эрозии, загрязнению их тяжёлыми металлами, что приводит к снижению плодородия в результате дегумификации, приводящей к ежегодной потере гумуса более 4 т/га, в результате снижается продуктивность агроценозов и качество сельскохозяйственной продукции.

Для стабилизации почвенного плодородия Центрального Черноземья необходимо проведение экологического мониторинга, соблюдение научно обоснованных севооборотов, расширение площади полезащитных насаждений, использование оптимальных доз минеральных удобрений

и пестицидов, ускорение перехода на органическое земледелие, внедрение ресурсосберегающих технологий в АПК.

С целью снижения антропогенного воздействия на водные ресурсы необходимо проведение моделирования использования их потребителями, а также экологического мониторинга; использование оборотного водоснабжения; обязательное выделение санитарно-защитных зон поверхностных водоёмов; внедрение безотходных технологий.

Для снижения антропогенных выбросов в атмосферный воздух – использовать замкнутые воздушные циклы, когда загрязненный воздух удаляется от оборудования и из зоны дыхания рабочих; совершенствовать изготовление нового оборудования для пылеулавливания; переводить автотранспорт на альтернативные энергетические двигатели (электрические, газовые, водородные); все котельные перевести на газовое топливо; строго соблюдать санитарно-защитные зоны предприятий и их облесение.

Для улучшения окружающей среды, сохранения растительных ресурсов предусмотреть облесение деградированных и нарушенных земель, ежегодно осуществлять санитарные рубки и рубки ухода в лесах, лесополосах, парках. Осуществлять мониторинг состояния растительного и животного мира, соблюдать пожароопасные зоны в лесных зонах, увеличить создание рыбхозов, искусственных нерестилищ, создать территориальные комплексные схемы охраны растительного и животного мира, увеличить площади особо охраняемых территорий (заповедников, заказников, национальных парков).

Список источников

1. Стифеев, А.И., Бессонова, Е.А., Никитина, О.В. Система рационального использования и охрана земель : учеб. пособие: Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 168 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/171875>
2. Афанасьева, Г.Е. Установление ареалов воздействия горных пород на окружающую среду // Экология окружающей среды и здоровье населения Центрального Черноземья: материалы Международной научно-практической конференции в 2 частях. Часть 2. Курск: КГМУ. - 2005. - С. 5-7. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19532440>
3. Стифеев, А.И., Бессонова, Е.А. Биологическая рекультивация нарушенных земель Центрального Черноземья - основной путь создания устойчивых техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы международной научной конференции. Екатеринбург: изд-во Урал. Униве-та. - 2007. - С. 588-596. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510500>
4. Фильчаков, Ю.В., Стифеев, А.И. Влияние хвостохранилища Михайловского ГОКа КМА на почвенный и растительный покров // Аграрная наука. - 2007. - №9. - С. 8-10. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9585639>
5. Никитина, О.В., Стифеев, А.И., Проскурин, В.А. Проблемы биологизации земледелия в усло-



виях Центрально Черноземного региона // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. - №5. - С. 6-13. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46297662>

6. Дедов, А.В. Биологизация земледелия // Земледелие. - 2002. - № 2. - С. 10. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20862694>

7. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: изд-во МГУ, 1970. - 488 с.

8. Протасова, Н.А., Куликов, Ю.А., Горбунова, Н.С. Оценка экологического состояния зональных почв Центрального Черноземья по содержанию в них тяжёлых металлов // Экология Центрально-Чернозёмной области Российской Федерации. - 2006. - №1. - С. 28-30.

9. Стифеев, А.И., Демиденко, А.Я., Муха, В.Д. Методика выполнения лабораторных и практических занятий по земледелию и краеведению. МСХ РФ, Курский СХИ. Курск. - 1993. - 40 с.

10. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнений окружающей среды металлами / под ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. М.: Гидрометеиздат, 1981. - 109 с.

11. Щербakov, А.П., Васенёв, И.И. Агроэкологическое состояние почв ЦЧО Научно-практическое издание. Курск.: изд-во ВНИИ Земледелия и защиты почв от эрозии, 1996. - 327 с.

12. Глазовская, М.А. Геохимия природных и ан-

тропогенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. - 328 с.

13. Стифеев, А.И., Стифеев, А.А., Фильчаков, Ю.В., Бабенко, О.В. Хвостохранилище Михайловского ГОКа – источник загрязнения природных ресурсов // Экология Центрально-Чернозёмной области Российской Федерации. - 2005. - №2(15). - С. 114-116.

14. Бессонова, Е.А. Экономическая оценка различных видов биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - № 1(28). - С. 97-99. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18485420>

15. Бессонова, Е.А. Эколого-экономическая реабилитация нарушенных и деградированных сельскохозяйственных земель. Курск: изд-во "Планта", 2011. - 240 с.

16. Комплексное использование и охрана водных ресурсов / О.Л. Юшманов [и др.]. М.: Агропромиздат, 1985. - 303 с.

17. Шицкова, Д.П., Новиков, Ю.В. Гармония или трагедия?: Научно-технический прогресс, природа и человек. М.: Наука, 1989. - С. 162-193.

18. Центрально-Чернозёмный государственный биосферный заповедник им. В.В. Алехина / под общ. ред. В.В. Власова, О.В. Рыжкова, Н.И. Золотухина. Курск: Мечта, 2016. - 320 с. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37001985>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Stifeyev, A.I., Bessonova, Ye.A., Nikitina, O.V. Sistema ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrana zemel' : ucheb. posobiye: Sankt-Peterburg : Lan', 2021. - 168 s. - URL: <https://e.lanbook.com/book/171875>

2. Afanas'yeva, G.Ye. Ustanovleniye arealov vozdeystviya gornyykh porod na okruzhayushchuyu sredy // Ekologiya okruzhayushchey sredy i zdorov'ye naseleniya Tsentral'nogo Chernozem'ya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 2 chastyakh. Chast' 2. Kursk: KGMU. - 2005. - S. 5-7. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19532440>

3. Stifeyev, A.I., Bessonova, Ye.A. Biologicheskaya rekul'tivatsiya narushennykh zemel' Tsentral'nogo Chernozem'ya - osnovnoy put' sozdaniya ustoychivyykh tekhnogennykh landshaftov Kurskoy magnitnoy ano-malii // Biologicheskaya rekul'tivatsiya i monitoring narushennykh zemel': materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Yekaterinburg: izd-vo Ural. Unive-ta. - 2007. - S. 588-596. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19510500>

4. Fil'chakov, YU.V., Stifeyev, A.I. Vliyaniye khvostokhranilishcha Mikhaylovskogo GOKa KMA na pochvennyy i rastitel'nyy pokrov // Agrarnaya nauka. - 2007. - №9. - S. 8-10. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9585639>

5. Nikitina, O.V., Stifeyev, A.I., Proskurin, V.A. Problemy biologizatsii zemledeliya v usloviyakh Tsentral'no Chernozem'nogo regiona // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy aka-demii. 2021. - №5. - S. 6-13. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46297662>

6. Dedov, A.V. Biologizatsiya zemledeliya // Zemledeliye. - 2002. - № 2. - S. 10. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20862694>

7. Arinushkina, Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. Moskva: izd-vo MGU, 1970. - 488 s.

8. Protasova, N.A., Kulikov, Yu.A., Gorbunova, N.S. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya zonal'nykh pochv Tsentral'nogo Chernozem'ya po sodержaniyu v nikh tyazholyykh metallov // Ekologiya Tsentral'no-Chernozomnoy oblasti Rossiyskoy Federatsii. - 2006. - №1. - S. 28-30.

9. Stifeyev, A.I., Demidenko, A.Ya., Mukha, V.D. Metodika vypolneniya laboratornykh i prakticheskikh zanyatiy po zemledeliyu i krayeveden'yu. MSKH RF, Kurskiy SKHI. Kursk. - 1993. - 40 s.

10. Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv i ras-teniy pri kontrole zagryazneniy okruzhayushchey sredy metallami / pod red. N.G. Zyrina, S.G. Malakhova. M.: Gidrometeizdat, 1981. - 109 s.



11. Shcherbakov, A.P., Vasenov, I.I. Agroekologicheskoye sostoyaniye pochv TSCHO Nauchno-prakticheskoye iz-daniye. Kursk.: izd-vo VNII Zemledeliya i zashchity pochv ot erozii, 1996. - 327 s.
12. Glazovskaya, M.A. Geokhimiya prirodnykh i antropogennykh landshaftov SSSR. M.: Vysshaya shkola, 1988. - 328 s.
13. Stifeyev, A.I., Stifeyev, A.A., Fil'chakov, YU.V., Babenko, O.V. Khvostokhranilishche Mikhaylovskogo GOKa – istochnik zagryazneniya prirodnykh resursov // *Ekologiya Tsentral'no-Chernozomnoy oblasti Rossiyskoy Federatsii*. - 2005. - №2(15). - S. 114-116.
14. Bessonova, Ye.A. Ekonomicheskaya otsenka razlichnykh vidov biologicheskoy rekul'tivatsii narushennykh zemel' // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. - 2011. - № 1(28). - S. 97-99. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18485420>
15. Bessonova, Ye.A. Ekologo-ekonomicheskaya reabilitatsiya narushennykh i degradirovannykh sel'skokhozyaystvennykh zemel'. Kursk: izd-vo "Planeta", 2011. - 240 s.
16. Kompleksnoye ispol'zovaniye i okhrana vodnykh resursov / O.L. Yushmanov [i dr.]. M.: Agropromiz-dat, 1985. - 303 s.
17. Shitskova, D.P., Novikov, Yu.V. Garmoniya ili tragediya?: Nauchno-tehnicheskii progress, priroda i chelovek. M.: Nauka, 1989. - S. 162-193.
18. Tsentral'no-Chernozomnyy gosudarstvennyy biosfernyy zapovednik im. V.V. Alekhina / pod obshch. red. V.V. Vlasova, O.V. Ryzhkova, N.I. Zolotukhina. Kursk: Mechta, 2016. - 320 s. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37001985>

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Сведения об авторах

Никитина Оксана Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экологии, садоводства и ландшафтного проектирования, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, Nikioxana@yandex.ru

Бессонова Елена Анатольевна, д-р экон. наук, заведующий кафедрой экономики, управления и аудита, Юго-западный государственный университет, bessonowa_new@icloud.com

Стифеев Анатолий Иванович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры экологии, садоводства и ландшафтного проектирования, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова

Лазарев Владимир Иванович, д-р с.-х. наук, руководитель НИИ агропромышленного производства, Курский федеральный аграрный научный центр, via190353@yandex.ru

Бридская Полина Олеговна, аспирант, Юго-западный государственный университет, Polina.Bridskaya@yandex.ru

Author Information

Nikitina Oksana V., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Department of Ecology, Horticulture and Landscape Design, Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov, Nikioxana@yandex.ru

Bessonova Elena A., doctor of economic sciences, Head of the Department of Economics, Management and Audit, Southwestern State University, bessonowa_new@icloud.com

Stifeev Anatoly I., doctor of agricultural sciences, professor of the Department of Ecology, Horticulture and Landscape Design, Kursk State Agricultural Academy Named after I.I. Ivanov

Lazarev Vladimir Ivanovich, doctor of agricultural sciences, Head of Research Institute of Agricultural Production, Kursk Federal Agrarian Research Center, via190353@yandex.ru

Bridskaya Polina O., postgraduate student, Southwestern State University, Po-lina.Bridskaya@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 01.12.2022; одобрена после рецензирования 23.12.2022; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 01.12.2022; approved after reviewing 23.12.2022; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 83-89
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 83-89

Научная статья
УДК 636.2.082
DOI: 10.36508/RSATU.2023.46.66.011

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТОЙЛОВО-ПАСТБИЩНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО И КРАСНОГО СТЕПНОГО СКОТА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

Василий Николаевич Приступа¹, Ольга Евгеньевна Кротова²✉, Вячеслав Викторович Лодьянов³, Ирина Игоревна Панкова⁴, Денис Александрович Денисов⁵

¹ Донской государственный аграрный университет, п.Персиановский, Россия

^{2,3,4} Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, Россия

⁵ Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, г.Новочеркасск, Россия

¹ prs40@yandex.ru

² alb9652@yandex.ru

³ lodjanov@yandex.ru

⁴ irinpankova2109@yandex.ru

⁵ deonis-08.85@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований заключалась в сравнительном изучении изменения продуктивности телок и коров красной степной и чёрно-пёстрой пород с возрастом при стойлово-пастбищной технологии содержания.

Методология. Для достижения цели исследования в условиях ЗАО «Антоновское» Цимлянского района Ростовской области в течение 2019-2021 годов было отобрано по 15 ремонтных телок красной степной и черно-пестрой пород, которых выращивали с 6 до 18-месячного возраста. Также в период отела для опытов были сформированы две группы по 15 первотелок и по 20 коров третьего отела и старше. Во всех опытах в первую группу (1) вошли животные красной степной, а во вторую (2) – черно-пестрой породы.

Результаты. В процессе сравнительного изучения энергии роста, живой массы ремонтных телок и продуктивности коров различного возраста выявлено существенное превосходство по этим показателям у сверстниц чёрно-пёстрой породы над красными степными. За 12-месячный период выращивания красные степные телки имели среднесуточный прирост на 82 г, а живую массу почти на 50 кг ниже, чем у чёрно-пёстрых сверстниц. Молочная продуктивность чёрно-пёстрых коров превосходила по первой лактации на 376, а по третьей и старше – на 774 кг молока и на 63 и 57 кг массовой доли жира и белка. В среднем от одной красной степной коровы в год получено денежных средств на 16,8 тыс. рублей меньше, чем от одной черно-пестрой сверстницы. От каждой коровы анализируемых пород хозяйство в среднем на каждый затраченный рубль получает 20 копеек прибыли. При использовании коров черно-пестрой породы появляется возможность получать от каждой коровы почти на 700 кг товарного молока больше, чем от сверстниц красной степной породы.

Заключение. Для обеспечения проявления генетического потенциала скота изучаемых пород в хозяйстве следует интенсифицировать выращивание молодняка в послемолочный период и повысить уровень кормления коров за счет обогащения рациона белковыми кормами. Для увеличения количества товарного молока целесообразно увеличить поголовье коров черно-пестрой породы.

Ключевые слова: красная степная, чёрно-пёстрая, порода, телки, коровы, продуктивность, рентабельность

Для цитирования: Приступа В.Н., Кротова О.Е., Лодьянов В.В., Панкова И.И., Денисов Д.А. Эффективность стойлово-пастбищной технологии содержания черно-пестрого и красного степного скота и ее влияние на продуктивность // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, № 1. С.83-89, [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.46.66.011](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.46.66.011)



Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE STABLE-PASTURE TECHNOLOGY OF KEEPING BLACK-AND-WHITE AND RED STEPPE CATTLE AND ITS IMPACT ON PRODUCTIVITY

Vasily N. Pristupa¹, Olga E. Krotova² ✉, Vyacheslav V. Lodyanov³, Irina I. Pankova⁴, Denis A. Denisov⁵

¹ Don State Agrarian University, p. Oktyabrsky, Russia

^{2,3,4} Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

⁵ South Russian State Polytechnic University M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

¹ prs40@yandex.ru

² alb9652@yandex.ru

³ lodjanov@yandex.ru

⁴ irinpankova2109@yandex.ru

⁵ deonis-08.85@mail.ru

Abstract.

The problem and the goal. The purpose of the research was a comparative study of the changes in the productivity of heifers and cows of red steppe and black-and-white breeds with age with stall-pasture technology.

Methodology. To achieve the purpose of the study, 15 repair heifers of red steppe and black-and-white breeds were selected in the conditions of Antonovskoye CJSC in the Tsimlyansky district of the Rostov region during 2019-2021, which were grown from 6 to 18 months of age. Also, during the calving period, two groups of 15 heifers and 20 cows of the third calving and older were formed for experiments. In all experiments, the first group (1) included animals of the red steppe, and the second (2) – black-and-white breeds.

Results. In the process of comparative study of the growth energy, the live weight of repair heifers and the productivity of cows of various ages, a significant superiority in these indicators was revealed among the peers of the black-and-white breed over the red steppe ones. During the 12-month growing period, red steppe heifers had an average daily increase of 82 g, and the live weight was almost 50 kg lower than that of black-and-white peers. The milk productivity of black-and-white cows exceeded 376 in the first lactation, and 774 kg of milk in the third and older, and 63 and 57 kg of the mass fraction of fat and protein. On average, 16.8 thousand rubles less money was received from one red steppe cow per year than from one black-and-white peer. From each cow of the analyzed breeds, the farm receives an average of 20 kopecks of profit for every ruble spent. When using black-and-white cows, it becomes possible to receive from each cow almost 700 kg of commercial milk more than from the peers of the red steppe breed.

Conclusion. To ensure the manifestation of the genetic potential of the livestock of the studied breeds in the farm, it is necessary to intensify the cultivation of young animals in the post-dairy period and increase the level of feeding of cows by enriching the diet with protein feeds. To increase the amount of commercial milk, it is advisable to increase the number of black-and-white cows.

Key words: red steppe, black-mottled, breed, heifers, cows, productivity, profitability.

For citation: Pristupa V.N., Krotova O.E., Lodyanov V.V., Pankova I.I., Denisov D.A. The effectiveness of the stable-pasture technology of keeping black-and-white and red steppe cattle and its impact on productivity // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023. Vol. 15, No. 1, P 83-89, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.46.66.011>

Введение

Молочное скотоводство России является ведущим сектором сельского хозяйства, который обеспечивает работой сельхозпроизводителей, а население страны высокоценными продуктами питания. Для увеличения производства молока и говядины необходимо увеличивать не только численность скота, но и повышать его продуктивность [1-3]. В хозяйствах Ростовской области для улучшения генетического потенциала скота красной степной и черно-пестрой пород используют голштинские породы. Однако будущая продуктивность высокоудойных животных зависит не только от их генетического потенциала, но и от технологии их содержания и выращивания ремонтных телок [8-10]. Получение высококлассного потом-

ства и его направленное выращивание в условиях интенсивной технологии молочного скотоводства представляет основную цель в повышении продуктивности, так как от этого зависит будущее молочного скотоводства и, соответственно, обеспечение его продукцией потребностей населения страны. В процессе реформирования народного хозяйства Россия потеряла до 60 % отечественного поголовья крупного рогатого скота. С 1990 г. по 2020 г. поголовье коров уменьшилось в 2,6 раза до 8 млн, а производство молока – в 1,7 раза. Поголовье коров продолжает снижаться, но их продуктивность с 2005 года последовательно увеличивается и в 2020 году надой молока от 1 коровы в сельскохозяйственных организациях России пре-



высил 6,8 тонн в год, что приравнивается к удою коров европейских стран. [4, 5, 11-14]. Поэтому скотоводство играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. В последние годы оно обеспечивает около 30 % товарной продукции агропромышленного комплекса. При этом несоответствие объемов производства и потребностей населения стало стимулирующим фактором интенсификации и изыскания резервов повышения продуктивности животных и рентабельного производства молока [6, 7, 9].

Материалы и методы исследований

Для достижения поставленной цели в условиях ЗАО «Антоновское» Цимлянского района Ростовской области в течение 2019-2021 годов было отобрано по 15 ремонтных телок красной степной и черно-пестрой пород, которых выращивали с 6 до 18-месячного возраста. Кроме того, в период отела для опытов было сформировано две группы: 15 первотелок и 20 коров третьего отела и старше. Во всех опытах в первую группу (1) вошли животные красной степной, а во вторую (2) – черно-пестрой породы. Оценка живой массы телок проводилась путем индивидуального взвешивания в 6, 9, 12, 15 и 18 месяцев и по полученным данным определяли абсолютный и среднесуточный

прирост. Уровень кормления телок был рассчитан на получение среднесуточного прироста 850 г, а уровень кормления коров рассчитан на получение не менее 25 кг молока в сутки. В летний период все животные использовали пастбища [2, 6]. Контрольный удой коров проводился 1 раз в месяц с определением величины удоя, содержание молочного жира и белка определяли на приборе «Клевер».

Результаты исследований

В процессе анализа полученных показателей выявлено, что черно-пестрые телки по живой массе, абсолютному и среднесуточному приросту с достоверной разницей (5-44 кг) превосходили сверстниц красной степной породы (табл. 1). При этом живая масса подопытных телок в возрасте 18 месяцев превышает минимальные требования для породы на 90-100 кг и составляет 77-80 % от стандарта живой массы полновозрастных коров этих пород. Абсолютный прирост за весь учетный период выращивания составил у телок 1-й группы 261 кг при среднесуточном приросте 715 г, а у второй группы, соответственно – 291 кг и 797 г. В период до годовичного возраста абсолютный прирост составил 150 и 160 кг при среднесуточном приросте 833, 889 г.

Таблица 1 – Динамика роста ремонтных телок

Возраст, мес.	Красная степная			Черно-пестрая		
	Живая масса, кг	Прирост		Живая масса, кг	Прирост	
		абсолют., кг	суточн., г		абсолют., кг	суточн., г
6	189 ± 6,3	-	-	203±5,3	-	-
9	265±8,6	76	826	284±7,4	81	880
12	339 ± 9,5	74	804	363±8,4	79	859*
15	400±8,5	61	663	433±9,6	70	761*
18	450 ± 9,7	50	543	494±9,9	61	663**
За период	-	261	715	-	291	797

* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$

В процессе анализа молочной продуктивности выявлено, что коровы 1-й группы уступали по удою по первой лактации сверстницам второй группы на 376 (8,9%), а по третьей – на 774 (14,2 %) кг молока (табл. 2). При этом средний удой у красных степных первотелок составил 4216, а у черно-

пестрых сверстниц 4592 кг молока, что почти на 40 % больше минимальных требований первого класса. Аналогичная закономерность складывается и по живой массе у первотелок и полновозрастных коров.

Таблица 2 – Продуктивность опытных животных

Показатель	1-я группа			2-я группа		
	$M \pm m$	σ	lim	$M \pm m$	σ	lim
Первая лактация						
Удой за лактацию, кг	4216±241	426	736	4592±402	540	812
Содержание жира, %	3,77±0,22	0,24	0,64	3,69±0,07	0,31	0,80
Содержание белка, %	3,30±0,02	0,10	0,30	3,16±0,04	0,14	0,55
Живая масса, кг	503±7,6	18,3	62	536±5,9	21,0	71



Третья лактация						
Удой за лактацию, кг	5453±270	849	1012	6227±254	934	1740
Содержание жира, %	3,86±0,07	0,201	1,1	3,76±0,05	0,213	0,9
Содержание белка, %	3,34±0,03	0,12	0,35	3,25±0,18	0,70	0,9
Живая масса, кг	572,8±5,8	22,5	70	582,7±6,0	23,24	73

У первотелок 1-й группы отмечены коровы с удоем более 4640 кг, а во второй группе – 5320 кг молока за лактацию, что подтверждает величина среднего квадратического отклонения (σ). Однако у первотелок обеих групп лимит удоя не превысил 900 кг молока, что свидетельствует о хороших возможностях отбора коров по этому признаку. Вероятно, поэтому у опытных коров молочная продуктивность по третьей лактации увеличилась у черно-пестрых на 1635 кг (35,6 %), а у сверстниц красной степной породы только на 1237 кг, что составляет 29,3 %. При этом отмечаем: несмотря на то, что у красных степных коров было некоторое превосходство по содержанию молочного жира и белка, массовая доля молочного жира (МДЖ) у них была на 10-22 кг меньше, чем у черно-пестрых сверстниц (табл. 3). Массовая доля молочного белка (МДБ) тоже была меньше на 6-20 кг.

Аналогичная ситуация проявилась в показателях индекса молочности, который у коров первой группы колебался на уровне 838-952 кг, а у коров второй группы – 857-1068 кг. Эти данные являются косвенными показателями положительной взаимосвязи величины удоя за лактацию и живой массы (табл. 4). Увеличение живой массы коров будет способствовать повышению продуктивности коров и выходу молочного жира и белка, так как между удоем и величиной живой массы у коров данного стада отмечена слабо положительная взаимосвязь во все возрастные периоды, с некоторым преимуществом в пользу животных черно-пестрой породы третьего отела. И это является косвенным подтверждением целесообразности более длительного производственного использования коров.

Таблица 3 – Производство молочного жира и белка

Показатель	Первая лактация		Третья лактация	
	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
МДЖ кг	158,9	169,4	210,5	232,7
МДБ кг	139,1	145,1	182,1	202,3
Индекс молочности, кг	838,1	856,7	952,0	1068,6

Таблица 4 – Взаимосвязь между признаками

Показатель	1-я группа		2-я группа	
	Лактация по счету			
	1	3	1	3
Удой – жирность молока	- 0,23	- 0,14	- 0,10	- 0,05
Удой – продолжительность лактации	0,22	0,27	0,36	0,38
Удой – живая масса	0,08	0,11	0,22	0,27
Удой – выход молочного жира	0,11	0,13	0,25	0,28

Вместе с тем у коров во все учетные возрастные периоды отмечается отрицательная взаимосвязь между удоем и жирностью молока, особенно высока она у первотелок. И это необходимо учитывать в процессе селекционной работы. При таких показателях с увеличением величины удоя содержание жира в молоке будет уменьшаться.

Проанализировав изменение структуры затрат у опытных коров по третьей лактации, выявили, что при одинаковых условиях содержания и равном уровне кормления себестоимость молока черно-пестрых коров, имеющих более высокую продуктивность, была несколько ниже, а при-

быль, при одинаковой реализационной стоимости 1 кг молока, была на 26,5 % выше (табл.5). Однако это практически не отразилось на результатах рентабельности молока изучаемых пород. Окупаемость затрат на производство молока у коров первой и второй групп практически одинаково высоко рентабельная. Но в среднем от одной красной степной коровы получено денежных средств на 16,8 тыс. рублей меньше, чем от одной черно-пестрой сверстницы. При этом от каждой коровы анализируемых пород хозяйство в среднем на каждый затраченный рубль получает 20 копеек прибыли.



Таблица 5 – Эффективность производства молока от одной коровы по 3-й лактации

Показатель	Красная степная порода	Черно-пестрая порода
Удой молока за лактацию, кг	5453	6227
Жирность молока, %	3,86	3,76
Всего затрат, тыс. руб.	124,87	135,13
Себестоимость 1 кг молока, руб.	22,9	21,7
Масса молока в базисной жирности 3,4 %	6190,7	6886,3
Реализационная цена 1 кг молока, руб.	24,2	24,2
Получено от реализации. мол. тыс. руб.	149,81	166,65
Прибыль (+), убыток (-), тыс. руб.	24,94	31,52
Уровень рентабельности, %	19,97	20,58

Однако следует отметить, что при использовании коров черно-пестрой породы появляется возможность получать от каждой коровы почти на 700 кг товарного молока больше, чем от сверстниц красной степной породы.

Выводы

– Энергия роста ремонтных телок красной степной породы за учетный период ежегодно на 54-120 грамм уступала этому показателю у чёрно-пёстрых сверстниц и с 12-месячного возраста разница высоко достоверна.

– В 18-месячном возрасте живая масса чёрно-пёстрых телок составила 494 кг, что на 44 кг больше ($P>0,99$), чем у сверстниц красной степной породы.

– Чёрно-пёстрые первотелки при удое 4592 и у полновозрастных коров – 6227 кг превосходили красных степных сверстниц на 376 и 774 кг молока и на 63 и 57 кг по массовой доли жира и белка. При этом у первых выход молока на 1 кг живой массы составил 8,5 и 10,7 кг, а у вторых – 8,4 и 9,5 кг.

– Коровы красной степной породы в сравнении с черно-пестрыми имели более высокую отрицательную взаимосвязь между величиной удоя и жирностью молока, но меньшую величину положительной корреляции между удоем, живой массой и выходом молочного жира.

– В среднем от одной красной степной коровы в год получено денежных средств на 16,8 тыс. рублей меньше, чем от одной чёрно-пёстрой сверстницы, от которой получают почти на 700 кг товарного молока больше.

Заключение

Из приведенного выше следует, что для обеспечения проявления генетического потенциала скота изучаемых пород в хозяйстве следует интенсифицировать выращивание молодняка в послемолочный период и повысить уровень кормления коров за счет обогащения рациона белковыми кормами. Для увеличения количества товарного молока целесообразно увеличить поголовье коров черно-пестрой породы.

Список источников

1. Селекционно-технологические аспекты развития молочного скотоводства в России / И.М. Ду-

нин, Х.А. Амерханов. – Текст: непосредственный // Зоотехния. — 2017. — №6. — С. 2—8.

2. Современные технологии в животноводстве: учебное пособие / Н. Н. Кердяшов, А. И. Дарьин. — Пенза: ПГАУ, 2020 — Часть 3: Современные аспекты систем нормированного кормления животных — 2020. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170946>.

3. Эффективность использования каньги в молочный период при выращивании черно-пестрых бычков /

Приступа В.Н., Яндюк С.С., Кротова О.Е., Савенков К.С., Маштыков Д.С. // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 1 (45). С. 14-21.

4. Российская Федерация. Министерство здравоохранения и социального развития. Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания: Приказ от 02.08.2010 N 593н. - М., 2010.

5. Росстат. Продукция сельского хозяйства в Российской Федерации в 2019 году: сайт. — URL: www.gks.ru/free_doc/doc_2019/bul_dr/sx/sxprod_.xls.

6. Нормы питания и рационы сельскохозяйственных животных / В.Г. Рядчиков. – Текст: непосредственный // Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных – Учебник. – Санкт Петербург, М., Краснодар, 2015. – С. 277-325 (632 с).

7. Роль племязаводов в повышении генетического потенциала скота черно-пестрой породы / М.Л.Саплицкий, П.А. Степанов. – Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство, 2015 - №1 – С. 8-10.

8. Влияние стойлово-пастбищной технологии выращивания на продуктивность молодняка калмыцкой породы / Приступа В.Н., Кротова О.Е., Савенков К.С., Савенкова М.Н., Сабирова И.Ю. // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 11-15.

9. Реализация региональных и местных преимуществ для устойчивого развития молочного скотоводства / В.Н. Суровцев, Ю.Н. Никулина. –



Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство. — 2018. — №2. — С. 12—16.

10. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы. — Текст: непосредственный / М. — 2017. — 45 с.

11. Анализ состояния и перспективы улучшения генетического потенциала крупного рогатого скота молочных пород: науч. анализ. обзор / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, Т.Е. Маринченко, А.И. Тихомиров. - Текст: непосредственный. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех». — 2019. — 108 с.

12. Productivity of young cattle of the Kalmyk breed with stable-pasture technology of cultivation Prystupa, B.N., Krotova, O.E., Mashtykov, S.S., Lidzhiev, E.B., Dordzhieva, D.E. (2021) IOP Conference Series:

Earth and Environmental Science, 723 (2), article № 022048 DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022048

13. Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В рамках Агропромышленного форума юга России: выставок «Интерагромаш», «Агротехнологии» / 2021.

14. Интенсификация производства высококачественной говядины / Приступа В.Н., Кротова О.Е., Торосян Д.С., Саврун С.Р., Кротова М.А. // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2022. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Отв. редактор Н.А. Шевченко. Ростов-на-Дону, 2022. С. 744-745.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Selekcionno-tekhnologicheskie aspekty razvitiya molochnogo skotovodstva v Rossii / I.M. Dunin, H.A. Amerhanov. — Tekst: neposredstvennyj // Zootekhniya. — 2017. — №6. — S. 2—8.

2. Sovremennye tekhnologii v zhivotnovodstve: uchebnoe posobie / N. N. Kerdyashov, A. I. Dar'in. — Penza: PGAU, 2020 — CHast' 3: Sovremennye aspekty sistem normirovannogo kormleniya zhivotnyh — 2020. — 105 s. — Tekst: elektronnyj // Lan': elektronno-bibliotechnaya sistema. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170946>.

3. Effektivnost' ispol'zovaniya kanygi v molochnyj period pri vyrashchivanii cherno-pestroy bychkov / Pristupa V.N., YAndyuk S.S., Krotova O.E., Savenkov K.S., Mashtykov D.S. // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2022. № 1 (45). S. 14-21.

4. Rossijskaya Federaciya. Ministerstvo zdavoohraneniya i social'nogo razvitiya. Ob utverzhdenii rekomendacij po racional'nym normam potrebleniya pishchevyh produktov, otvechayushchim sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: Prikaz ot 02.08.2010 N 593n. - M., 2010.

5. Rosstat. Produktiya sel'skogo hozyajstva v Rossijskoj Federacii v 2019 godu: sayt. — URL: www.gks.ru/free_doc/doc_2019/bul_dr/sx/sxprod_xls.

6. Normy pitaniya i raciony sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / V.G. Ryadchikov. — Tekst: neposredstvennyj // Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh — Uchebnik. — Sankt Peterburg, M., Krasnodar, 2015. — S. 277-325 (632 s).

7. Rol' plemzavodov v povyshenii geneticheskogo potenciala skota cherno-pestroj porody / M.L.Saplickij, P.A. Stepanov. — Tekst: neposredstvennyj // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo, 2015 - №1 — S. 8-10.

8. Vliyanie stojlovo-pastbishchnoj tekhnologii vyrashchivaniya na produktivnost' molodnyaka kalmyckoj porody / Pristupa V.N., Krotova O.E., Savenkov K.S., Savenkova M.N., Sabirova I.YU. // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2022. № 3 (47). S. 11-15.

9. Realizaciya regional'nyh i mestnyh preimushchestv dlya ustojchivogo razvitiya molochnogo skotovodstva / V.N. Surovcev, YU.N. Nikulina. — Tekst: neposredstvennyj // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. — 2018. — №2. — S. 12—16.

10. Federal'naya nauchno-tekhnicheskaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva na 2017 - 2025 gody. — Tekst: neposredstvennyj / M. — 2017. — 45 s.

11. Analiz sostoyaniya i perspektivy uluchsheniya geneticheskogo potenciala krupnogo rogatogo skota molochnyh porod: nauch. analiz. obzor / V.F. Fedorenko, N.P. Mishurov, T.E. Marinchenko, A.I. Tihomirov. - Tekst: neposredstvennyj. — M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». — 2019. — 108 s.

12. Productivity of young cattle of the Kalmyk breed with stable-pasture technology of cultivation Prystupa, B.N., Krotova, O.E., Mashtykov, S.S., Lidzhiev, E.B., Dordzhieva, D.E. (2021) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 723 (2), article № 022048 DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022048

13. Costoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Sbornik nauchnyh trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V ramkah Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii: vystavok «Interaгромаш», «Агротехнологии» / 2021.

14. Интенсификация производства высококачественной говядины / Приступа В.Н., Кротова О.Е., Торосян Д.С., Саврун С.Р., Кротова М.А. // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2022. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Отв. редактор Н.А. Шевченко. Ростов-на-Дону, 2022. С. 744-745.

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

Приступа Василий Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры разведения с.-х. животных, частной зоотехнии и зооигиены имени академика П.Е.Ладана, Донской государственной аграрный университет, prs40@yandex.ru

Кротова Ольга Евгеньевна, д-р биолог. наук, профессор кафедры техника и технологии пищевых производств, Донской государственной технической университет, alb9652@yandex.ru

Лодьянов Вячеслав Васильевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры техника и технологии пищевых производств, Донской государственной технической университет, lodjanov@yandex.ru

Панкова Ирина Игоревна, бакалавр, Донской государственной технической университет, irinpankova2109@yandex.ru

Денисов Денис Александрович, аспирант, Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, deonis-08.85@mail.ru

Author Information

Prystupa Vasily N., Doctor of agricultural sciences, Professor of the department Animal breeding, private animal husbandry and zoohygiene name of the academician P.E. Ladan, Donskoy State University, prs40@yandex.ru

Krotova Olga E., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Technology and Technology of Food Production, Don State Technical University, alb9652@yandex.ru

Lodyanov Vyacheslav V., Candidate of agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Technology of Food Production, Don State Technical University, lodjanov@yandex.ru

Pankova Irina I., Bachelor, Don State Technical University, irinpankova2109@yandex.ru

Denisov Denis A., Postgraduate student, South Russian State Polytechnic University M.I. Platov, deonis-08.85@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.12.2022; одобрена после рецензирования 09.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 10.12. 2022; approved after reviewing 09.02.2023.; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 90-98
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 90-98

Научная статья
УДК 633.85: 631.54
DOI:10.36508/RSATU.2023.80.93.012

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОГО РАПСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Кирилл Дмитриевич Сазонкин

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

kirill.sazonkin@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Озимый рапс является ценной, высокопродуктивной масличной культурой, однако в условиях Рязанской области технология производства семян данной культуры еще не достаточно разработана. Возникает необходимость проведения исследований для разработки и совершенствования элементов агротехнологии с целью повышения продуктивности озимого рапса в конкретных климатических условиях. Актуальность данной проблемы и обозначила направление наших исследований. Цель исследований – определить наиболее эффективные по урожаю семян варианты посевов озимого рапса, в зависимости от действия микробиологических удобрений в условиях Рязанской области.

Методология. Для достижения поставленной цели проведены исследования на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в Рязанском районе Рязанской области, в агроценозах озимого рапса. Опыт заложен по методике опытного дела в изложении Б.А. Дослехова (1985 г.), а также с использованием методики проведения полевых исследований на масличных культурах в редакции В.М. Лукомца (1985 г.). Математическая обработка полученных результатов исследований проведена с помощью программ Statistic.

Результаты. В ходе исследований установлено, что применение микробиологических удобрений повлияло на всхожесть растений и густоту стояния. В варианте с обработкой растений озимого рапса сорта Северянин и гибрида Лексион препаратом Ора старт полевая всхожесть составила 79,6 % и 83,8 % соответственно, что выше контрольного варианта. При исследовании засоренности посевов было установлено, что применение препарата Бутизан Стар в варианте с обработкой растений препаратами Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит, 1,0 л/га засоренность снижалась. В ходе исследований было зафиксировано увеличение урожайности культуры за счет увеличения количества стручков на растении (109,1-151,6 шт./ 1 растение), и густоты стояния растений перед уборкой (31,8-42,2 шт./м²). Максимальная прибавка урожая отмечена на варианте с обработкой Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит сорта Северянин (2,36 т/га) и гибрида Лексион (2,72 т/га).

Заключение. В результате исследования было установлено положительное действие микробиологических препаратов в технологии производства озимого рапса; как следствие, увеличивались некоторые показатели структуры урожая; обработка растений изучаемыми препаратами способствовала усиленному росту и повышению урожайности культуры.

Ключевые слова: озимый рапс, сорт, Рязанская область, микробиологические удобрения, сорная растительность, урожайность

Для цитирования: Сазонкин К. Д. Урожайность озимого рапса при использовании микробиологических удобрений в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 90-98 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.80.93.012](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.80.93.012)

Original article

PRODUCTIVITY OF WINTER RAPESEED USING MICROBIOLOGICAL FERTILIZERS IN THE RYAZAN REGION

Kiril D. Sazonkin



Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
kirill.sazonkin@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Winter rapeseed is a valuable, highly productive oilseed crop, however, in the conditions of the Ryazan region, the technology for the production of seeds of this crop has not yet been sufficiently developed. There is a need for research to develop and improve the elements of agricultural technology in order to increase the productivity of winter rapeseed in specific climatic conditions. The urgency of this problem determined the direction of our research. The purpose of the research is to determine the most effective options for sowing winter rapeseed in terms of seed yield, depending on the effect of microbiological fertilizers in the conditions of the Ryazan region.

Methodology. To achieve this goal, research was carried out at the experimental agrotechnological station of the FGBOU VO RSATU in the Ryazan district of the Ryazan region, in agrocenoses of winter rapeseed. The experience was laid according to the methodology of the experimental case as presented by B.A. Dospekhov (1985); as well as using the methodology of field research on oilseeds, edited by V.M. Lukomets (1985). Mathematical processing of the obtained research results using Statistic programs.

Results. In the course of research, it was found that the use of microbiological fertilizers affected the germination of plants and the density of standing. In the variant with the treatment of winter rape plants of the Severyanin variety and the Lexion hybrid with the Ora preparation, the field germination rate was 79.6 % and 83.8 %, respectively, which is higher than the control variant. When studying the infestation of crops, it was found that the use of Butizan Star in the variant with the treatment of plants with Ora start + Azotovit 1.0 l/ha + Phosphatovit, 1.0 l/ha, weediness decreased. In the course of the research, an increase in crop yield was recorded due to an increase in the number of pods per plant (109.1-151.6 pcs / 1 plant), and the density of plants standing before harvesting (31.8- 42.2 pcs / m²). The maximum yield increase was noted in the variant with the action of the treatment Ora start + Azotovit 1.0 l/ha + Phosphatovit for the Severyanin variety (2.36 t/ha), with the Lexion hybrid (2.72 t/ha).

Conclusion. As a result of the study, a positive effect of microbiological preparations in the technology of winter rapeseed production was established, as a result, some indicators of the crop structure increased; the treatment of plants with the studied preparations contributed to enhanced growth and increased crop yields.

Key words: winter rapeseed, variety, Ryazan region, microbiological fertilizers, weeds, productivity

For citation: Sazonkin K.D., Productivity of winter rapeseed using microbiological fertilizers in the Ryazan region. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). С 90-98, (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.80.93.012>

Введение

В последние два десятилетия значительно возрастает производство масличных культур и продуктов их переработки. В реализации программы продовольственной безопасности страны исключительно большое значение уделяется ускоренному увеличению по выращиванию масличного сырья, в том числе в Рязанской области [1, 2, 5]. Удовлетворить потребности народонаселения нашей страны в качественном растительном масле, которое обладает всеми основными полезными полиненасыщенными кислотами – одна из важнейших задач [9, 14, 16].

В настоящее время отечественные сельскохозяйственные производители все больше внимания уделяют культивированию рапса – как озимого, так и ярового. По сравнению с самой популярной в нашей стране масличной культурой – подсолнечником, рапс не так прихотлив к почвенно-климатическим условиям и более стрессоустойчив к негативным факторам природной среды [6, 12, 18]. Наличие же двух форм, яровой и озимой, только добавляют интереса к культуре за счет более высокой пластичности при построении севооборотов. Селекция отечественных сортов и гибридов за последние десятки лет сильно прибавила в темпах [17]. Отдельно стоит выделить исследования, направленные на выведение безруковых гибридов и сортов рапса, что, в свою очередь, расширяет область использования получаемого урожая. Маслосемена рапса в настоящий момент

пользуются стабильным спросом на мировом рынке сельскохозяйственной продукции [4].

Несомненно, успех в выращивании озимого рапса в Рязанской области есть, однако средняя урожайность его еще далека от возможного биологического потенциала, заложенного в сортах и гибридах. Так, урожайность у них может варьировать в широких пределах от 3 до 5 т/га. За последние 5 лет средняя урожайность озимого рапса на территории РФ отмечалась в 2016 г. – 1,85 т/га; 2017 г. – 2,29 т/га; 2018 г. – 1,99 т/га; 2019 г. – 2,30 т/га; в 2020 г. – 2,40 т/га, в 2021 г. – 2,69 т/га [13].

Низкий уровень валового производства семян в Рязанской области зачастую происходит из-за неудовлетворительного состояния посевов после переизморозки, несоответствия условий региона биологическим особенностям культуры, а также несоблюдения товаропроизводителями четкой технологии выращивания озимого рапса. Поэтому при благоприятном развитии погодных условий осенне-зимнего и ранне-весеннего периодов в Рязанской области есть потенциал для повышения урожайности озимого рапса за счет совершенствования технологии возделывания культуры [3, 7, 15].

В условиях Нечерноземья сроки посева озимого рапса имеют решающее значение для обеспечения надежной переизморозки и формирования урожая. Ранние сроки сева, в первой половине августа, обеспечивают получение более высоких



урожаев культуры. Препараты на основе активных биологических веществ стимулируют протекание окислительно-восстановительных реакций в клетках и тканях растений. Ионы действующих веществ способствуют образованию и накоплению сахаров и крахмала в клетках растений, увеличению числа хлорофилла в листьях растений, а также стимулируют устойчивость озимого рапса к негативным факторам.

Таким образом в условиях интенсивного сельского хозяйства не только допустимо, а необходимо включать в технологии производства растений химические препараты, действие которых будет положительно влиять на продуктивности культур.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены в 2020-2022 гг. в условиях опытной агротехнологической станции Рязанской области, на участках с темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвой. Агрохимические показатели почвы: гумус (по Тюрину) – 3,7-3,8 %, подвижный фосфор (по Кирсанову) – 168-179 мг/кг, калий – 145-152 мг/кг, обменная кислотность рН (вытяжка хлористого калия) – 5,6.

Объектами исследований являлись сорт озимого рапса Северянин и гибрид озимого рапса Лексион.

Агротехнические мероприятия по возделыванию озимого рапса общепринятые для Рязанской области. Предшественник – озимая пшеница. Посев озимого рапса – на глубину 2-2,5 см, сплошным рядовым способом. Норма высева – 1,0 млн шт. / га, срок посева 15-20 августа. Система защиты рапса: до всходов – гербицид Бутизан стар, 2 л/га; фунгицид Карамба – в фазу 6-8 листьев осенью 1 л/га + Пиктор 0,5 л/га. В течение вегетации рапса использовали три инсектицидные обработки Фастак 0,15 л/га.

Изучали варианты: 1) Контроль (без обработки); 2) Ора старт, 1 л/т; 3) Азотовит 1,0 л/га; 4) Фосфатовит 1,0 л/га; 5) Рау Актив 0,5 л/га; 6) Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га; 7) Ора старт + Азотовит 1,0 л/га; 8) Ора старт + Фосфатовит 1,0 л/га; 9) Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га; 10) Ора старт + Рау Актив 0,5 л/га.

Ора старт – новый препарат, предназначенный для усиления прорастания семян и активного формирования роста корневой системы. Действующее вещество: комплекс фитогормонов (цитокнины, ауксины), витамины, микроэлементы в хелатной форме (Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo, B) и аминокислоты. За один час до посева варианты с Ора старт были обработаны водным раствором препарата.

Азотовит, Фосфатовит и РауАктив – новые, малоизученные микробиологические удобрения, предназначенные для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Благодаря разным действующим веществам в препаратах использовать их допускается как раздельно, так и вместе. Азотовит: действующее вещество – живые клетки бактерий (*Beijerinckia fluminensis*), концентрация не менее 1×10^5 КОЕ/см³. Фосфатовит произведен на основе спор и живых клеток бактерий

Paenibacillus mucilaginosus с концентрацией не менее $1,2 \times 10^6$ КОЕ/см³. РауАктив: действующее вещество – комплекс органических кислот и микроэлементы. (Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo, B).

Применяемые в опытах препараты имеют свидетельства о государственной регистрации пестицида или агрохимика, выданные Минсельхозом России на различные сроки (2027-2032 гг.) в зависимости от препарата, и допущены к использованию на территории Российской Федерации в соответствии с регламентом применения. Разработчиком препаратов является ООО «Промышленные Инновации».

Обработку удобрениями проводили двукратно в осенний период, перед уходом в зиму и в весенний период, после возобновления вегетации растений озимого рапса.

В опыте под культивацию перед посевом вносились минеральные удобрения в дозе $N_{100}P_{60}K_{60}$ (фон, расчетный), а также весной в виде подкормки аммиачная селитра в дозе N_{60} . Уборку семян озимого рапса производили прямым комбайнированием.

Анализы и учет в период исследований проводились на основе «Методики госсортоиспытания сельскохозяйственных культур»; математическую обработку данных осуществляли по Б.А. Доспехову [8, 10, 11].

Результаты исследований

В исследованиях погодные условия существенно влияли на прохождение растением фенофаз. В опыте ГТК вегетационного периода озимого рапса с августа (посев) по июль (уборка) составил ГТК 2020/2021 – 1,15, ГТК 2021/2022 – 0,73.

В среднем, полный цикл развития от начала всходов до созревания у рапса озимого в опыте составлял 314-326 дней, в зависимости от изучаемого фактора.

Полевая всхожесть в вариантах исследований отмечалась на высоком уровне, однако в вариантах с предпосевной обработкой препаратом Ора стар показатели полевой всхожести были наилучшими. В варианте с обработкой растений озимого рапса сорта Северянин и гибрида Лексион препаратом Ора старт полевая всхожесть составила 79,6 % и 83,8 % соответственно, что на 2,6 % и 6,3 % выше по сравнению с контрольным вариантом (рис. 1).

Использование микроудобрений в технологии возделывания семян озимого рапса повлияло на перезимовку растений. Возобновить весеннюю вегетацию растениям в вариантах с применением удобрений было проще, они делали это активнее благодаря обработке растений осенью перед уходом на зимовку. Как следствие, применение микробиологических удобрений положительно повлияло на густоту стояния культуры после перезимовки и перед уборкой соответственно.

Максимальная в опыте густота озимого рапса после возобновления весенней вегетации выявлена на делянках с совместным действием микробиологических удобрений и регулятора роста. В среднем, по Северянину в варианте Ора старт



+ Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га густота стояния отмечена в 40,9 шт./м² (возобновление весенней вегетации) и 31,8 шт./м² (перед уборкой), что превышает показатели контроля на 17,7 % и 10,2 % соответственно.

Показатели густоты стояния на гибриде Лексион зафиксированы на уровне 37-58 шт./ м². В варианте с микроудобрениями Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га перезимовали в среднем 47,5 растений на м², густота стояния

перед уборкой составила 42,2 шт./м².

Исследование засорённости посевов озимого рапса в различных вариантах показало, что гербицид Бутизан Стар качественно сработал по всем основным группам сорняков осеннего периода. Ранней весной посеvy озимого рапса вышли после зимнего периода чистыми, с низкой засорённостью, в том числе и многолетними сорняками (рис. 2).

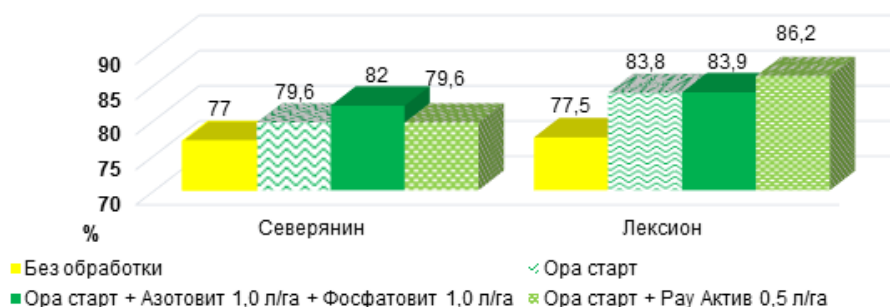


Рис. 1 – Влияние микробиологических удобрений на полевую всхожесть растений озимого рапса, среднее 2020-2022 гг.

(Fig.1 –The effect of microbiological fertilizers on the field germination of winter rapeseed plants, average 2020-2022)



Рис. 2 – Опытные посеvy озимого рапса осенью в фазе розетки (А), перед уходом на зимовку (Б)
(Fig.1 – Experimental sowings of winter rapeseed in autumn in the rosette phase (A), before wintering (B))

В среднем, количество сорняков до обработки посевов Бутизан Стар составило 57,0 шт./м², 26,6-19,2 шт./м² – после обработки гербицидом.

Максимальная выживаемость отмечена на вариантах с обработкой растений озимого рапса препаратом Ора старт совместно с микробиологическими удобрениями Азотовит, Фосфатовит и Рау Актив, как одиночно, так и комплексно. Так, выживаемость у сорта Северянин и гибрида Лексион без обработок препаратами отмечена на уровне 43,7 % (Северянин) и 49,3 % (Лексион). Напротив, выживаемость при использовании изучаемых

препаратов варьировала по вариантам в широких пределах: от 41,1 до 60,4 % на сорте Северянин, от 40,7 до 69,7 % на гибриде Лексион.

Высота растений – важный показатель, коррелирующий с элементами структуры урожая. Так, высота растений озимого рапса варьировала, в среднем за годы исследований, от 115,3 см в варианте без обработок (контроль) сорта Северянин до 151,2 см у растений гибрида Лексион в варианте с обработкой растений препаратами Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га (рисунки 3,4).



Рис. 3 – Озимый рапс в фазу образования стручков – молочной спелости, агротехнологическая опытная станция
 (Fig.3 – Winter rapeseed in the phase of pod formation - milky ripeness, agrotechnological experimental station)

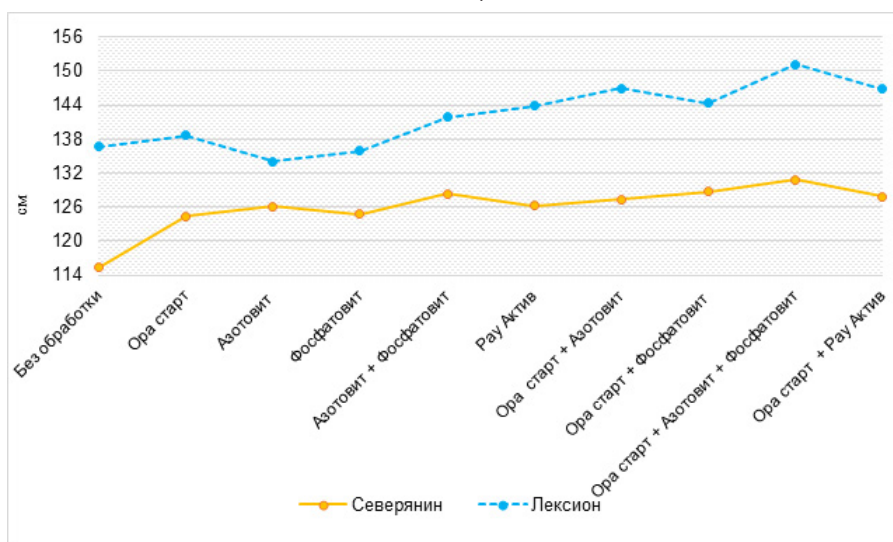


Рис. 4 – Высота растений сортов и гибридов озимого рапса, среднее 2020-2022 гг.
 (Fig.4 – Plant height of varieties and hybrids of winter rapeseed, average 2020-2022)

Количество стручков на одно растение рапса, как и густота, позволяют спрогнозировать будущую урожайность. За годы исследований эти показатели сильно варьировали в зависимости от действий микробиологических препаратов. Гибрид озимого рапса Лексион, по сравнению с сортом Северянин, характеризовался наибольшим количеством стручков уже в контрольном варианте, что можно объяснить генотипом гибрида. Урожайность семян

озимого рапса увеличивалась, в основном, за счет повышения количества стручков на одном растении (109,1-151,6 шт.), и густоты стояния растений. Максимальное количество стручков отмечено в варианте с обработкой агрохимикатами Ора старт + Азотовит + Фосфатовит, на гибриде Лексион (151,6 шт./раст.), на сорте Северянин (142,5 шт./раст.), что на 37,0 и 33,4 шт./раст. соответственно больше, по сравнению с контрольным вариантом.

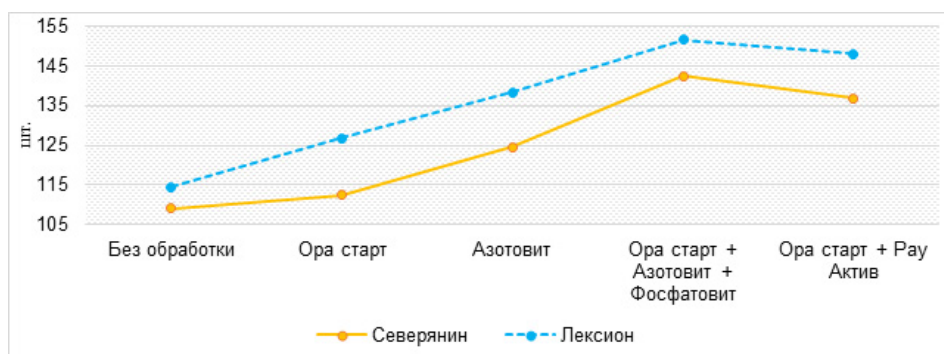


Рис. 5 – Количество стручков растений озимого рапса в зависимости от агрохимикатов, среднее 2020-2022 гг.
 (Fig.5 – The number of pods of winter rapeseed plants from factors, average 2020-2022)



Высокие показатели структуры урожая трансформировались впоследствии в более высокую урожайность по вариантам. Данные по урожайности растений озимого рапса представлены в таблице.

Таблица – Урожайность озимого рапса в зависимости от вариантов применения микробиологических удобрений, т/га

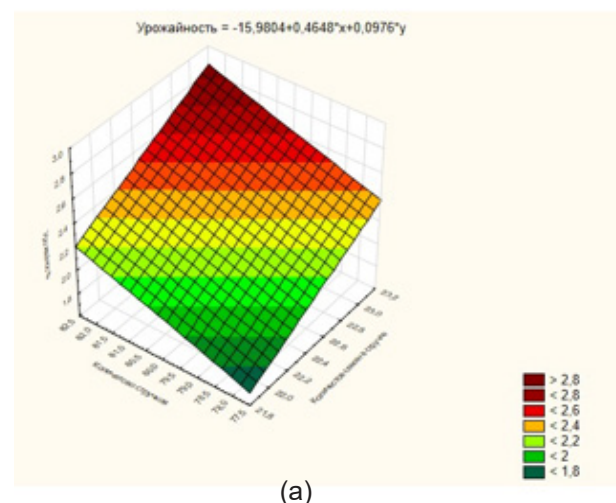
Сорт / гибрид (фактор А)	Обработка семян (фактор В)	Вариант обработки по вегетации растений (фактор С)	Урожайность, т/га			Прибавка, %
			2021г.	2022г.	среднее	
Северянин	Контроль, без обработки	Без обработки (контроль)	1,49	1,81	1,65	-
		Азотовит	1,62	1,89	1,75	+ 6,0
		Фосфатовит	1,53	2,13	1,83	+ 10,9
		Азотовит + Фосфатовит	1,92	2,26	2,09	+ 26,6
		РауАктив	1,74	2,23	1,98	+ 20,0
	Ора старт	Без обработки	1,67	2,04	1,85	+ 12,1
		Азотовит	1,84	2,36	2,1	+ 27,2
		Фосфатовит	1,87	2,15	2,01	+ 21,8
		Азотовит + Фосфатовит	2,25	2,47	2,36	+ 43,0
		РАУактив	2,14	2,41	2,27	+ 37,5
Лексион F	Контроль, без обработки	Без обработки	2,07	2,12	2,09	+ 26,6
		Азотовит	2,23	2,37	2,30	+ 39,3
		Фосфатовит	2,28	2,39	2,33	+ 41,2
		Азотовит + Фосфатовит	2,47	2,43	2,45	+ 48,4
		РауАктив	2,37	2,38	2,37	+ 43,6
	Ора старт	Без обработки	2,18	2,29	2,23	+ 35,1
		Азотовит	2,34	2,48	2,41	+ 46,0
		Фосфатовит	2,33	2,51	2,42	+ 46,6
		Азотовит + Фосфатовит	2,65	2,79	2,72	+ 64,8
		РауАктив	2,59	2,67	2,63	+ 59,3

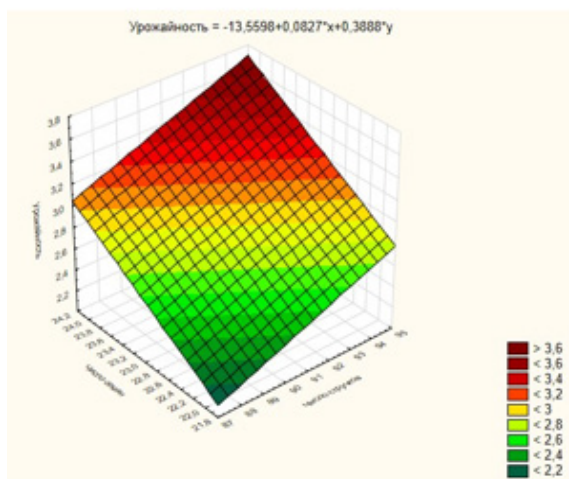
Примечание: НСР, т/га; 2021: ABC – 0,34 ; AB – 0,15; BC – 0,24; Sd – 0,17; Sx – 0,12; 2022: ABC – 0,32 ; AB – 0,14; BC – 0,23; Sd – 0,16; Sx – 0,11

В вариантах с предпосевной обработкой растений препаратом Ора Старт прибавка урожая составила 12,1 % – по сорту Северянин (1,85 т/га) и 35,1 % (2,23 т/га) – по гибриду Лексион, в сравнении с контрольным вариантом. При комплексном применении препаратов Азотовит, Фосфатовит и Ора старт прибавка урожая составляла 43,0 % (Северянин) и 64,8 % (Лексион). Растения данных вариантов успешнее перенесли зиму и активнее возобновили весеннюю вегетацию.

По данным рисунка 6 (трёхмерной экспоненциальной зависимости урожайности от количества стручков на одно растение перед уборкой и количества семян в стручке) видно, что искомые показатели коррелируют между собой, позволяя сделать вывод, что при увеличении количества стручков на одно растение перед уборкой и незначительное колебание семян в стручке урожайности семян возрастает. Данная закономерность

зафиксирована по наилучшему варианту урожайности растений как на сорте Северянин (А), так и на гибриде Лексион (Б).





(б)

Рис. 6 – Зависимость урожайности от количества стручков на одно растение и количества семян в стручке на сорте Северянин (А) и гибриде Лексион (Б), среднее за 2020-2022 гг.

(Fig.6 – Dependence of yield on the number of pods per plant and the number of seeds per pod on the variety Severyanin (A) and hybrid Lexion (B), average for 2020-2022)

Заключение

Получение высокого урожая культуры всегда находится в зависимости от характера роста и развития растений, что связано с созданием для них наиболее благоприятных условий жизни. В опыте выявлено, что использование микроудобрений в технологии возделывания озимого рапса положительно сказалось на урожайности культуры. По сравнению с контролем прибавка урожая по разным вариантам составила от 0,1 до 1,07 т/га.

Выявлена хорошая приспособляемость и перезимовка у сорта Северянин и гибрида Лексион в условиях Рязанской области. В вариантах с комплексной обработкой агрохимикатами Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит, 1,0 л/га отмечена высокая выживаемость растений для озимого рапса – 49,8 % (Северянин) и 57,2 % (Лексион). Сохранность перед уборкой, в среднем, отмечена на уровне 39,3-62,7 %.

Максимальная прибавка урожая отмечена на варианте с обработкой Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит по сорту Северянин (2,36 т/га), что на 43,0 % больше контроля. В посевах с гибридом Лексион лучшая урожайность (2,72 т/га) отмечена на варианте с комплексной обработкой Ора старт + Азотовит 1,0 л/га + Фосфатовит 1,0 л/га, что на 64,8 % выше по сравнению с контролем.

Список источников

1. Бышов, Н.В. Агроэкологическая оценка возделывания масличных культур в зоне техногенного загрязнения агроландшафта / Н.В. Бышов, Д.В. Виноградов, В.В. Стародубцев, И.А. Вертецкий // В сборнике: Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование

и экология Международная научная конференция. 2012. С. 855-859. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19102516>

2. Виноградов, Д.В. Возможность расширения ассортимента масличных культур в южном Нечерноземье / Д.В. Виноградов, А.В. Поляков, И.А. Вертецкий, Н.А. Артемова // Международный технико-экономический журнал. 2012. № 1. С. 118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17755859&>

3. Виноградов, Д.В. Использование капустных культур / Д.В. Виноградов // Пчеловодство. 2009. № 5. С. 23-24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12228550&>

4. Виноградов, Д.В. Новая масличная культура для Рязанской области // Международный технико-экономический журнал. 2009. № 4. С. 32-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>

5. Виноградов, Д.В. Особенности и перспективы возделывания масличных культур в условиях юга Нечерноземья / Д.В. Виноградов // Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур. Сб. матер. 5-й межд. конф. Рязань: РГАТУ, 2009. С. 51-54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>

6. Габибов, М.А. Агрочвоведение / М.А. Габибов, Д.В. Виноградов, Н.В. Бышов // Учебник. Рязань, 2018. 326 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36893052&>

7. Габибов, М.А. Растениеводство / М.А. Габибов, Д.В. Виноградов, Н.В. Бышов // Учебник ФГБОУ ВО РГАТУ. Рязань, 2019. 302 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39166745&>

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2011. - 351 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>

9. Лупова, Е.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов рапса в условиях Рязанской области / Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов, К.Д. Сазонкин и др. // В сб.: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Чебоксары, 2020 С. 200-205. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851484>

10. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В. М. Лукомца. – Краснодар : ВНИИМК, 2007. – 113 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур. Под общ. ред. М. А. Федина - М. : 1985. – 267 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>

12. Сазонкин, К.Д. Продуктивность озимого рапса в условиях Рязанской области / К.Д. Сазонкин, Д.В. Виноградов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 16-22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45778640>



13. Сазонкин, К.Д. Особенности производства озимого рапса в России и Рязанской области / К.Д. Сазонкин // В сб.: Научные аспекты развития АПК, лесного хозяйства и индустрии гостеприимства в теории и практике. Рязань, 2020 С. 182-188. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44772080&>

14. Соколов, А.А. Влияние органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, М.А. Мазиров, Д.В. Виноградов // Владимирский земледелец. 2020. № 1 (91). С. 29-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42816021&>

15. Ступин, А.С. Использование протравителей в посевах рапса в условиях Рязанской области / А.С. Ступин, Д.В. Виноградов, Е.И. Лупова и др. // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 4 (44). С. 66-69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41584079>

16. Филатова, О.И. Масличные культуры в Рязанской области / О.И. Филатова, Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов // В сб.: Интеграция научных исследований в решении региональных экологических и природоохранных проблем. Рязань, 2018. С. 104-108. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35398326&pff=1>

17. Lupova, E.I. Modern approaches to production of high-quality spring rape / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov, M.V. Evsenina, S.V. Nikitov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012076 DOI:10.1088/1755-1315/624/1/012076

18. Lupova, E.I. Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil / E.I. Lupova, E.A. Vysotskaya, D.V. Vinogradov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 422. С. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012081

References

1. Byshov, N.V. Agroekologicheskaya ocenka vozdeleyvaniya maslichnyh kul'tur v zone tekhnogenogo zagryazneniya agrolandshafta / N.V. Byshov, D.V. Vinogradov, V.V. Starodubcev, I.A. Verteckij // V sbornike: Pochvy Azerbajdzhana: genezis, melioraciya, racional'noe ispol'zovanie i ekologiya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya. 2012. S. 855-859. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19102516>

2. Vinogradov, D.V. Vozmozhnost' rasshireniya assortimenta maslichnyh kul'tur v yuzhnom Nechernozem'e / D.V. Vinogradov, A.V. Polyakov, I.A. Verteckij, N.A. Artemova // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2012. № 1. S. 118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17755859&>

3. Vinogradov, D.V. Ispol'zovanie kapustnyh kul'tur / D.V. Vinogradov // Pchelovodstvo. 2009. № 5. S. 23-24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12228550&>

4. Vinogradov, D.V. Novaya maslichnaya kul'tura dlya Ryazanskoj oblasti // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2009. № 4. S. 32-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>

5. Vinogradov, D.V. Osobennosti i perspektivy vozdeleyvaniya maslichnyh kul'tur v usloviyah yuga Nechernozem'ya / D.V. Vinogradov // Perspektivnye napravleniya issledovanij v selekcii i tekhnologii vozdeleyvaniya maslichnyh kul'tur. Sb. mater. 5-j mezhd. konf. Ryazan': RGATU, 2009. S. 51-54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>

6. Gabibov, M.A. Agropochvovedenie / M.A. Gabibov, D.V. Vinogradov, N.V. Byshov // Uchebnik. Ryazan', 2018. 326 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36893052&>

7. Gabibov, M.A. Rasteniyevodstvo / M.A. Gabibov, D.V. Vinogradov, N.V. Byshov // Uchebnik FGBOU VO RGATU. Ryazan', 2019. 302 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39166745&>

8. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. Stereotip. izd., perepech. s 5-go izd., dop. i pererab. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. - 351 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>

9. Lupova E.I. Agroekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov, K.D. Sazonkin i dr. // V sb.: Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii. CHEboksary, 2020 S. 200-205. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851484>

10. Metodika provedeniya polevyh i agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod red. V. M. Lukomca. – Krasnodar : VNIIMK, 2007. – 113 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>

11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / Gos. komis. po sortoispytaniyu s.-h. kul'tur. Pod obshch. red. M. A. Fedina - M. : 1985. – 267 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>

12. Sazonkin K.D. Produktivnost' ozimogo rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti / K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 5 (199). S. 16-22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45778640>

13. Sazonkin K.D. Osobennosti proizvodstva ozimogo rapsa v Rossii i Ryazanskoj oblasti / K.D. Sazonkin // V sb.: Nauchnye aspekty razvitiya APK, lesnogo hozyajstva i indstrii gostepriimstva v teorii i praktike. Ryazan', 2020 S. 182-188. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44772080&>

14. Sokolov, A.A. Vliyanie organomineral'nogo udobreniya na produktivnost' yarovogo rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti / A.A. Sokolov, E.I. Lupova, M.A. Mazirov, D.V. Vinogradov // Vladimirskij zemledec. 2020. № 1 (91). S. 29-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42816021&>

15. Stupin A.S. Ispol'zovanie protravitelej v posevah rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti / A.S. Stupin, D.V. Vinogradov, E.I. Lupova i dr. // Vestnik Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2019. № 4 (44). S. 66-69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41584079>



16. Filatova, O.I. Maslichnye kul'tury v Ryazanskoj oblasti / O.I. Filatova, E.I. Lupova, D.V. Vinogradov // V sb.: Integraciya nauchnyh issledovanij v reshenii regional'nyh ekologicheskikh i prirodoohrannyh problem. Ryazan', 2018. S. 104-108. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35398326&pff=1>

17. Lupova, E.I. Modern approaches to production of high-quality spring rape / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov, M.V. Evsenina, S.V. Nikitov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012076 DOI:10.1088/1755-1315/624/1/012076

18. Lupova E.I. Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil / E.I. Lupova, E.A. Vysotskaya, D.V. Vinogradov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 422. S. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012081

Информация об авторах

Сазонкин Кирилл Дмитриевич, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kirill.sazonkin@mail.ru

Author Information

Sazonkin Kirill D., Postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kirill.sazonkin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.01.2023; одобрена после рецензирования 13.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 23.01.2023; approved after reviewing 13.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 99-107
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 99-107

Научная статья
УДК 633.853.494; 632.51
DOI: 10.36508/RSATU.2023.62.64.013

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ГЕРБИЦИДОВ ИМИДАЗОЛИНОВОЙ ГРУППЫ В АГРОЦЕНОЗАХ ЯРОВОГО РАПСА

Соколов Андрей Андреевич¹, Виноградов Дмитрий Валериевич²✉, Зубкова Татьяна Владимировна³

^{1,2}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

³Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, г. Елец, Россия

¹falcon-agro@mail.ru

²vdv-rz@rambler.ru

³zubkovatanua@ya.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Яровой рапс – трудоемкая и в то же время высокодоходная, ценная масличная культура, однако высокая её чувствительность к воздействию вредных организмов, в том числе сорной растительности, не позволяет рапсу реализовать потенциал своей высокой продуктивности. Учитывая большую степень засоренности почвы, остается весьма актуальной проблема повышения конкурентоспособности растений рапса в отношении сорняков; задача во многом решается за счет применения гербицидов. Поэтому целью исследований стало определение биологической эффективности гербицидов из группы имидазолинов против комплекса сорной растительности в посевах ярового рапса в условиях Рязанской области.

Методология. Для достижения поставленной цели проведены исследования на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ в Рязанском районе Рязанской области, в агроценозе ярового рапса. Опыт заложен с использованием методических указаний по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве, разработанных Всероссийским институтом защиты растений. Полученные результаты подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова с применением прикладной программы Statistica.

Результаты. При проведении исследований установлено, что опытный участок имеет значительную степень засоренности. В период проведения исследований во всех вариантах опытов в агрофитоценозе ярового рапса наблюдался смешанный тип засоренности посевов с преобладанием двудольных сорняков. За вегетационный период численность сорной растительности менялась в пределах с 24,3 до 110,1 шт/м². В результате применения исследуемых гербицидов Одиссей, ВГР (40 г/л + 30 г/л) и Парадокс, ВРК (120 г/л) установлена их высокая биологическая эффективность в отношении перечисленных представителей популяции сорной растительности. Снижение уровня засоренности однолетними двудольными сорняками находилось на уровне 73,2-84,4 %, однолетними злаковыми – 89,2-90,9 %. Применение изучаемых гербицидов способствовало увеличению числа сохранившихся к уборке растений на 2,7-3,7 % по сравнению с контролем. Также отмечается формирование большего количества стручков на растение (12,3-21,9 %), количества семян в них (25,2-35,8 %) и повышение массы 1000 семян (5,3-7,9 %). Наибольшая продуктивность растений была получена при использовании гербицида Одиссей, ВГР (40+30 г/л) + Галоп, Ж; прибавка урожая относительно контроля составила 6,2 ц/га или 37,8 %.

Заключение. В результате исследования было установлено, что по уровню снижения численности и сырой массы однолетних и многолетних сорняков, испытываемые препараты не уступали по эффективности друг другу и в значительной степени превосходили результаты варианта без обработки.

Ключевые слова: яровой рапс, сорная растительность, гербициды, урожайность

Для цитирования: Соколов А.А, Виноградов Д.В. Зубкова Т.В. Эффективность современных гербицидов имидазолиновой группы в агроценозах ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т.15, №1. Р 99-107, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.64.013>



Original article

**THE EFFECTIVENESS OF MODERN HERBICIDES OF THE IMIDAZOLINONE GROUP
IN SPRING RAPE CROPS IN THE CONDITIONS**Andrey A. Sokolov¹, Dmitry V. Vinogradov²✉, Tatyana V. Zubkova³^{1,2}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia³Yelets State University named after I.A. Bunin, Yelets, Russia¹falcon-agro@mail.ru²vdv-rz@rambler.ru³zubkovatanua@ya.ru**Abstract.**

Problem and purpose. Spring rapeseed is a labor-intensive and at the same time highly profitable, valuable oilseed crop, however, its high sensitivity to the effects of harmful organisms, including weeds, does not allow rapeseed to realize the potential of its high productivity. Given the high degree of soil contamination, it remains a very urgent problem to increase the competitiveness of rapeseed plants against weeds, which is largely solved through the use of herbicides. Therefore, the aim of the research was to determine the biological effectiveness of herbicides from the group of imidazolinones against a complex of weeds in spring rape crops in the Ryazan region.

Methodology. To achieve this goal, research was carried out at the experimental agrotechnological station of the FSUE in RGATU in the Ryazan district of the Ryazan region, in the agrocenosis of spring rape. The experience is based on the use of methodological guidelines for registration tests of herbicides in agriculture, developed by the All-Russian Institute of Plant Protection. The obtained results were mathematically processed by the method of variance analysis as presented by B.A. Dospikhov using the Statistica application program.

Results. During the research, it was found that the experimental site has a significant degree of clogging. During the research period, in all variants of experiments in the agrophytocenosis of spring rapeseed, a mixed type of contamination of crops with a predominance of dicotyledonous weeds was observed. During the growing season, the number of weeds varied from 24.3 to 110.1 pcs/m². As a result of the application of the studied herbicides Odyssey, VGR (40 g/l + 30 g/l) and Paradox, VRK (120 g/l), their high biological efficiency was established in relation to the listed representatives of the weed population. The decrease in the level of infestation with annual dicotyledonous weeds was at the level of 73.2-84.4 %, annual cereals – 89.2-90.9%. The use of the studied herbicides contributed to an increase in the number of preserved plants for harvesting, by 2.7-3.7 % compared to the control. There is also the formation of a larger number of pods per plant (12.3-21.9 %), the number of seeds in them (25.2-35.8 %) and contributed to an increase in the mass of 1000 seeds (5.3-7.9 %). The highest productivity of plants was obtained using the herbicide Odyssey, VGR (40 +30 g/l) + Gallop, W, the yield increase relative to the control was 6.2 c/ha or 37.8 %.

Conclusion. As a result of the study, it was found that by the level of reduction in the number and raw mass of annual and perennial weeds, the tested preparations were not inferior in effectiveness to each other and significantly exceeded the values of the variant without treatment.

Key words: spring rape, weed vegetation, herbicides, yield

For citation: Sokolov A.A., Vinogradov D.V. The effectiveness of modern herbicides of the imidazolinone group in spring rapeseed in the conditions // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). С 99-107, (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.62.64.013>

Введение

За последние 20 лет в агропромышленном производстве значительное увеличился интерес к выращиванию масличных культур, в первую очередь это касается рапса. Площади посевов этой культуры ежегодно увеличиваются в связи с его многочисленными полезными свойствами. Он используется как сырье для получения масла, биотоплива, является отличным предшественником, оказывающим положительное влияние на фитосанитарное состояние агроценозов [1-3,5,7, 11-15,17,18].

Однако при выращивании рапса необходимо учитывать его высокую чувствительность к сорным растениям [8,9].

Засоренность полей является важным по-

казателем уровня культуры земледелия любого сельскохозяйственного предприятия. Сорняки неизменно занимают первое место по негативному влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур. Они являются постоянным и широко распространенным фактором снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Затраты на борьбу с сорняками составляют около 30 % от общей стоимости сельскохозяйственных мероприятий.

Ежегодные потери разнообразной продукции российских сельхозтоваропроизводителей от вредителей, болезней и сорняков составляет около 100 млн тонн, из которых в пересчете на зерно примерно 40 млн тонн приходится на сорняки, что оценивается в 4 млрд долларов США.

Даже при внедрении новых технологий, высо-



копродуктивных сортов и гибридов, использовании качественных и высокоэффективных удобрений не удастся достигнуть желаемых результатов из-за засоренности полей. Многочисленные растения-засорители поглощают питательные вещества в таких количествах, которого было бы достаточно для выращивания 20-30 ц/га урожая пшеницы или 200 ц/га сахарной свеклы.

Потери урожая сельскохозяйственных культур от сорняков в последнее десятилетие неуклонно возрастали. В современных условиях в целом по РФ от вредности сорняков недобирается урожай зерновых культур от 20 до 25 %, а пропашных – до 50 % и более [5, 10].

По сводкам специалистов отдела защиты растений ГУ «Рязанский НИПТИ АПК», ФГБОУ «Россельхозцентр» только 5 % полей Рязанской области засорены в слабой степени (от 100 шт./м²), большинство же (65-70 %) засорены в средней и сильной степени (от 100 до 300 шт./м²), до 25 % – в очень сильной степени (свыше 300 шт./м²) и нуждаются в проведении специальных защитных мероприятий.

Видовой состав сорных растений, произрастающих на полях области, довольно многообразен. Широко распространены около 40 видов сорных растений, среди которых наиболее часто встречаются 24 вида. Большую часть доминирующих засорителей представляет биологическая группа малолетних растений (10 видов), меньше относятся к многолетникам (6 видов).

Наиболее вредоносными и трудноискоренимыми сорными растениями являются многолетние корнеотпрысковые: осот полевой, вьюнок полевой, бодяк полевой; многолетние корневищные – пырей ползучий; малолетние двудольные: ромашка непахучая, редька дикая, ярутка полевая, щирица запрокинутая, пастушья сумка, подмаренник цепкий, василек синий, живокость полевая, пикульники, марь белая; однолетние однодольные: овсюг, куриное просо, щетинники.

Трудности борьбы с сорняками можно объяснить их высокой семенной продуктивностью, разными способами размножения, долговечностью семенного материала, многообразными способами распространения семян, всхожестью семян с различной глубины заделки.

Поэтому для эффективного подавления развития сорной растительности необходимо применять комплекс разнообразных мер борьбы. При этом наиболее быстрый и очевидный результат можно получить при использовании гербицидных прополок посевов [4,5,10].

Объекты и методы исследований

Опыт был заложен в условиях опытной агрологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанского района Рязанской области на серых лесных почвах в 2022 году.

Анализ почвы опытного полигона показал, что содержание гумуса в почве не превышает 3,3 %, причем наибольшее его количество находится в слое почвы 0-10 см и уменьшается с глубиной. Обеспеченность подвижными со-

единениями фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) в корнеобитаемом слое почвы повышенная: по содержанию P₂O₅ – на уровне 14,6 мг/100 граммов почвы, K₂O – 15,6 мг/100 граммов почвы. Реакция почвенной среды слабокислая – pH 5,3.

По данным Рязанской метеорологической службы условия вегетационного периода сопровождались значительными колебаниями температуры воздуха и неравномерным выпадением осадков, как в течение отдельных месяцев, так и всего периода. Анализ показывает, что условия начала вегетационного периода складывались благоприятно для проведения полевых работ и подготовки почвы для посева ярового рапса. В апреле 2022 года температура воздуха была на уровне климатической нормы, при этом сопровождалась выпадением обильных осадков. В целом объем осадков был выше нормы и составил 180,2 %, что способствовало формированию запасов продуктивной влаги в почве.

В мае также наблюдалось обильное выпадение осадков, что пополнило запасы влаги в почве, однако средние температуры месяца были ниже среднееголетних значений на 3,3° С, и это повлекло за собой несколько растянутый период появления всходов.

Температурный режим июня был выше значений среднемесячной нормы, при этом во второй декаде месяца наблюдалось выпадение обильных осадков в виде локальных ливневых дождей, в остальное время наблюдался жесткий дефицит осадков, что на фоне повышения дневных температур до значений 27-30° С создавало благоприятные условия для развития вредителей, повреждающих всходы.

Погодные условия июля характеризовались как засушливые с превышением температурного режима среднееголетних данных на 1,3° С. В августе также отмечался дефицит влаги по сравнению с многолетними значениями на фоне высоких дневных температур. Немногочисленные осадки выпадали неравномерно, преимущественно в первой и третьей декадах августа. Погодные условия второй половины августа были благоприятны для проведения уборки урожая.

В целом погодные условия были удовлетворительными для роста и развития культуры.

Полевой опыт являлся основным методом исследований, который заключался в многочисленных наблюдениях, анализах, учетах.

Исследования закладывали на посевах ярового рапса гибрида Чип КЛ.

Предшественник культуры в опыте – пшеница озимая.

Обработка почвы состояла из следующих приемов: осенью – дискование МТЗ 1221 + БДТ-7 во II декаде августа, зяблевая вспашка МТЗ 1221+ПЛН 5-35; весной – ранневесеннее боронование БЗТС-1,0, культивация МТЗ 1221+КПЭ-3,8. Фоном вносили минеральное удобрение азофоску (16:16:16) с нормой внесения 2,1 ц/га. Внесение минеральных удобрений в опыте проводили разбросным методом агрега-

том МТЗ 1221 + РУН-1 под культивацию почвы.

Посев проводили протравленными инсекто-фунгицидным протравителем Круйзер Рапс, КС семенами, сплошным рядовым способом селекционной сеялкой ССНП-16 +МТЗ-1221; глубина посева 2-4 см. После посева проводили прикатывание почвы ЗККШ-6А+МТЗ-1221 на всех вариантах опыта.

Для борьбы с вредителями и болезнями в период исследований применяли Борей Нео, ВСК (125+100+50 г/л) с нормой расхода 0,15 л/га, + Полифем, Ж – 0,1 л/га и Колосаль Про, КНЭ (300+200г/л) с нормой расхода 0,6 л/га. Против капустной моли яровой рапс обрабатывали инсектицидом Стилет, МД (100+40 г/л) в норме расхода 0,2 л/га + Полифем, Ж – 0,1 л/га.

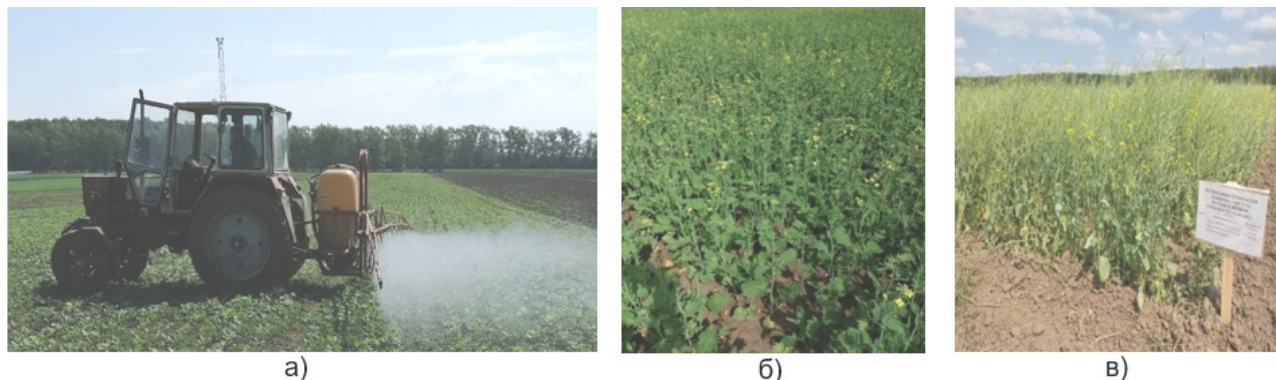


Рис. 1 – Проведение обработки гербицидами вариантов опыта (а) и общий вид опытных посевов рапса в фазы начала (б) и окончания цветения (в)

(Fig.1 – Carrying out the treatment with herbicides of the variants of the experiment (a) and the general view of the experimental rapeseed crops in the phases of the beginning (b) and the end of flowering (v))

Определение биологической эффективности гербицидов в подавлении развития сорной растительности в посевах ярового рапса проводили в соответствии со схемой опыта, включающей три варианта: 1. Одиссей, ВГР (40+30 г/л) + Галоп, Ж – норма расхода (1,0 + 0,5 л/га); 2. Парадокс, ВРК (120 г/л) + Галоп Ж, – норма расхода (0,4 + 0,5 л/га); 3. Контроль, без обработки.

Нормы расхода препаратов соответствуют рекомендованным производителем.

Площадь опытных делянок составляла 100 м², учетных – не менее 50 м². Повторность трехкратная, размещение делянок рандомизированное.

Все наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам и стандартам [6,11,12].

Все наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам и стандартам [6,11,12].

Уборку ярового рапса проводили прямым комбайнированием. Учет урожая осуществляли по отбору пробного снопа. Урожай приводили к стандартной влажности. Результаты опыта обработаны математически методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова, с применением прикладных программ ЭВМ.

Результаты исследований

В период проведения исследований во всех вариантах опыта в агрофитоценозе ярового рапса наблюдался смешанный тип засоренности посевов с преобладанием двудольных сорняков.

Однолетние двудольные сорняки были

представлены Пиккульником обыкновенным (*Galeopsis tetrahit*), Подмаренником цепким (*Galium aparine*), Марью белой (*Chenopodium album*), Щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*), Горцем почечуйным (*Polygonum persicaria*), Аистником цикutowым (*Erodium cicutarium*). Многолетние двудольные включали Вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) и Бодяк полевой (*Cirsium arvensis*). В числе однолетних злаковых сорняков наблюдали Просо куриное (*Echinochloa crusgalli*).

Опыт по оценке биологической эффективности гербицидов Одиссей, ВГР (40 г/л + 30 г/л) и Парадокс, ВРК (120 г/л) был заложен в Рязанской области на посевах ярового рапса. На момент применения исследуемых гербицидов развитие культуры соответствовало фазе 4-5 листьев, у сорняков наблюдались ранние фазы развития.

В соответствии с методикой опыта перед проведением гербицидной обработки проводили определение уровня засоренности посевов однолетними и некоторыми многолетними двудольными и злаковыми сорняками. За вегетационный период численность сорной растительности менялась в пределах с 24,3 до 110,1 шт./м². В результате применения исследуемых гербицидов Одиссей, ВГР (40 г/л + 30 г/л) и Парадокс, ВРК (120 г/л) установлена их высокая биологическая эффективность в отношении перечисленных представителей популяции сорной растительности.

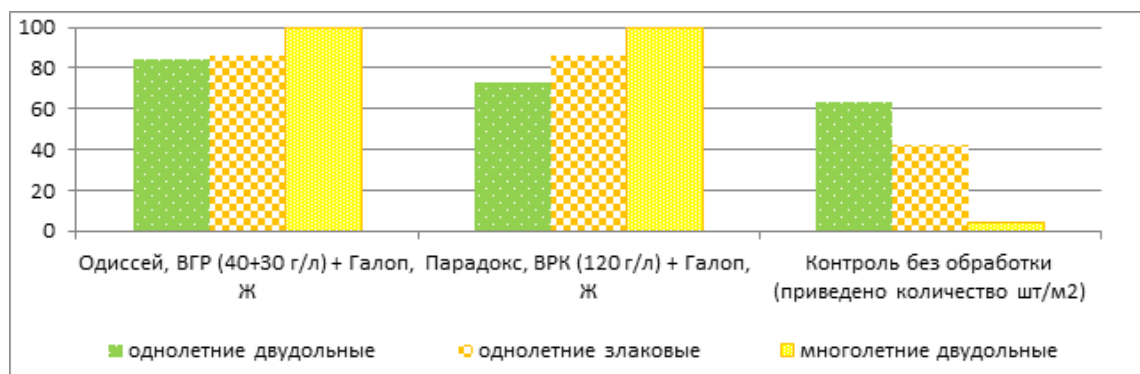


Рис.2 – Влияние гербицидов на снижение степени засоренности посевов ярового рапса, %
(Fig.2 –The effect of herbicides on reducing the degree of weed infestation of spring rapeseed crops, %)

Снижение уровня засоренности однолетними двудольными сорняками находилось на уровне 73,2-84,4 %, однолетними злаковыми – 89,2-90,9 %. При этом отметим, что в отношении многолетней сорной растительности эффективность действия препаратов была наибольшей и достигала 100 %. К моменту уборки отмечалось незначительное снижение биологической эффективности гербицидов (на 1-1,2 %) за счет появле-

ния новых всходов малолетних сорных растений. Высокими были показатели снижения биомассы сорной растительности: однолетних двудольных 79,1-80,3 %, однолетних злаковых 90,6-93,7 %, многолетних двудольных 90,2-93,1 %. Все виды сорных растений, встречавшихся на опытном участке, проявили к исследуемым гербицидам Одиссей, ВГР (40 г/л + 30 г/л) и Парадокс, ВРК (120 г/л) высокую чувствительность.



Рис.3 – Типичные признаки повреждения сорных растений в результате воздействия на них исследуемых гербицидов
(Fig.3 –Typical signs of damage to weeds as a result of exposure to the studied herbicides)

При созревании растений ярового рапса приступили к определению элементов его продуктивности и уборке, данные приведены в таблице.



Таблица – Структура урожая ярового рапса гибрида Чип КС при использовании гербицидов Одиссей, ВГР (40 г/л + 30 г/л) и Парадокс, ВРК (120 г/л)

Варианты опыта	Число растений перед уборкой, шт/м ²	Высота растений, см	Площадь листовой поверхности растения, тыс. м ² /га	Кол-во стручков на растении, шт.	Кол-во семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г
1. Одиссей, ВГР (40+30 г/л) + Галоп, Ж	119,0	127,8	34,3	47,4	16,7	4,1
2. Парадокс, ВРК (120 г/л) + Галоп, Ж	117,8	126,4	28,7	43,7	15,4	4,0
3. Контроль без обработки	114,7	118,6	25,6	38,9	12,3	3,8

Анализ структуры урожая ярового рапса показывает положительное влияние применения изучаемых гербицидов на число сохранившихся растений к уборке, на 2,7-3,7 % по сравнению с контролем. Благодаря снижению степени засоренности произошло увеличение площади питания растений, что в свою очередь благоприятно сказалось на развитии ярового рапса и способствовало увеличению площади листовой поверхности в среднем на

3,1-8,7 тыс. м²/га (12,1-34,0 %). Также отмечается формирование большего количества стручков на растении (12,3-21,9 %), количества семян в них (25,2-35,8 %) и повышение массы 1000 семян (5,3-7,9 %)

Урожайность ярового рапса в опыте на контроле составила 16,4 ц/га. На вариантах с применением исследуемых гербицидов наблюдалась достоверная прибавка урожая культуры, при НСР₀₅, равная 1,4 ц/га.

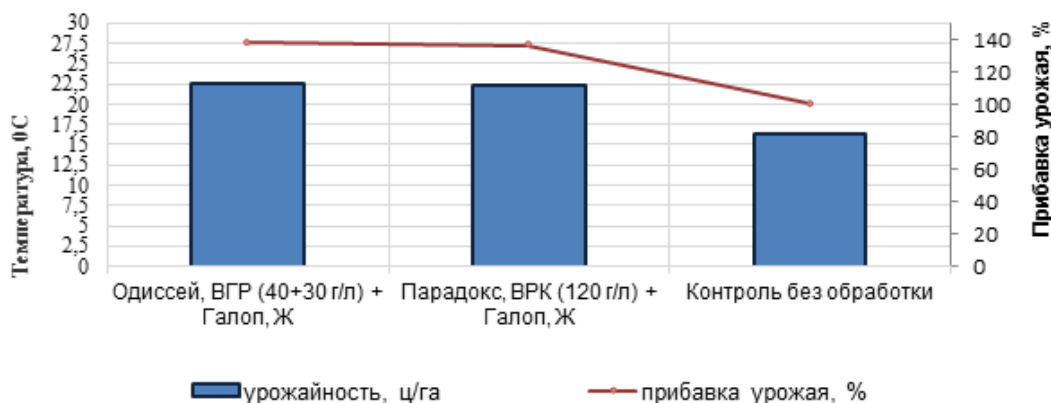


Рис.4 – Урожайность растений ярового рапса на фоне применения гербицидов.
(Fig .4 –Yield of spring rapeseed plants against the background of herbicide application)

На варианте с гербицидом Парадокс, ВРК (120 г/л) + Галоп, Ж, с нормой расхода 0,4 л/га при однократной обработке с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га, произошло увеличение урожайности относительно контроля на 5,9 ц/га или 36,0 %. На варианте с применением гербицида Одиссей, ВГР (40+30 г/л) + Галоп, Ж, с нормой расхода 1,0 л/га при однократной обработке с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га, прибавка урожая семян ярового рапса относительно контроля составила 6,2 ц/га или 37,8 %. Отметим, что на данном варианте урожайность культуры была самой высокой.

Заключение

Испытания гербицидов Одиссей, ВГР (40 + 30 г/л) + Галоп, Ж, с нормой расхода

1,0 л/га при однократной обработке с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га и Парадокс, ВРК (120 г/л) + Галоп, Ж, с нормой расхода 0,4 л/га при однократной обработке с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га, проведенные на посевах ярового рапса в 1-й почвенно-климатической зоне Российской Федерации в 2022 году, показали, что по уровню снижения численности и сырой массы однолетних и многолетних сорняков, испытываемые препараты не уступали по эффективности друг другу и в значительной степени превосходили результаты варианта без обработки.

Список источников

1. Виноградов, Д.В. Возможность расширения ассортимента масличных культур в южном Нечерноземье / Д.В. Виноградов, А.В. Поляков,



- И.А. Вертелецкий, Н.А. Артемова // Международный технико-экономический журнал. 2012. № 1. С. 118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17755859&>
2. Виноградов, Д.В. Новая масличная культура для Рязанской области // Международный технико-экономический журнал. 2009. № 4. С. 32-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>
3. Виноградов, Д.В. Особенности и перспективы возделывания масличных культур в условиях юга Нечерноземья / Д.В. Виноградов // Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур. Сб. матер. 5-й межд. конф. Рязань: РГАТУ, 2009. С. 51-54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>
4. Виноградов, Д.В. Практикум по растениеводству / Д.В. Виноградов, Н.В. Вавилова, Н.А. Дуктова, Е.И. Лупова // Рязань, 2018. 320с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22028267>
5. Габибов, М.А. Агрочесоведение / М.А. Габибов, Д.В. Виноградов, Н.В. Бышов // Учебник. Рязань, 2018. 326 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36893052&>
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2011. - 351 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. 1985 г. М.: Альянс, 2011. - 351 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>
8. Евсенина, М. В. Влияние экономических рисков на развитие аграрной сферы / М. В. Евсенина, Е. В. Грибановская // Социально-экономическое развитие России: проблемы, тенденции, перспективы : сборник научных статей 19-й Международной научно-практической конференции. Том 1. – Курск, 2020. – С. 164-168.
9. Лупова, Е.И. Агрэкологическое испытание сортов и гибридов рапса в условиях Рязанской области / Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов, К.Д. Сазонкин и др. // В сб.: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Чебоксары, 2020 С. 200-205. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851484>
10. Лупова, Е.И. Технология производства яровых рапса и сурепицы в Нечерноземной зоне России / Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов // Учебное пособие. Рязань, 2018. 86с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36657353>
11. Мастеров, А.С. Практикум по земледелию / А.С. Мастеров, Д.В. Виноградов, М.В. Потапенко, С.И. Трапков, П.Н. Балабко, Е.И. Лупова // Рязань, 2018. 256с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36687998>
12. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве [Текст] / Под редакцией академика Россельхозакадемии В.И. Долженко // Всероссийский НИИ защиты растений. СПб, 2013 280 с.
13. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В. М. Лукомца. – Краснодар : ВНИИМК, 2007. – 113 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>
14. Сазонкин, К.Д. Продуктивность озимого рапса в условиях Рязанской области / К.Д. Сазонкин, Д.В. Виноградов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 16-22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45778640>
15. Соколов, А.А. Влияние органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, М.А. Мазиров, Д.В. Виноградов // Владимирский земледелец. 2020. № 1 (91). С. 29-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42816021&>
16. Соколов, А.А. Корневые гнили ячменя – опасное заболевание [Текст] / А.А. Соколов, А.Ю. Пахомова // В сборнике: Юбилейный сборник научных трудов студентов, аспирантов и преподавателей агроэкологического факультета РГАТУ имени П.А. Костычева, посвященный 75-летию со дня рождения профессора В.И. Перегудова. Материалы научно-практической конференции. 2013. С. 125-128
17. Филатова, О.И. Масличные культуры в Рязанской области / О.И. Филатова, Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов // В сб.: Интеграция научных исследований в решении региональных экологических и природоохранных проблем. Рязань, 2018. С. 104-108. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35398326&pf=1>
18. Vinogradov, D.V. Increase in efficiency of spring rapeseed production due to modern seed pickers/ D.V. Vinogradov, A.S. Stupin, E.I. Lupova, A.A. Sokolov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. С. 012106.
19. Lupova, E.I. Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil / E.I. Lupova, E.A. Vysotskaya, D.V. Vinogradov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 422. С. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012081

Вклад авторов:

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



References

1. Vinogradov, D.V. *Vozmozhnost' rasshireniya assortimenta maslichnyh kul'tur v yuzhnom Nechernozem'e* / D.V. Vinogradov, A.V. Polyakov, I.A. Verteckij, N.A. Artemova // *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. 2012. № 1. S. 118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17755859&>
2. Vinogradov, D.V. *Novaya maslichnaya kul'tura dlya Ryazanskoj oblasti* // *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. 2009. № 4. S. 32-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>
3. Vinogradov, D.V. *Osobennosti i perspektivy vozdel'nyvaniya maslichnyh kul'tur v usloviyah yuga Nechernozem'ya* / D.V. Vinogradov // *Perspektivnye napravleniya issledovanij v selekcii i tekhnologii vozdel'nyvaniya maslichnyh kul'tur*. Sb. mater. 5-j mezhd. konf. Ryazan': RGATU, 2009. S. 51-54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13920747&>
4. Vinogradov, D.V. *Praktikum po rastenievodstvu* / D.V. Vinogradov, N.V. Vavilova, N.A. Duktova, E.I. Lupova // Ryazan', 2018. 320c. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22028267>
5. Gabibov, M.A. *Agropochvovedenie* / M.A. Gabibov, D.V. Vinogradov, N.V. Byshov // *Uchebnik*. Ryazan', 2018. 326 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36893052&>
6. Dospekhov, B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij*. Stereotip. izd., perepech. s 5-go izd., dop. i pererab. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. - 351 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19517484>
7. Evsenina, M. V. *Vliyaniye ekonomicheskikh riskov na razvitie agrarnoj sfery* / M. V. Evsenina, E. V. Gribanovskaya // *Social'no-ekonomicheskoe razvitie Rossii: problemy, tendencii, perspektivy : sbornik nauchnyh statej 19-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Tom 1. – Kursk, 2020. – S. 164-168.
8. Lupova, E.I. *Agroekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti* / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov, K.D. Sazonkin i d.r. // *V sb.: Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii*. CHEboksary, 2020 S. 200-205. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851484>
9. Lupova, E.I. *Tekhnologiya proizvodstva yarovyh rapsa i surepicy v Nechernozemnoj zone Rossii* / E.I. Lupova, D.V. Vinogradov // *Uchebnoe posobie*. Ryazan', 2018. 86s. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36657353>
10. Masterov, A.S. *Praktikum po zemledeliyu* / A.S. Masterov, D.V. Vinogradov, M.V. Potapenko, S.I. Trapkov, P.N. Balabko, E.I. Lupova // Ryazan', 2018. 256s. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36687998>
11. *Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam gerbicidov v sel'skom hozyajstve [Tekst] / Pod redakciej akademika Rossel'hozakademii V.I. Dolzhenko // Vserossijskij NII zashchity rastenij*. SPb, 2013 280 s.
12. *Metodika provedeniya polevyh i agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami* / Pod red. V. M. Lukomca. – Krasnodar : VNIIMK, 2007. – 113 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21792553>
13. Sazonkin, K.D. *Produktivnost' ozimogo rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti* / K.D. Sazonkin, D.V. Vinogradov // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. № 5 (199). S. 16-22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45778640>
14. Sokolov, A.A. *Vliyaniye organomineral'nogo udobreniya na produktivnost' yarovogo rapsa v usloviyah Ryazanskoj oblasti* / A.A. Sokolov, E.I. Lupova, M.A. Mazirov, D.V. Vinogradov // *Vladimirskij zemledec*. 2020. № 1 (91). S. 29-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42816021&>
15. Sokolov, A.A. *Kornevye gnili yachmenya – opasnoe zabolevanie [Tekst] / A.A. Sokolov, A.YU. Pahomova // V sbornike: YUbilejnyj sbornik nauchnyh trudov studentov, aspirantov i prepodavatelej agroekologicheskogo fakulteta RGATU imeni P.A. Kostycheva, posvyashchennyj 75-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.I. Peregudova*. Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. 2013. S. 125-128
16. Filatova, O.I. *Maslichnye kul'tury v Ryazanskoj oblasti* / O.I. Filatova, E.I. Lupova, D.V. Vinogradov // *V sb.: Integraciya nauchnyh issledovanij v reshenii regional'nyh ekologicheskikh i prirodohrannyh problem*. Ryazan', 2018. S. 104-108. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35398326&pff=1>
17. Vinogradov, D.V. *Increase in efficiency of spring rapeseed production due to modern seed pickers* / D.V. Vinogradov, A.S. Stupin, E.I. Lupova, A.A. Sokolov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Ser. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. S. 012106.
18. Lupova, E.I. *Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil* / E.I. Lupova, E.A. Vysotskaya, D.V. Vinogradov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. № 422. S. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012081
19. Lupova, E.I. *Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil* / E.I. Lupova, E.A. Vysotskaya, D.V. Vinogradov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. № 422. S. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012081

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.



Информация об авторах

Соколов Андрей Андреевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, falcon-agro@mail.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, vdv-rz@rambler.ru

Зубкова Татьяна Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, zubkovatanua@yandex.ru

Author Information

Sokolov Andrey A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy and Agrotechnology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, falcon-agro@mail.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, vdv-rzn@mail.ru

Zubkova Tatiana V. Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products, Yelets State University named after I.A. Bunin, zubkovatanua@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.02.2023; одобрена после рецензирования 24.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 06.02.2023; approved after reviewing 24.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.22/28/082
DOI: 10.36508/RSATU.2023.89.28.014

**ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ
РАЗЛИЧНОГО ЭКОГЕНЕЗА**

Любовь Георгиевна Хромова¹✉, Светлана Евгеньевна Мирошина², Нина Ивановна Морозова³

^{1,2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж
Россия

³ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹ hromovva@yandex.ru

² smiroshina@mail.ru

³ n.morozova53@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Существенное влияние на качество липидного компонента молока коровьего и выработанных молочных продуктов оказывают жирные кислоты, концентрация которых зависит от физиологии животных, паратипических и генетических факторов. Основной объем молочного сырья в России получают крупные аграрные предприятия, внедряющие современные технологии. Их дойные стада формируются, как правило, животными голштинской породы различного экогенеза. В этой связи при идентификации молока коровьего важна оценка и жирнокислотного состава, что и определило цель нашей работы.

Методология. Исследования провели в условиях ООО «Агропромышленный комплекс «Русь» Рязанской области. Предметом изучения были 12 отобранных образцов молока коровьего, принадлежавших 3 группам первотелок (n=4): первая и вторая (опытные) – животные голштинской породы, завезенные из Нидерландов и Венгрии, третья (контрольная) – собственной репродукции. Идентификацию жирнокислотного состава образцов молока коровьего выполнили в испытательной лаборатории ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория» по ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665-2012, используя хроматограф Agilent 6890.

Результаты. В составе молочного жира исследуемых образцов молока коровьего выявлено 16 жирных кислот. Среди них преобладали насыщенные, массовая доля которых от суммы всех жирных кислот, при незначительной разнице по группам, составила 62,73-63,85%, мононенасыщенных – 28,75-29,94% и полиненасыщенных 3,78-3,85%. Самую высокую концентрацию в группе мононенасыщенных жирных кислот имела олеиновая C18:1 кислота (26,42–26,50 %), при норме 20,0-32,0 %. Профили выявленных жирных кислот и соотношение метиловых эфиров находились в установленных стандартом границах, и имели незначительные межгрупповые различия, что может свидетельствовать о принадлежности животных к одной достаточно консолидированной породе.

Заключение. Липидный компонент молока коров голштинской породы различного экогенеза, полученного в условиях высокотехнологического молочного комплекса, имеет незначительное различие по концентрации референтных жирных кислот и соответствует принятым критериям для выработки молочных продуктов.

Ключевые слова: жирная, кислота, порода, голштинская, высокотехнологичный, комплекс, биологическая, ценность, интенсивная, технология

Для цитирования: Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Морозова Н.И. Жирнокислотный состав липидов молока коров голштинской породы различного экогенеза // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 108-114, <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.89.28.014>

Original article

**FATTY ACID COMPOSITION OF LIPIDS OF MILK OF HOLSTEIN COWS
OF VARIOUS ECOGENESIS**

Lyubov G. Khromova¹✉, Svetlana E. Miroshina², Nina I. Morozova³

© Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Морозова Н.И., 2023 г.



^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia

³ Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan,

¹ hromovva@yandex.ru

² smiroshina@mail.ru

³ n.morozova53@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Fatty acids, the concentration of which depends on the physiology of animals, paratypical and genetic factors, have a significant impact on the quality of the lipid component of raw milk and processed dairy products. The bulk of raw cow's milk in Russia is received by large agricultural enterprises implementing modern technologies. Their milking herds are formed, as a rule, by animals of the Holstein breed of various ecogenesis. In this regard, when identifying raw cow's milk, it is important to evaluate the fatty acid composition, which determined the purpose of our work..

Results. The composition of milk fat of the studied samples of raw cow's milk revealed 16 fatty acids. Saturated fatty acids prevailed among them, the mass fraction of which from the sum of all fatty acids, with an insignificant difference in groups, was 62.73-63.85%, monounsaturated – 28.75-29.94% and polyunsaturated 3.78-3.85%. The highest saturation in the group of monounsaturated fatty acids was oleic C18:1 acid (26.42–26.50%), with a norm of 20.0-32.0%. The profiles of the identified fatty acids and the ratio of methyl esters were within the boundaries established by the standard, and had insignificant intergroup differences, which may indicate that the animals belong to one fairly consolidated breed kept in the same conditions.

Conclusion. The fat component of raw milk of Holstein cows of various ecogenesis obtained in a high-tech dairy complex has an insignificant difference in the concentration of reference fatty acids and meets the accepted criteria.

Key words: fatty, acid, rock, Holstein, high-tech, complex

For citation: Khromova L.G., Miroshina S.E., Morozova N.I. Fatty acid composition of lipids of milk of Holstein cows of various ecogenesis // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 108-114, (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.89.28.014>

Введение

Молоко и молочные продукты – одна из основных частей сбалансированного рациона человека, так как они практически в полной мере обеспечивают организм питательными веществами, содержащимися в хорошо усвояемой форме. Большое значение в этом плане имеет липидный комплекс, концентрация которого в молоке коровьем составляет от 3 до 6%. Главным компонентом его является молочный жир – смесь ацилглицеринов, в основном триацилглицеринов (97-99% к общей массе липидов). В их структуре выявлено более 400 уникальных по разнообразию и оптимально сбалансированных жирных кислот. Существенная доля жирных кислот содержится в очень малых количествах (менее 0,01%), и только 13 из них достигают концентрации более 1%. Эта группа органических соединений в большей степени оказывает влияние на качество молочного жира и молочных продуктов [1-4].

Содержание отдельных жирных кислот зависит от физиологии животных (стадия лактации, здоровье), паратипических (рацион, время года) и генетических факторов (порода, отдельные животные), и может существенно изменяться [5-13]. Следует отметить, основной объем молочного сырья в России производят крупные аграрные предприятия, внедряющие современные технологии, а по наличию поголовья и удоев, как правило, в них доминируют животные голштинской породы, завезенные, преимущественно, из стран Евросоюза и собственной репродукции [14-17].

В этой связи при оценке состава и свойств молока коров голштинской породы, полученного в усло-

виях высокотехнологичного молочного комплекса, важна оценка и жирнокислотного состава, что определило цель нашей работы.

Материал и методы исследований

Изучение жирнокислотного состава липидного компонента молока коровьего проводили в ООО «Агропромышленный комплекс «Русь» Рязанской области. Молочное стадо голштинской породы различного экогенеза в аграрном предприятии содержится в условиях беспривязной технологии. Кормят животных полнорационными кормосмесями. Удой коров в период проведения исследований составил 8250 кг, жирность молока – 3,85 % и белковость – 3,24 %.

Выполненные нами экспериментальные исследования на 3-х группах первотелок (по 20 гол. в каждой из них), завезенных из Нидерландов, Венгрии и местной репродукции, свидетельствовали о хорошем качестве молока коровьего, при относительно невысокой концентрации жира в нём (3,77-3,84%) [11-12]. Объектом изучения жирнокислотного состава было молоко коров, отобранных из этих же групп животных и сформированных методом пар-аналогов (по 4 головы в каждой из них) [18]. В первую и вторую опытные группы вошли первотелки, завезенные из Нидерландов и Венгрии, третью (контрольную) – собственной репродукции. Животные находились на 5 месяце лактирования. Их суточный удой и жирность молока были близки средним значениям основных групп, различались между собой незначительно, и составили соответственно: 33,4; 33,7 и 33,2 кг и 3,81; 3,77 и 3,84 %.

Условия содержания, уровень и полноценность



питания и доения были одинаковыми в группах животных, и поэтому, не являлись определяющим фактором в различии качественных характеристиках молока. Идентификацию жирнокислотного состава молока коровьего выполнили в испытательной лаборатории ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория». Содержание жирных кислот установили согласно ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665-2012, используя хроматограф Agilent 6890.

Результаты исследований и их обсуждение

В анализируемых образцах молока коровьего выявлено 16 жирных кислот, регламентируемых ГОСТ 32261-2013. Как и свойственно молоку жвачных животных, в жировой фазе его преобладали насыщенные жирные кислоты (НЖК), массовая доля которых от суммы всех жирных кислот, при несущественной разнице по группам, составила 62,73-63,85%, мононенасыщенных (МНЖК) – 28,75-29,94 и полиненасыщенных (ПНЖК) 3,78-3,85% (табл. 1, рис.).

Таблица 1 – Жирно-кислотный состав жировой фазы молока коровьего

Жирная кислота (название, условное обозначение)	Массовая доля жирной кислоты, %			
	I группа	II группа	III группа	ГОСТ 32261-2013
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)				
Деценовая, C _{10:1}	0,3±0,003	0,3±0,001	0,3±0,003	от 0,2 до 0,4
Миристолеиновая, C _{14:1}	0,67±0,020	0,60±0,008	0,68±0,005	от 0,6 до 1,5
Пальмитолеиновая, C _{16:1}	1,47±0,008	1,43±0,029	1,46±0,009	от 1,5 до 2,4
Олеиновая, C _{18:1}	26,5±0,178	26,42±0,236	26,45±0,198	от 20,0 от 32,0
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)				
Линолевая C _{18:2}	3,35±0,103	3,30±0,015	3,30±0,052	от 2,2 от 5,5
Линоленовая C _{18:3}	0,50±0,011	0,50±0,001	0,50±0,001	до 1,5
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)				
Масляная, C _{4:0}	3,60±0,020	3,60±0,058	3,59±0,017	от 2,4 от 4,2
Капроновая, C _{6:0}	2,70±0,041	2,70±0,020	2,61±0,009	от 1,5 от 3,0
Каприловая, C _{8:0}	1,5±0,025	1,50±0,020	1,48±0,006	от 1,0 от 2,0
Каприновая, C _{10:0}	3,88±0,037	3,83±0,048	3,81±0,114	от 2,0 от 3,8
Лауриновая, C _{12:0}	3,73±0,025	3,80±0,119	3,75±0,141	от 2,0 от 4,4
Миристиновая, C _{14:0}	10,2±0,082	10,00±0,082	10,24±0,034	от 8,0 от 13,0
Пальмитиновая, C _{16:0}	28,5±0,312	28,33±0,189	28,43±0,128	от 21,0 от 33,0
Стеариновая, C _{18:0}	8,57±0,048	8,60±0,082	8,50±0,046	от 8,0 до 13,5
Арахидовая, C _{20:0}	0,20±0,003	0,20±0,004	0,21±0,005	до 0,3
Бегеновая, C _{22:0}	0,10±0,003	0,10±0,004	0,10±0,003	до 0,1
Другие жирные кислоты	4,51±0,229	4,71±0,363	4,71±0,363	от 4,0 до 6,5

Ненасыщенные жирные кислоты имеют двойные связи, создающие способность к формированию изомерных форм, реакциям присоединения галогенов и легкой окисляемости кислородом воздуха, что приводит к изменению нативных физико-химических свойств молочного жира. В тоже время наличие их в его составе повышает биологическую ценность молока. Так, например, эссенциальные мононенасыщенные жирные кислоты

благоприятно влияют на синтез высокой плотности липопротеинов, перенося холестерин от стенок кровеносных сосудов к печени, где он расщепляется и выносится из организма. Самую высокую концентрацию из этой группы жирных кислот, что характерно для нативного коровьего молока, имела олеиновая C_{18:1} кислота (26,42–26,50%), при норме 20,0-32,0%.

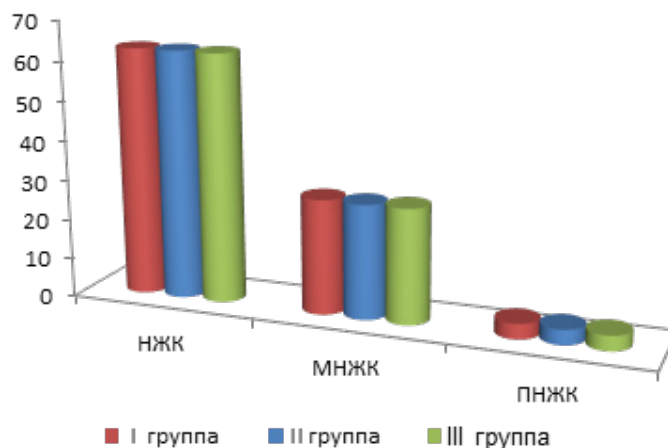


Рис. – Соотношение различного типа жирных кислот молока коровьего, %
(Fig. – The ratio of the different types of fatty acids of cow's milk, %)

В организме жвачных животных биологически важные полиненасыщенные жирные кислоты линолевая $C_{18:2}$ (ω -6) и линоленовая $C_{18:3}$ (ω -3) не могут синтезироваться, или синтезируются в недостаточном количестве. Поэтому в организм коров эти важные составные части молока поступают с кормом.

Содержание линолевой $C_{18:2}$ кислоты в исследуемых образцах молока было невысокое, но соответствовало принятым критериям. Эта жирная кислота является антиканцерогеном и обладает рядом свойств, благоприятно влияющих на здоровье человека: замедление развития рака, иммуномодуляция, предупреждение атеросклероза, снижение количества внутреннего жира и т. д. Линоленовая $C_{18:3}$ жирная кислота входит в состав клеточных мембран и кровеносных сосудов. Межгосударственный стандарт (ГОСТ 32261-2013) указывает только максимальный верхний порог насыщенности линоленовой $C_{18:3}$ кислоты в молочном жире – 1,5%, в исследуемых образцах молока этот показатель составлял от 0,48 до 0,50 %.

Выявленные насыщенные низкомолекулярные летучие жирные кислоты масляная $C_{4:0}$, капроновая $C_{6:0}$, каприловая $C_{8:0}$ и каприновая $C_{10:0}$ характерны только лишь для молочного жира. Вместе с другими компонентами молока они формируют его органолептические свойства. На качественные характеристики молока большое влияние оказывает масляная кислота. Кроме того, она является ингибитором колонокарциномы (рака толстого кишечника). Концентрация трех первых жирных кислот этой группы в образцах исследуемого молока коровьего соответствовала принятым ГОСТ 32261-2013 величинам. Несколько выше установленного критерия наблюдалось содержание каприновой $C_{10:0}$ кислоты, которое зависит в большей степени от условий производства и первичной обработки молока.

Насыщенные жирные кислоты – стеариновая $C_{18:0}$, пальмитиновая $C_{16:0}$, миристиновая $C_{14:0}$, лауриновая $C_{12:0}$, используются организмом в большей степени как энергетический материал. Стеариновая $C_{18:0}$ кислота способствует формиро-

ванию текстуры молочных продуктов, но её избыток усиливает крошливость консистенции сливочного масла. Насыщенность этой группы жирных кислот в исследуемых образцах молока коровьего также соответствовало принятой норме.

Пальмитиновую кислоту используют в качестве контроля фальсификации молока и молочной продукции. ГОСТ 32261-2013 предусматривает содержание её в молочном жире в пределах 21,0-33,0% от всей суммы жирных кислот. Концентрация пальмитиновой кислоты в исследуемых образцах молока коровьего (28,33-28,5%) свидетельствовала о его натуральности.

Следует отметить, высокое содержание пальмитиновой кислоты позволяет ей быть основой для биосинтеза других насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот: стеариновой $C_{18:0}$, лауриновой $C_{12:0}$ и миристиновой $C_{14:0}$. Из насыщенных жирных кислот пальмитиновой $C_{16:0}$ и стеариновой $C_{18:0}$ затем формируются мононенасыщенные жирные кислоты – пальмитолеиновая $C_{16:1}$ и олеиновая $C_{18:1}$.

В группе насыщенных жирных кислот выявлена взаимообусловленная достаточно высокая концентрация миристиновой $C_{14:0}$ кислоты, и незначительная – лауриновой $C_{12:0}$, что характерно для липидного комплекса молока коровьего. Их количество и соотношение между собой является также идентификационной характеристикой, а исследуемое молоко коровье соответствовало этим критериям.

Выявленная низкая концентрация арахидиновой $C_{20:0}$ и бегеновой $C_{22:0}$ насыщенных жирных кислот также находилась в пределах нормируемого диапазона.

Профили основных жирных кислот всех образцов молока коровьего не только находились в установленных ГОСТ 32261-2013 границах, но и имели несущественные межгрупповые различия. Это может свидетельствовать о принадлежности животных к одной достаточно консолидированной породе.

До настоящего времени диапазоны жирнокислотного состава пока не обозначены в виде спра-



вочных значений в национальном стандарте на молоко коровье (ГОСТ Р 52054), а указываются они только в стандартах для выработки молочной продукции (ГОСТ 31453, ГОСТ 31452, ГОСТ 32261 и т. д.). Приведенные в них регламенты этих показателей не имеют значимого различия, а образцы молока опытных первотёлок им соответствовали.

Межгосударственным стандартом (ГОСТ 32261-2013) определены также границы колебаний соотношений массовых долей метиловых эфиров жирных кислот, типичных только для жировой фазы молока коровьего (табл. 2). Следует признать, исследуемое молоко коровье всех групп животных соответствовало этим критериям.

Таблица 2 – Характеристика жировой фазы молока коровьего по соотношению метиловых эфиров

Условное обозначение метиловых эфиров жирных кислот	I группа	II группа	III группа	Референтные значения (ГОСТ 32261-2013)
$C_{18:2}$ к $C_{14:0}$	0,33±0,110	0,33±0,110	0,33±0,003	0,1-0,5
$C_{18:1}$ к $C_{14:0}$	0,33±0,003	0,33±0,003	2,59±0,016	1,6-3,6
$C_{18:0}$ к $C_{12:0}$	2,32±0,018	2,32±0,018	2,28±0,089	1,9-5,9
$C_{16:0}$ к $C_{12:0}$	2,28±0,089	7,47±0,215	7,62±0,316	1,9-5,9
$\Sigma C_{18:1}$ и $C_{18:2}$ к $\Sigma C_{12:0}, C_{14:0}, C_{16:0}$ и $C_{18:0}$	0,59±0,006	0,59±0,005	0,59±0,009	0,4-0,7

Заключение

В результате экспериментальных исследований установлена сравнительно невысокая жирность молока (3,81, 3,77 и 3,84 %) коров голштинской породы различного экогенеза, полученного в условиях высокотехнологичного молочного комплекса. В жировой фазе, что свойственно молоку жвачных животных, преобладали насыщенные жирные кислоты, массовая доля которых от суммы всех жирных кислот, при несущественной разнице по группам, составила 62,73-63,85 %, мононенасыщенных – 28,75-29,94 и полиненасыщенных 3,78-3,85 %. Концентрация основных жирных кислот и соотношение метиловых эфиров жировой фазы молока коров, завезенных из Нидерландов, Венгрии и собственной репродукции, не имели существенного различия и соответствовали установленным требованиям для выработки молочных продуктов.

Список источников

1. Сравнение жирнокислотного состава различных пищевых масел / В.Т. Воловик, Т.В. Леонидова, Л.М. Коровина [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 5. – С. 147-152. – EDN JUKLLQ.
2. Гунькова, П. И. Молочный жир - заменяемый, но незаменимый компонент молока / П. И. Гунькова, А. Л. Ишевский, А. С. Бучилина // Переработка молока. – 2020. – № 5(247). – С. 16-19. – DOI 10.33465/2222-5455-2020-05-16-19. – EDN JVMROM.
3. Данилова, Е. С. Вопрос-ответ. О жирнокислотном составе сливочного масла / Е. С. Данилова, Е. В. Топникова // Молочная промышленность. – 2022. – № 8. – С. 50-51. – EDN IASCKD.
4. Тёпел А. Химия и физика молока А. Тёпел. – Пер. с нем. под ред. С.А. Фильчаковой. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.

5. Характеристика жирнокислотного состава молока коров при включении в их рацион активированных и обогащенных кремнийсодержащих добавок / В. В. Ахметова, С. В. Дежаткина, Н. А. Феоктистова [и др.] // Аграрная наука. – 2023. – № 1. – С. 39-43. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-366-1-39-43. – EDN DRVOBV.

6. Qualitative indicators of milk of Simmental and Holstein cows in different seasons of lactation / A. Z. Khastayeva, V. S. Zhamurova, L. A. Mamayeva [et al.] // Veterinary World. – 2021. – Vol. 14. – No 4. – P. 956-963. – DOI 10.14202/vetworld.2021.956-963. – EDN OAMJJC.

7. Влияние типов защищённых жиров в кормлении высокопродуктивных коров на жирнокислотный состав молока / Д. А. Булгакова, А. М. Булгаков, В. М. Жуков [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7(213). – С. 88-93. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-88-93. – EDN OANBUY.

8. Дифференцирование насыщенных жирных кислот // Эффективное животноводство. – 2017. – № 4(134). – С. 40-41. – EDN YQZGDF.

9. Степычева, Н.В. Изменение жирно-кислотного состава молока коровьего в зависимости от сезона года / Н.В. Степычева, Н.А. Савинова. — Текст: электронный // NovalInfo, 2021. — № 128. — С. 5-9. — URL: <https://novainfo.ru/article/18791> (дата обращения: 29.01.2023).

10. Anison E.F., Bryden W.L. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. II. Metabolism in ruminant tissues // Nutr. Res. Rev. – 1999. – Vol. 12. – P. 147-177.

11. Комплексная оценка молока коров голштинской породы различного экогенеза, производимого в условиях интенсивной технологии / Л.Г. Хромова, С.Е. Мирошина, С.Е. Мирошин, Н.И. Морозова // Вестник Рязанского государственного агротех-



нологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 76-83. – DOI 10.36508/RSATU.2022.95.64.009. – EDN QRTGHI.

12. Хромова, Л.Г. Лактационная функция первотелок голштинской породы различного экогенеза в условиях интенсивной технологии / Л.Г. Хромова, С.Е. Мирошина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(57). – С. 200-206. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-200-206. – EDN PCUFIX.

13. Молочная продуктивность коров и факторы ее обуславливающие / И. М. Дунин, К. К. Аджибеков, А. Г. Козанков [и др.] // Зоотехния. – 2022. – № 11. – С. 2-4. – DOI 10.25708/ZT.2022.26.78.001. – EDN XDLTSl.

14. Маницкая, Л. Курс на национальное развитие / Л. Маницкая // Молочная промышленность. – 2023. – № 1. – С. 4-7. – EDN UMDIDE.

15. Стрекозов, Н.И. Развитие животноводства

России в современных условиях хозяйствования: организационно-экономические, технологические и социальные аспекты / Н.И. Стрекозов, А.И. Тихомиров // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 6 (99). – С. 74-80. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.6.74. – EDN HVKOMT.

16. Алтухов, А. И. Развитие молочного скотоводства в стране: проблемы и возможные пути их решения / А. И. Алтухов // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 9. – С. 86-92. – EDN XZTTPV.

17. Динамика импорта племенной продукции крупного рогатого скота в российскую Федерацию / И.М. Дунин, С.Е. Тяпугин, Н.В. Семенова [и др.] // Зоотехния. – 2022. – № 11. – С. 21-24. – DOI 10.25708/ZT.2022.68.71.007. – EDN WGUKZI.

18. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. – Москва: Колос, 1976. – 303 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Sravnenie zhirnokislотного состава различных пищевых масел / V.T. Volovik, T.V. Leonidova, L.M. Korovina [i dr.] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2019. – № 5. – S. 147-152. – EDN JUKLLQ.

2. Gun'kova, P. I. Molochnyj zhir - zamenyaemyj, no nezamenimyj komponent moloka / P. I. Gun'kova, A. L. Ishevskij, A. S. Buchilina // Pererabotka moloka. – 2020. – № 5(247). – S. 16-19. – DOI 10.33465/2222-5455-2020-05-16-19. – EDN JVMROM.

3. Danilova, E. S. Vopros-otvet. O zhirnokislотном составе сливочного масла / E. S. Danilova, E. V. Topnikova // Molochnaya promyshlennost'. – 2022. – № 8. – S. 50-51. – EDN IASCKD.

4. Tyopel A. Himiya i fizika moloka A. Tyopel. – Per. s nem. pod red. S.A. Fil'chakovej. – SPb.: Professiya, 2012. – 832 s.

5. Charakteristika zhirnokislотного состава молока коров при vkluchenii v ih racion aktivirovannyh i obogashchennyh kremnijsoderzhashchih dobavok / V. V. Ahmetova, S. V. Dezhatkina, N. A. Feoktistova [i dr.] // Agrarnaya nauka. – 2023. – № 1. – S. 39-43. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-366-1-39-43. – EDN DRVOBV.

6. Qualitative indicators of milk of Simmental and Holstein cows in different seasons of lactation / A. Z. Khastayeva, V. S. Zhamurova, L. A. Mamayeva [et al.] // Veterinary World. – 2021. – Vol. 14. – No 4. – P. 956-963. – DOI 10.14202/vetworld.2021.956-963. – EDN OAMJJC.

7. Vliyaniye tipov zashchishchyonnyh zhirov v kormlenii vysokoproduktivnyh korov na zhirnokislотноj sostav moloka / D. A. Bulgakova, A. M. Bulgakov, V. M. Zhukov [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 7(213). – S. 88-93. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-88-93. – EDN OANBUY.

8. Differencirovaniye nasyschennyh zhirnyh kislot // Effektivnoye zhivotnovodstvo. – 2017. – № 4(134). – S. 40-41. – EDN YQZGDF.

9. Stepycheva, N.V. Izmeneniye zhirno-kislотного состава молока коров'ego v zavisimosti ot sezona goda / N.V. Stepycheva, N.A. Savinova. — Tekst: elektronnyj // NovalInfo, 2021. — № 128. — S. 5-9. — URL: <https://novainfo.ru/article/18791> (data obrashcheniya: 29.01.2023).

10. Anison E.F., Bryden W.L. Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. II. Metabolism in ruminant tissues // Nutr. Res. Rev. – 1999. – Vol. 12. – P. 147-177.

11. Kompleksnaya ocenka moloka korov golshtinskoj porody razlichnogo ekologeneza, proizvodimogo v usloviyah intensivnoj tekhnologii / L.G. Hromova, S.E. Miroshina, S.E. Miroshin, N.I. Morozova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 76-83. – DOI 10.36508/RSATU.2022.95.64.009. – EDN QRTGHI.

12. Hromova, L.G. Laktacionnaya funkciya pervotelok golshtinskoj porody razlichnogo ekologeneza v usloviyah intensivnoj tekhnologii / L.G. Hromova, S.E. Miroshina // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2022. – № 1(57). – S. 200-206. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-200-206. – EDN PCUFIX.

13. Molochnaya produktivnost' korov i faktory ee obuslavlivayushchie / I. M. Dunin, K. K. Adzhibekov, A. G. Kozankov [i dr.] // Zootekhniya. – 2022. – № 11. – S. 2-4. – DOI 10.25708/ZT.2022.26.78.001. – EDN XDLTSl.



14. Manickaya, L. Kurs na nacional'noe razvitie / L. Manickaya // Molochnaya promyshlennost'. – 2023. – № 1. – S. 4-7. – EDN UMDIDE.

15. Strekozov, N.I. Razvitie zhivotnovodstva Rossii v sovremennykh usloviyakh hozyajstvovaniya: organizacionno-ekonomicheskie, tekhnologicheskie i social'nye aspekty / N.I. Strekozov, A.I. Tihomirov // Vestnik agrarnoy nauki. – 2022. – № 6 (99). – S. 74-80. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.6.74. – EDN HVKOMT.

16. Altuhov, A. I. Razvitie molochnogo skotovodstva v strane: problemy i vozmozhnye puti ih resheniya / A. I. Altuhov // APK: ekonomika, upravlenie. – 2018. – № 9. – S. 86-92. – EDN XZTTPV.

17. Dinamika importa plemennoj produkcii krupnogo rogatogo skota v rossijskuyu Federaciyu / I.M. Dunin, S.E. Tyapugin, N.V. Semenova [i dr.] // Zootekhniya. – 2022. – № 11. – S. 21-24. – DOI 10.25708/ZT.2022.68.71.007. – EDN WGUKZI.

18. Ovsyannikov, A.I. Osnovy opytного dela v zhivotnovodstve / A.I. Ovsyannikov. – Moskva: Kolos, 1976. – 303 s.

Contribution of the authors:

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

Информация об авторах

Хромова Любовь Георгиевна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, hromovva@yandex.ru

Мирошина Светлана Евгеньевна, аспирант кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, smiroshina@mail.ru

Морозова Нина Ивановна д-р с.-х. наук, зав. кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, n.morozova53@yandex.ru

Author Information

Khromova Lyubov G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, hromovva@yandex.ru

Miroshina Svetlana E., Postgraduate student of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, smiroshina@mail.ru

Morozova Nina I., Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, n.morozova53@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.02.2023; одобрена после рецензирования 28.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 28.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 1, с. 115-120
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 1, pp 115-120

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2023.47.40.015

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ПЕРГИ

Сергей Николаевич Борычев¹, Дмитрий Евгеньевич Каширин²✉, Вячеслав Михайлович Ульянов³, Павел Эдуардович Бочков⁴

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹189066486088@mail.ru

²kadm76@mail.ru

³msx-rgatu@yandex.ru

⁴pav.bochkov@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Перга – продукт пчеловодства, который широко применяется при лечении многих заболеваний. Биологически-активные свойства продукта зависят, по большей части, от способа его сушки, так как являются весьма термолабильными. Анализ результатов научных исследований, выполненных на базе ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, позволяет утверждать, что наиболее приемлемым способом сушки перги является конвективный. Для увеличения объемов производства перги необходимо внедрение специального оборудования и технологий. Предложенный нами патент №2758017 «Установка для сушки перги» обобщает в своем описании большое количество ранее сделанных изобретений. В частности, сушка производится замкнутым воздушным потоком. Конструкция сушильной установки снабжена осушителем воздушного потока. Принцип работы осушителя основан на том, что часть воздушного потока отводится в специальную камеру, где взаимодействует с охлаждаемой металлической поверхностью, часть влаги конденсируется на поверхности пластины и удаляется из рабочей камеры. В статье изложена методика проведения экспериментального исследования, приведены основные расчетные формулы, описан план выполнения исследования и приведена таблица варьирования факторов. Дано обоснование уровней варьирования факторов, основанное на работах многих авторов. Представлен результат исследования и сформулировано заключение. Целью настоящего исследования является определение рациональных параметров установки для сушки перги.

Результаты. Результат исследования представлен в виде уравнения регрессии и поверхности. Статистический анализ установленной зависимости позволяет определить рациональные параметры сушильной установки.

Заключение. В частности, установлено, что максимально возможное значение скорости сушки 4,16 %/час достигается при скорости воздушного потока 14 м/с и относительной влажности теплоносителя 20 %.

Ключевые слова: гранулированная перга, скорость сушки, относительная влажность

Для цитирования: Борычев С. Н., Каширин Д. Е., Ульянов В. М., Бочков П. Э. Обоснование параметров установки для сушки перги // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С. 115 - 120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.47.40.015>

Original article

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE DEVICE FOR BEE-DREAD DRYING

Sergej N. Borychev¹, Dmitriy E. Kashirin²✉, Vyacheslav M. Ul'yanov³, Pavel . Bochkov⁴



^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev,
Ryazan, Russia

¹189066486088@mail.ru

²kadm76@mail.ru

³mcx-rgatu@yandex.ru

⁴pav.bochkov@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Bee-bread is a beekeeping product that is widely used in the treatment of many diseases. The biologically active properties of the product depend, for the most part, on the method of its drying, as they are very thermo labile. Analysis of the results of scientific research, carried out on the basis of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FSC of beekeeping", Rybnoe, suggests that the most acceptable method of drying bee bread is convective. To increase the production of bee bread, it is necessary to introduce special equipment and technologies. Patent No. 2758017 proposed by us "Installation for drying bee bread" summarizes in its description a large number of previously made inventions. In particular, drying is carried out with a closed air flow. The design of the drying plant is equipped with an air flow dryer. The principle of operation of the dehumidifier is based on the fact that part of the air flow is diverted to a special chamber, where it interacts with a cooled metal surface, part of the moisture condenses on the surface of the plate and is removed from the working chamber. The article describes the methodology for conducting an experimental study, provides the main calculation formulas, describes the plan for the implementation of the study and provides a table of variation by factors. The substantiation of the levels of variation of factors based on the works of many authors is given. The result of the study is presented and the conclusion is formulated. The purpose of this study is to determine the rational parameters of the plant for drying bee bread.

Results. The result of the study is presented in the form of a regression equation and a surface. Statistical analysis of the established dependence makes it possible to determine the rational parameters of the drying plant.

Conclusion. In particular, it was found that the maximum possible drying rate of 4,16 % /hour is achieved at an air flow rate of 14 m/s and a relative humidity of the coolant of 20 %.

Key words: granulated bee bread, drying rate, relative humidity

For citation: Borychev S. N., Kashirin D. E., Ul'yanov V. M., Bochkov P. E. Justification of the parameters of the device for bee-dread drying // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023 Vol. 15, No. 1 P115-120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.47.40.015>

Введение

На протяжении последних лет перга приобретает все большую актуальность как пищевая добавка. Перга приготавливается пчелами в улье из пыльцы цветковых растений. Этот продукт богат витаминами и минералами, протеиновыми комплексными соединениями и флавоноидами. В нативной перге отсутствуют продукты синтеза химических соединений и болезнетворные микробы. В связи с этим продукт широко применяется как биологически активная добавка или лекарственный препарат [1, 2, 3, 4]. Физико-механические свойства перги весьма лабильны и подвержены влиянию многих внешних факторов. При увеличении влажности перга превращается в коллоидное по консистенции соединение с выраженными адгезионными свойствами. Поэтому технологии извлечения этого продукта из сотов и технологии его консервации представляют определенную сложность для пчеловодов.

Существующие в настоящее время технологии извлечения и консервации перги предполагают проведение первоначальной сушки этого продукта до уровня, регламентированного ГОСТ, после чего пергу извлекают из ячеек сотов, расфасовывают и используют по назначению. Сушка этого биологически-активного продукта – сложный технологический процесс. С одной стороны, исходя из технологических соображений, предполагающих

сокращение затрат труда и времени работы оборудования, сушку имеет смысл проводить за как можно более короткий период времени. С другой стороны, сушка должна наносить минимальный урон перге, возникающий в результате разрушения термолабильных компонентов. Комплексные исследования процесса сушки перги, проведенные нами совместно с ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, позволяют утверждать, что наиболее приемлемым способом сушки перги является конвективный [5]. Конвективная сушка имеет ряд значимых преимуществ по сравнению с другими способами:

- конвективный способ сушки наиболее прост в технологическом плане;
- наносит незначительный урон термолабильным биологически активным компонентам продукта;
- сушка может проводиться в удобное для пчеловода время, так как не связана с пасечными работами.

Предложенная нами установка для сушки перги предполагает осуществление сушки замкнутым воздушным потоком, осушаемым от влаги посредством специального устройства [6]. Создание опытного образца специализированной сушильной установки, предназначенной для сушки перги, предполагает проведение ряда экспериментальных исследований, направленных на установле-



ние рациональных параметров предложенного устройства.

Целью настоящего исследования является определение рациональных параметров установки для сушки перги.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования была изготовлена лабораторная установка, представленная на рис. 1

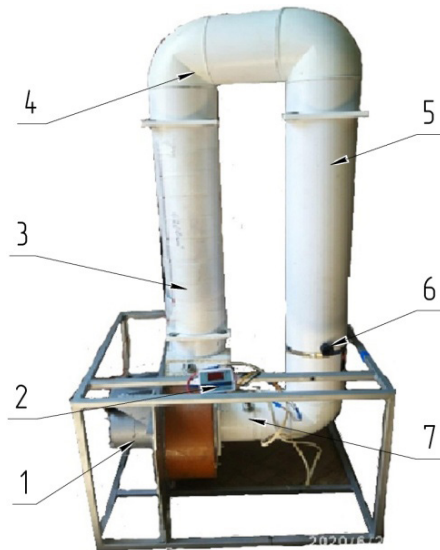


Рис. – Экспериментальная сушильная установка
(Fig.1 – Experimental dryer)

Установка позволяет изменять в процессе проведения опытов скорость воздушного потока в диапазоне от 1 до 16 м/с, влажность воздуха в диапазоне от 10 до 100 % и температуру до 65°C. Благодаря использованию специальных приборов возможно также измерять энергоёмкость технологического процесса и изменение влажности воздуха в рабочей камере в процессе сушки.

Установка состоит из центробежного вентилятора 1, выход которого соединен с рабочей камерой 3, снабженной датчиком 2 температуры и влажности воздуха. В верхней части рабочей камеры расположено поворотное колено 4, к которому подсоединен обратный воздухопровод 5. На обратном воздухопроводе установлен предохранительный клапан 6 и регулировочная воздушная заслонка 7.

Работа установки осуществляется следующим образом. Гранулы влажной перги помещают в рабочую камеру 3, которая отделена от сушильного

канала в верхней и нижней части специальными решетками. После установки рабочей камеры в сушильный канал посредством пульта управления задают необходимые параметры процесса сушки, и установку приводят в действие.

Исследование проводили следующим образом. Из подготовленной для опыта перги отбирали пробы и определяли их влажность по методике, соответствующей требованиям ГОСТ, весовым способом. Расчет процента влаги W , % в продукте проводили по формуле (1):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_1 – масса перги до сушки, кг;
 m_2 – масса перги после сушки, кг.

Подготовленные навески помещали в сушильную камеру. Предварительно проведенные исследования показывают, что температура в сушильной камере не должна превышать 43°C [7], данное значение было принято как рабочее значение температуры. Анализ литературных источников показывает, что минимальная скорость воздушного потока, пригодная для сушки перги, составляет 2 м/с, при меньшем значении процесс удаления воды из продукта значительно замедляется [8, 9, 10]. Известно, что скорость витания гранул перги варьирует в диапазоне от 13 до 15 м/с. Максимальным значением скорости горячего воздуха во время сушки было принято 14 м/с. Превышение этой величины требует значительного повышения мощности центробежного насоса. Кроме того, сушка продукта со скоростью, превышающей скорость витания, представляется нецелесообразной, так как движение жидкости внутри продукта к поверхности будет затруднено. С энергетических позиций такая сушка является неоправданной [11, 12].

Величину влажности воздуха в сушильной камере выбирали в диапазон от 20 до 40 %, так как, по мнению многих исследователей, данный диапазон позволяет получить минимальные энергетические затраты [13, 14]. Это возможно объяснить неоправданно высокими энергозатратами, необходимыми для термической конденсации влаги из воздуха, при его относительной влажности меньше 20 %. При влажности воздуха, превышающей 40 %, процесс адсорбции влаги становится энергетически невыгодным.

Опыты проводили в соответствии с двухфакторным трехуровневым планом Бокса-Бенкина, близким к оптимальному. Факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Уровни варьирования факторов эксперимента	Скорость воздушного потока V , м/с	Влажность воздуха в контуре W , %
1	14	40
0	8	30
-1	2	20
Интервал варьирования	6	10



Критерием оптимизации являлась скорость сушки w , %/час. Скорость сушки определяли по следующей формуле:

$$w = \frac{W_H - W_K}{t}, \quad (2)$$

где W_H – влажность перговых комочков перед началом сушки %;

W_K – влажность перговых комочков по окончании сушки, %;

t – продолжительность периода сушки, часов.

Для уменьшения влияния внешних воздействий каждый опыт производили с пятикратной повторностью. При этом на протяжении всего исследования производили измерения содержания относительной влажности продукта, воздушного потока в сушильной установке и воздуха в помещении лаборатории. Для проведения исследования был выбран временной диапазон, равный шести часам, на протяжении которого сушка про-

текает наиболее активно.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности влияния состояния теплоносителя и его скорости на скорость сушки гранулированной перги w , %/ч. В результате статистического анализа была получена математическая модель, описывающая скорость сушки гранулированной перги при различных скоростях воздушного потока и его влажности:

$$w(V, W) = 0,813 + 0,45 \cdot V - 0,012 \cdot V^2 - 0,0225 \cdot W - 0,000375 \cdot W^2 \quad (3)$$

Проверка полученной математической модели по критерию Фишера позволила сделать вывод, что она адекватна на уровне значимости $\alpha = 0,01$. Исходя из этого, можно сделать вывод, что модель корректно описывает зависимость скорости сушки гранулированной перги при различных условиях.

Зависимость (3) представлена графически на рисунке 2.

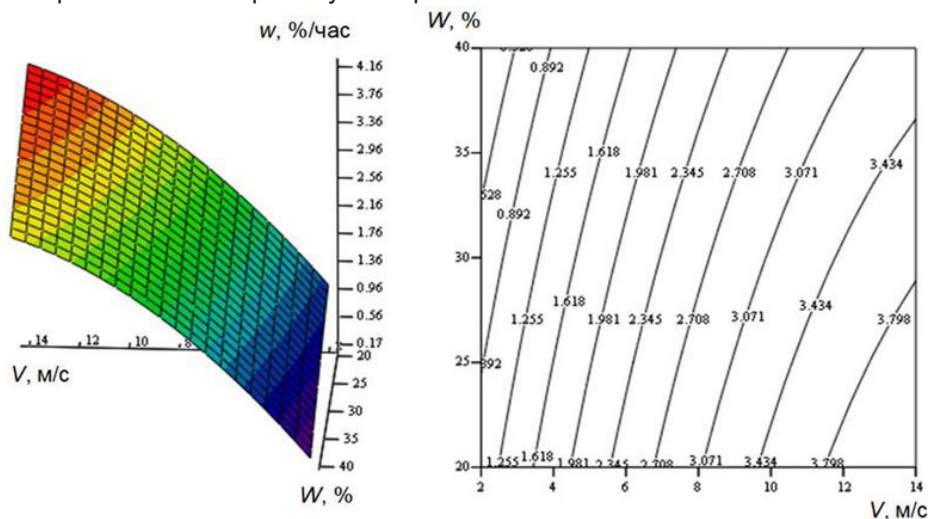


Рисунок 2 – Зависимость скорости сушки гранулированной перги w , %/ч, от скорости воздушного потока V , м/с и его относительной влажности W , %

(Fig. 2 - Dependence of the drying rate of granulated bee bread w , % / h, on the air flow velocity V , m / s and its relative humidity W , %)

Анализ представленной на рисунке зависимости показывает, что исследуемые факторы являются значимыми. Наиболее значимым из них является скорость воздушного потока, так как при ее снижении уменьшается скорость процесса сушки. Процент влажности воздуха также оказывает значительное влияние на исследуемый процесс.

Заключение

Установленная математическая зависимость показывает, что скорость сушки будет минимальной, равной 0,2 %/час, при скорости воздушного потока 2 м/с и его относительной влажности 40 %. Максимально возможное значение скорости сушки, в пределах принятых значений исследуемых факторов составляющее 4,16 %/час, достигается при скорости воздушного потока 14 м/с и влажности воздуха 20 %.

Список источников

1. Бышов Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 2 (143). С. 150-156.
2. Бышов Д.Н. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: вероятностная модель процесса измельчения пчелиных сотов / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.А. Петухов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3 (144). С. 141-147.
3. Максимов, Н. М. Вентилируемый бункер для поточной сушки семян / Н. М. Максимов // Сельский механизатор. – 2016. – № 7. – С. 23. – EDN WFQVIH.
4. Волхонов, М. С. Эффективность сушки се-



мян повышена / М. С. Волхонов, Н. М. Максимов // Сельский механизатор. – 2010. – № 1. – С. 4-5. – EDN OIKSNL.

5. Максимов, Н. М. Улучшенный бункер активного вентилирования / Н. М. Максимов, В. В. Морозов // Сельский механизатор. – 2014. – № 6. – С. 24. – EDN SLRSBJ.

6. Максимов, Н. М. Результаты многофакторного исследования выработки пара в парогенераторе при перетопке воска на пасеках / Н. М. Максимов, В. В. Морозов // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 1(29). – С. 77-80. – EDN NOOJNY.

7. Максимов, Н. М. Парогенератор для малых хозяйств / Н. М. Максимов, В. В. Морозов // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 24-25. – EDN TVEQWZ.

8. Харитонов, М. Н. Методы сушки и качество перги / М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2011. – № 8. – С. 56-57. – EDN OEDPWB.

9. Харитонов, Н. Н. Влияние запасов перги на жизнедеятельность пчелиных семей / Н. Н. Харитонов, М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2012. – № 5. – С. 18-21. – EDN PBCQZP.

10. Харитонов, М. Н. Динамика физико-химических показателей перги в процессе хранения / М. Н. Харитонов, Н. Н. Харитонов, Л. А. Бурмистрова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4(16). – С. 77-83. – EDN PLVOML.

11. Репникова, Л. В. Минеральный состав воска и сотов / Л. В. Репникова, Е. П. Лапынина, М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2015. – № 6. – С. 56-57. – EDN UGTGJT.

12. Харитонов, М. Н. Влияние временных

факторов на содержание в меде макро- и микро-элементов / М. Н. Харитонов, Е. П. Лапынина // Пчеловодство. – 2017. – № 10. – С. 50-52. – EDN YMKBWG.

13. Харитонов, М. Н. Использование перги в качестве индикатора загрязнения окружающей среды / М. Н. Харитонов // . – 2013. – № 4(20). – С. 72-75. – EDN RTVEZX.

14. Харитонов, М. Н. Влияние методов стабилизации на качество перги / М. Н. Харитонов // Пчеловодство. – 2011. – № 7. – С. 50-51. – EDN OCZUIZ.

15. Шишигин, И. Н. Моделирование водяной системы охлаждения воздуха для электроозонатора при лечении пчел / И. Н. Шишигин, С. В. Оськин // Сельский механизатор. – 2022. – № 10. – С. 22-23. – EDN TAZFQO.

16. Необходимость модернизации основных технологических процессов в пчеловодстве / С. В. Оськин, А. А. Лоза, С. М. Федак, М. М. Украинцев // Сельский механизатор. – 2022. – № 12. – С. 6-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-12-6-7. – EDN JPEYVM.

17. Оськин, С. В. Пути снижения себестоимости продукции мелкими товаропроизводителями / С. В. Оськин, М. И. Потешин, Д. М. Таранов // Сельский механизатор. – 2022. – № 5. – С. 4-5. – EDN WMCHVS.

18. Оськин, С. В. Параметры сушилки сельскохозяйственной продукции / С. В. Оськин, Д. С. Цокур, А. А. Лоза // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 11(305). – С. 40-43. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-11-40-43. – EDN YCEUQE.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Byshov D.N. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryaznenij: modelirovanie processa rastvoreniya pergi v vode pri intensivnom mekhanicheskom peremeshivanii / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov // Vestnik KrasGAU. 2019. № 2 (143). S. 150-156.
2. Byshov D.N. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryaznenij: veroyatnostnaya model' processa izmel'cheniya pchelinyh sotov / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov, A.A. Petuhov // Vestnik KrasGAU. 2019. № 3 (144). S. 141-147.
3. Maksimov, N. M. Ventiliruemyj bunker dlya potочноj sushki semyan / N. M. Maksimov // Sel'skij mekhanizator. – 2016. – № 7. – S. 23. – EDN WFQVIH.
4. Volhonov, M. S. Effektivnost' sushki semyan povyshena / M. S. Volhonov, N. M. Maksimov // Sel'skij mekhanizator. – 2010. – № 1. – S. 4-5. – EDN OIKSNL.
5. Maksimov, N. M. Uluchshennyj bunker aktivnogo ventilirovaniya / N. M. Maksimov, V. V. Morozov // Sel'skij mekhanizator. – 2014. – № 6. – S. 24. – EDN SLRSBJ.
6. Maksimov, N. M. Rezul'taty mnogofaktornogo issledovaniya vyrabotki para v parogeneratore pri peretopke voska na pasekah / N. M. Maksimov, V. V. Morozov // Vestnik Kurganskoj GSKHA. – 2019. – № 1(29). – S. 77-80. – EDN NOOJNY.
7. Maksimov, N. M. Parogenerator dlya malyh hozyajstv / N. M. Maksimov, V. V. Morozov // Sel'skij mekhanizator. – 2019. – № 5. – S. 24-25. – EDN TVEQWZ.
8. Haritonova, M. N. Metody sushki i kachestvo pergi / M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2011. – № 8. – S. 56-57. – EDN OEDPWB.
9. Haritonov, N. N. Vliyanie zapasov pergi na zhiznedeyatel'nost' pchelinyh semej / N. N. Haritonov, M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2012. – № 5. – S. 18-21. – EDN PBCQZP.
10. Haritonova, M. N. Dinamika fiziko-himicheskikh pokazatelej pergi v processe hraneniya / M. N. Haritonova, N. N. Haritonov, L. A. Burmistrova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4(16). – S. 77-83. – EDN PLVOML.



11. Repnikova, L. V. Mineral'nyj sostav voska i sotov / L. V. Repnikova, E. P. Lapynina, M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2015. – № 6. – S. 56-57. – EDN UGTGJT.
12. Haritonova, M. N. Vliyanie vremennykh faktorov na sodержanie v mede makro- i mikroelementov / M. N. Haritonova, E. P. Lapynina // Pchelovodstvo. – 2017. – № 10. – S. 50-52. – EDN YMKBWG.
13. Haritonova, M. N. Ispol'zovanie pergi v kachestve indikatora zagryazneniya okruzhayushchej sredy / M. N. Haritonova // . – 2013. – № 4(20). – S. 72-75. – EDN RTVEZX.
14. Haritonova, M. N. Vliyanie metodov stabilizacii na kachestvo pergi / M. N. Haritonova // Pchelovodstvo. – 2011. – № 7. – S. 50-51. – EDN OCZUIZ.
15. SHishigin, I. N. Modelirovanie vodyanoy sistemy ohlazhdeniya vozduha dlya elektroozonatora pri lechenii pchel / I. N. SHishigin, S. V. Os'kin // Sel'skij mekhanizator. – 2022. – № 10. – S. 22-23. – EDN TAZFQO.
16. Neobhodimost' modernizacii osnovnykh tekhnologicheskikh processov v pchelovodstve / S. V. Os'kin, A. A. Loza, S. M. Fedak, M. M. Ukrainev // Sel'skij mekhanizator. – 2022. – № 12. – S. 6-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-12-6-7. – EDN JPEYVM.
17. Os'kin, S. V. Puti snizheniya sebestoimosti produkcii melkimi tovaroproizvoditelyami / S. V. Os'kin, M. I. Poteshin, D. M. Taranov // Sel'skij mekhanizator. – 2022. – № 5. – S. 4-5. – EDN WMCHVS.
18. Os'kin, S. V. Parametry sushilki sel'skohozyajstvennoj produkcii / S. V. Os'kin, D. S. Cokur, A. A. Loza // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2022. – № 11(305). – S. 40-43. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-11-40-43. – EDN YCEUQE.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 89066486088@mail.ru

Каширин Дмитрий Евгеньевич, д-р техн. наук, доцент, зав. каф. электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kadm76@mail.ru

Ульянов Вячеслав Михайлович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, mcsrgatu@yandex.ru

Бочков Павел Эдуардович, аспирант кафедры электроснабжения, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, pav.bochkov@yandex.ru

Author information

Borychev Sergej N., Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Kashirin Dmitrij E., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Power Supply. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Ul'yanov Vyacheslav M., Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Bochkov Pavel E., Postgraduate Student. «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»

Статья поступила в редакцию 25.02.2023; одобрена после рецензирования 09.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 25.02.2023; approved after reviewing 09.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 121-129
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 121-129

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
DOI: 10.36508/RSATU.2023.23.55.016

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА НА ВИТАМИННЫЙ КОРМ

Вендин Сергей Владимирович¹, Саенко Юрий Васильевич²✉, Широков Михаил Сергеевич³

^{1, 2, 3} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³97shirokov@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В современных экономических условиях продукция животноводства должна обладать высоким качеством, быть дешевой, не зависеть от зарубежного сырья. Стоимость и качество кормов оказывают одно из основных влияний на производство животноводческой продукции. Чтобы обогатить корма натуральными витаминами, можно добавлять в них пророщенное зерно. На производстве зерно проращивают в грядках, осуществляя периодическое его орошение и переворачивание. В статье приведена экспериментальная модульная установка непрерывного действия для проращивания зерна. Описано устройство и принцип работы установки. С помощью предложенной установки можно проращивать зерно в необходимых объемах при минимальных затратах на освещение и минимальном расходе воды на увлажнение массы.

Цель исследований – изучение влияния дозы искусственного освещения на скорость проращивания и химический состав пророщенного зерна сои и люпина.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели была изготовлена установка для проращивания зерна, в которой в процессе проращивания семена освещались фитолампой. В данном эксперименте меняли длительность освещения семян. Исследования проводили на зернах сои и люпина.

Результаты. При проращивании зерен люпина в течение пяти суток средняя скорость увеличения длины ростков составила 8,4 мм/сут. При аналогичном времени проращивания семян сои средняя скорость увеличения длины ростков составила 3,34 мм/сут. По результатам проведенного химического анализа люпина можно отметить, что повысилось содержание сырого протеина и клетчатки на 2,3 и 2,38 % соответственно. В результате проращивания химический состав сои изменился – увеличилось содержание сырого протеина в сухом веществе и сырой клетчатки соответственно на 4,23 % и 2,07 %.

Заключение. Представлено общее устройство и принцип работы экспериментальной установки для проращивания зерна, приведены результаты исследований по влиянию длительности освещения на длину ростков, записаны результаты определения химического состава непророщенных и пророщенных зерен сои и люпина.

Ключевые слова: установка для проращивания зерна, освещение, длина ростков

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С. Результаты работы установки для проращивания зерна // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С.121-129 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.23.55.016>

Original article

RESULTS OF THE GRAIN GERMINATION PLANT OPERATION FOR VITAMIN FOOD

Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Saenko²✉, Mikhail S. Shirokov³

^{1, 2, 3} Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, Russia

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

© Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., 2023 г.



³97shirokov@rambler.ru

Abstract.

The problem and the goal. In modern economic conditions, livestock products should be of high quality, be cheap and not depend on foreign raw materials. The cost and quality of feed have one of the main influences on the production of livestock products. To enrich the feed with natural vitamins, you can add sprouted grain to them. In production, grain is germinated in ridges, carrying out its periodic irrigation and overturning. An experimental modular installation for continuous grain germination is presented. The device and the principle of operation of the installation are described. With the help of the proposed installation, it is possible to germinate grain in the required volumes with minimal lighting costs and minimal water consumption for moistening the mass. The aim of the research to study the effect of artificial lighting dose on the germination rate and chemical composition of sprouted soybean and lupine grains.

Materials and methods. To achieve this goal, a grain germination plant was manufactured in which seeds were illuminated with a phytolamp during germination. In this experiment, the duration of seed illumination was changed. The studies were carried out on soy and lupin grains.

Results. When germinating lupin grains for five days, the average rate of increase in the length of the shoots was 8.4 mm / day. With a similar time of germination of soybean seeds, the average rate of increase in the length of sprouts was 3.34 m / day. According to the results of the chemical analysis of lupin, it can be noted that the content of crude protein and fiber increased by 2.3 and 2.38%, respectively. As a result of germination, the chemical composition of soy has changed, so the content of crude protein in dry matter and crude fiber has increased by 4.23% and 2.07%, respectively.

Conclusion. The general structure and principle of operation of the experimental plant for germination of grain are presented, the results of studies on the effect of the duration of illumination on the length of sprouts are presented, the results of determining the chemical composition of grains of unrooted and sprouted soybeans and lupine are recorded.

Key words: grain germination plant, lighting, length of sprouts

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Shirokov M.S. Results of the grain germination plant operation // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023 Vol. 15, No. 1 P121-129 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.23.55.016>

Введение

Производство кормов и кормовых добавок – важнейшая отрасль сельского хозяйства. Корма – это важнейший фактор получения продукции животноводства. Корма представляют собой смесь подготовленного сырья как растительного, так и животного происхождения. Вещества, которых не достаёт в кормах, восполняют в рационах введением кормовых добавок. Кормовые добавки не являются существенными источниками энергии, они повышают усваивание различных компонентов корма, улучшают процессы пищеварения.

Промышленное выращивание скота, свиней, птицы базируется на использовании сбалансированных полноценных кормов. Но при концентратном типе кормления сложно обеспечить потребность животных и птицы в естественном белке, питательных и минеральных веществах и витаминах. Дефицит этих веществ приводит к снижению иммунитета животных и птицы, нарушая развитие молодняка, к повышению заболеваемости, снижению эффективности производства. В то же время в процессе эволюции животные и птицы приспособились к поеданию зелёной массы растений, получая необходимые для жизни вещества [1]. Исследования, проводимые отечественными и зарубежными учеными, показали, что пророщенное зерно содержит большое количество белков, минералов, витаминов, аминокислот, антиоксидантов. Поэтому применение пророщенного зерна в рационе кормления животных и птицы позволяет вводить недостающие естественные витамины и минералы и другие полезные компоненты [1, 2]. Свежее пророщенное зерно обладает высокой влажностью – 54-56 %, поэтому его необходимо

выдать животным через 2-2,5 часа после прекращения проращивания. Чтобы сократить время между проращиванием зерна и его выдачей животным, нужно зерно проращивать на животноводческом комплексе, или рядом с ним на отдельном предприятии.

Основная часть

Отметим, что на интенсивность роста и развития зерна оказывают влияние многочисленные внешние факторы, которые можно представить тремя группами: освещенность, питательная среда, температура воздуха и воды [3, 4, 5]. При этом для проращивания зерна применяют разнообразные технологии и установки различных конструкций периодического и непрерывного действия [6]. Основные требования, предъявляемые к установкам для проращивания зерна, состоят в следующем.

1. Обеспечить высокую механизацию процесса проращивания зерна [6, 7, 8].

2. Обеспечить возможность перемешивания зерна для предупреждения загнивания.

3. Обеспечить обеззараживание питательной среды (воды) от вредной микрофлоры и бактерий, регулирование подачи и слива питательной среды (воды).

4. Обеспечить регулирование освещения при проращивании зерна.

5. Снижать и экономить эксплуатационные затраты.

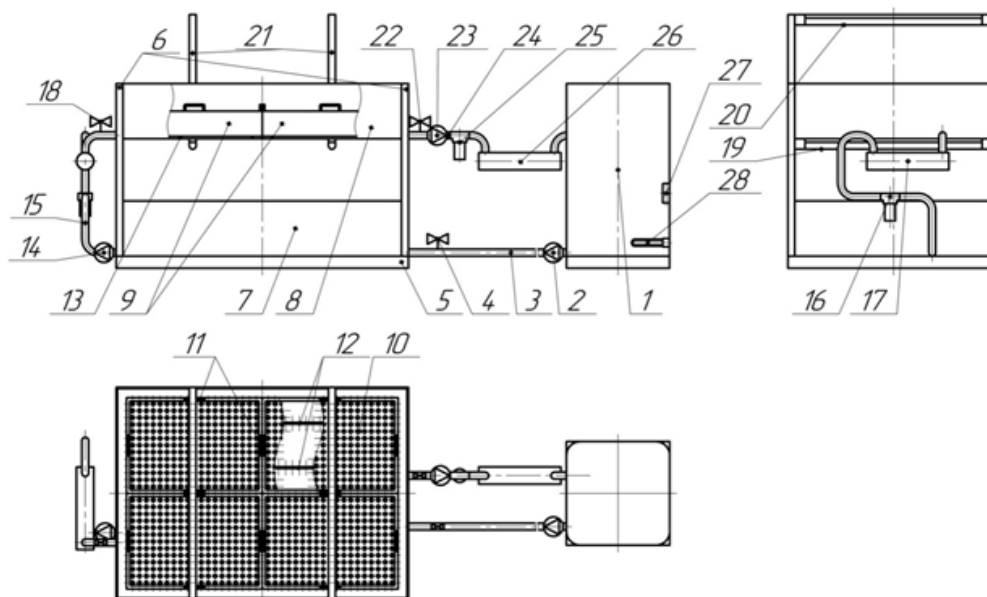
Ниже представлено описание установки для проращивания зерна, разработанной в Белгородском ГАУ [7]. Технологическая схема установки показана на рисунке 1, а общий вид экспериментальной установки – на рисунке 2.



Предложенная установка для проращивания зерна выполнена из следующих составляющих частей, которые смонтированы на раме. Основные части, в которых осуществляют проращивание, – это ванны, которые расположены одна над другой. В ваннах размещены решета, на которых раскладывают зерно для проращивания. Накапливают и подогревают воду в отдельной емкости. В емкости для воды установлен трубчатый электронагреватель. Между емкостью для воды и ваннами уста-

новлены насос для циркуляции воды, фильтр для удаления механических примесей, ультрафиолетовый стерилизатор для обеззараживания воды. Над ваннами смонтированы лампы. Установлен барботер для подачи воздуха в воду. Чтобы поддерживать необходимый уровень в ваннах, применены клапаны.

Установка для проращивания зерна приведена на рисунке 1.



- 1 – ёмкость для воды; 2, 14, 23 – насос; 3, 15, 24 – трубопровод; 4, 18, 22 – кран;
 5 – основание установки; 6 – опоры боковые; 7 – ванна нижняя; 8 – ванна верхняя;
 9 – емкость для проращивания зерна; 10 – лист перфорированный; 11 – ручки; 12, 13 – барботеры;
 16, 25 – фильтр механической очистки; 17, 26 – УФ-стерилизатор; 19, 20 – лампы искусственного освещения;
 21 – опора для ламп; 27 – датчик температуры; 28 – ТЭН

Рис. 1 – Установка для проращивания зерна

- (1 - water tank; 2, 14, 23 - pump; 3, 15, 24 - pipeline; 4, 18, 22 - crane;
 5 - installation base; 6 - side supports; 7 - bottom bath; 8 - top bath;
 9 - container for germinating grain; 10 - perforated sheet; 11 - handles; 12, 13 - bubblers;
 16, 25 - mechanical cleaning filter; 17, 26 - UV sterilizer; 19, 20 - artificial lighting lamps; 21 - support for lamps;
 27 - temperature sensor; 28 - heater)
 (Fig. 1 - Grain Germination plant)

Работа установки для проращивания зерна протекает так. Зерно, которое планируют проращивать, с целью обеззараживания помещают на полчаса в раствор перманганата калия. Затем зерно раскладывают на решета, которые размещают в верхней и нижней ванне. С целью очистки от механических примесей воду пропускают через фильтрующий элемент. Для очистки воды от бактериальных примесей осуществляют обработку воды ультрафиолетовым стерилизатором. Далее открывают нижний кран и через трубопровод насосом воду подают в ванну, расположенную ниже. После этого закрывают кран. После замачивания зерна в нижней ванне в течение 2,5-3 часов открывают краны и с помощью насоса воду с нижней ванны направляют через механический фильтр и ультрафиолетовую обработку в верхнюю ванну

[9, 10]. В верхней ванне также осуществляют замачивание водой зерна. Очистку воды применяют, чтобы объем воды можно было использовать многократно, осуществлять экономию природного ресурса. Долив воды в систему извне незначителен и связан с тем, что зерно впитывает воду, а также вода испаряется.

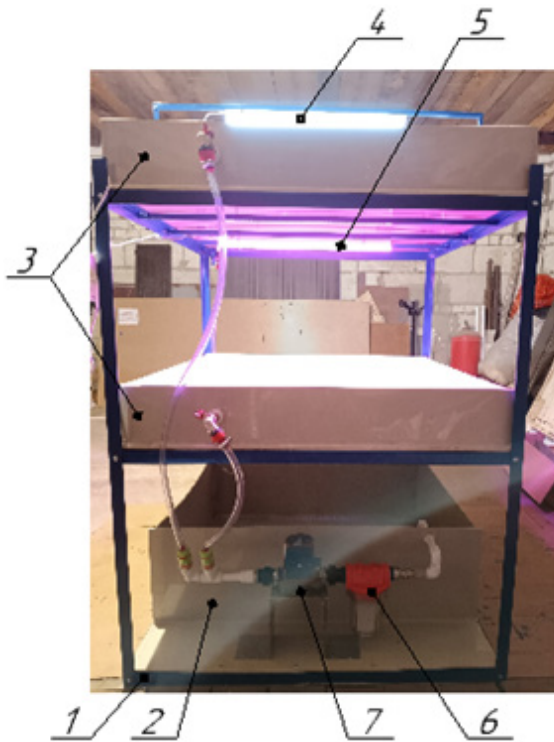
При закладывании партии зерна на проращивание в течение двух суток к зерну подают воду, но не освещают зерновку. Затем после появления ростков добавляют освещение и в течение пяти суток осуществляют подачу воды, т.е. замачивают зерно и освещают с помощью фитоламп.

Техническая характеристика предложенной установки для проращивания зерна представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика предложенной установки для проращивания зерна

Показатели	Значения
Габаритные размеры, мм	1000x1000x1600
Рабочая площадь верхней и нижней ванны, м ²	0,89+0,89=1,78
Марка и мощность ламп, Вт	1.Светильник для растений GAUSS Fito 8W 220lm 175-265V IP20 561x25x37мм, фиолетовый спектр LED 1/25 130411908 2.Линейный светильник ЭРА LED LLED-01-08W-6500-W Б0033304
Мощность циркуляционного насоса, Вт	72
Суточное энергопотребление, кВт ч	0,228
Производительность установки, кг/сут.	4,806
Масса установки, кг	58

На рисунке 2 изображена предложенная экспериментальная установка для проращивания зерна.



1 – каркас установки; 2 – ванна для воды; 3 – ванны для проращивания; 4 – светодиодная лампа (6400K); 5 – светодиодная фитолампа; 6 – фильтр предварительной очистки; 7 – насос

Рис. 2 – Экспериментальная установка для проращивания зерна

(1 - installation frame; 2 - bath for water; 3 - baths for germination; 4 - LED lamp (6400K); 5 - LED phytolamp; 6 - pre-filter; 7 – pump)

(Fig. 2 - Experimental plant for grain germination)

Прорастание зерна зависит от множества факторов, в том числе от самого зерна, а также факто-

ров среды. В естественной среде – земле – зерна растут без доступа света, затем, когда росток появляется на поверхности земли, на него попадает солнечный свет. Под влиянием солнечного света и зеленого вещества листа растения (хлорофилла) осуществляется накопление углеводов из углекислоты воздуха. Накопление происходит с образованием листьев и плодов. Процесс называется фотосинтезом. Зимой, когда солнечные лучи падают на землю под малым углом и несут малое количество энергии, длина светового дня малая, для роста листьев интенсивности солнечного света недостаточно. В этом случае солнечный свет можно дополнить, то есть осуществлять досвечивание культуры, или заменить искусственным освещением. Чтобы снизить энергозатраты на освещение, целесообразно применять досвечивание [4, 6, 10].

Сегодня имеется большое разнообразие источников освещения, спектр излучения которых приближен к спектру солнца. В литературе авторы не имеют единого мнения об интенсивности и длительности освещения светокультуры. Интенсивность и длительность освещения, а также спектр выбирают с учетом самих растений, которые отличаются оптическими свойствами. Далее записаны результаты проведенных исследований по определению влияния суточного освещения на скорость появления ростков у зерен сои и люпина.

При появлении ростков в зернах люпина и сои в качестве воздействующего фактора выбрали длительность освещения зерен фитолампой. При проращивании зерна наибольшую кормовую ценность имеет зеленая масса, которая образована ростками. При оценке массы возможна некоторая неточность, которая связана с наличием свободной влаги, которую можно измерить как массу пророщенного зерна. Поэтому оценивать качество роста зерна будем по длине ростков через пять суток.

Уровни варьирования воздействующего фактора представлены в таблице 2.



Таблица 2 – Уровни варьирования факторов

Наименование фактора	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Длительность освещения зерна, Т, часов/сут.	4	6	8	2

Перед проведением эксперимента зерно выдерживали в растворе перманганата калия в течение получаса, после этого в течение двух суток держали в темноте. Затем зерно размещали на решетках, заливали водой для набухания зерна. После раскладывания на решетках зерна его освещают фитолампой GAUSS Fito 8W 220lm 175-265V мощностью 8 Вт. Фитолампа излучает свет, в котором 23 % излучаемой энергии приходится на синюю и 77 % на красную части спектра. Светильник с лампой размещен на высоте 30 см от зерна. Когда лампа была выключена, зерна находились в полной темноте.

Увлажнение зерна осуществляли следующим образом. Два с половиной-три часа зерна были в воде и набухали, затем воду сливали и пять часов зерна были без воды. Длительность проращивания зерна составляла пять суток.

Согласно методике проведения экспериментов, выделялись три основных этапа.

1. Выдерживание зерна без света только с замачиванием и извлечением из воды в течение двух суток.

2. Проращивание зерна с применением замачивания и освещения [11]. Время проращивания пять суток.

3. Ежедневное измерение длины ростков в течение пяти суток.

Непосредственно при проращивании зерно помещалось в ванну для проращивания и располагалось на решетках (рис. 2), чтобы исключить проникновение солнечного света. В верхней части размещали светодиодную лампу. Лампу 3 подключали к сети. Решета с зерном располагали на дне ванной. Температура воздуха при проращивании составляла 21-22° С. В каждом опыте было заложено сто зерновок [12].

Согласно плану эксперимента, проращивание ста зерен проводили при суточном времени освещения 4 часа, затем проращивание ста зерен при суточном времени освещения 6 часов и еще проращивание ста зерен при суточном времени освещения 8 часов. Таким образом проращивали триста зерен сои и триста зерен люпина. В конце дня измеряли длину ростков. При каждом времени освещения ста образцов вычисляли среднюю длину ростков.

По результатам ежедневных измерений длины ростков зерна были определены средние значения. В таблице 3 представлены результаты проведения эксперимента с зернами сои.

Таблица 3 – Результаты проведения эксперимента с зернами сои

№	Время освещения зерна	Сутки от начала прорастания зерна					Удельная доза искусственного освещения, кДж/мм	Скорость роста, мм/сут, Θ
		1	2	3	4	5		
		Длина ростков зерна, l мм						
1	4 часа	3,3	5,7	9	11,7	13,5	2,67	2,7
2	6 часов	2,1	5	10,8	14,5	16,7	2,16	3,34
3	8 часов	4,4	7,5	10,2	13,1	14,9	2,42	2,98

На графике видно, что в первые и вторые сутки после начала проращивания самые высокие темпы роста – 3,75 мм/сут. – наблюдаются при длительности освещения зерна восемь часов в сутки. Затем на третьи, четвертые и пятые сутки наибольшие темпы роста – 3,63 мм – отмечают при освещении длительностью шесть часов в сутки. Средняя скорость развития ростков составляет 3,34 мм/сут. Удельная доза искусственного освещения составляла от 2,16 до 2,67 кДж/мм. Наименьшие удельные энергозатраты на освещение характерны при длительности суточного искусственного освещения зерна шесть часов и равны 2,16 кДж/мм.

На рисунке 3 изображен график зависимости длины ростков сои от времени освещения.

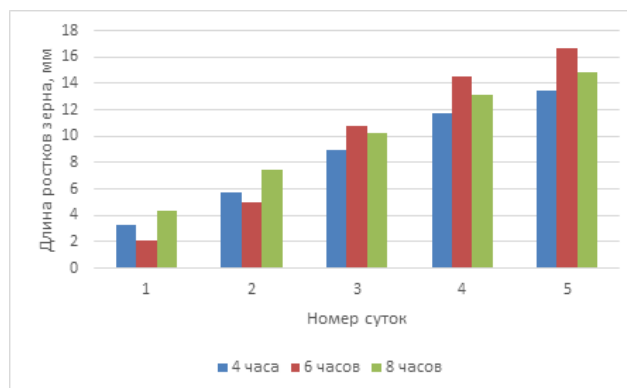


Рис. 3 – Зависимость длины ростков сои от времени освещения

(Fig. 3 - Dependence of the length of soybean sprouts on the lighting time)



При выполнении экспериментов по проращиванию зерна люпина наибольшая длина ростков наблюдалась при времени освещения в сутки восемь часов. На рисунке 4 представлена зависимость длины ростков люпина от начала проращивания (скорость роста).

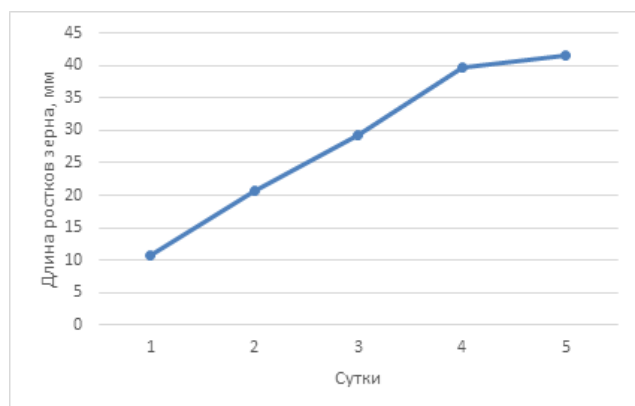


Рис. 4 – Зависимость длины ростков люпина от начала проращивания
(Fig. 4 - The dependence of the length of lupin sprouts on the beginning of germination)

За отрезок времени проращивания зерна люпина брали пять суток, длина ростков равна со-

рок два миллиметра при длительности освещения восемь часов в сутки. В течение четырех суток скорость роста составляет десять миллиметров в сутки, а затем стала меньше. За весь период средняя скорость роста составляет 8,4 мм/сут. По всей видимости, такая скорость роста связана с биологическими особенностями люпина. Значение удельных энергозатрат составило 0,86 кДж/мм.

Ростки пророщенного зерна обладают молочным цветом с добавлением зеленого, запах похож на запах сенажа. Сама зерновка имеет бежево-зеленый цвет.

Методика проведения эксперимента предусматривала определение в лаборатории химического состава образцов сои и люпина. Зерна передавали следующих видов: исходное влажностью 14 %, зерно после проращивания влажностью 54-56 % и пророщенное высушенное зерно влажностью 14 %. В лаборатории выполняли определение следующих показателей: влага, сухое вещество, сырая зола, сырой жир, сырой протеин, сырая клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), кальций, фосфор, калий, натрий, сахар, каротин.

Был приведен химический состав исходного зерна, пророщенного зерна, а также пророщенных и высушенных зерен сои и люпина. Результаты определения химического состава записаны в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав сои и люпина

Пере-счет	Вла-га, %	Сухое веще-ство, %	Сы-рая зо-ла, %	Сы-рой жир, %	Сы-рой про-теин, %	Сырая клет-чатка, %	БЭВ, %	Каль-ций, %	Фос-фор, %	Ка-лий %	Нат-рий, %	Са-хар, %	Каро-тин, мг/кг
Зерно сои													
п	9,1		4,84	19,08	36,59	5,46	24,93	0,214	0,589	1,623	0,094	4,94	3,74
с		90,9	5,42	20,99	40,25	6,01	27,42	0,235	0,648	1,786	0,103	5,43	
Зерно сои пророщенное													
п	68,14		1,81	6,83	13,85	5,31	4,06	0,161	0,233	0,515	0,032	1,84	4,78
с		31,86	5,67	21,44	43,46	16,67	12,74	0,505	0,731	1,617	0,099	5,79	
Зерно сои пророщенное высушенное													
п	47,35		3,23	10,56	23,42	4,25	11,19	0,162	0,390	1,049	0,054	3,11	4,58
с		52,65	6,13	20,05	44,48	8,08	21,25	0,307	0,740	1,992	0,103	5,91	
Зерно люпина													
п	10,6		4,07	11,46	30,77	9,85	33,25	0,285	0,497	1,128	0,077	5,45	17,47
с		89,4	4,55	12,82	34,42	11,02	37,19	0,319	0,556	1,262	0,086	6,1	
Зерно люпина пророщенное													
п	67,25		1,71	3,58	12,22	4,80	10,43	0,166	0,229	0,438	0,061	1,34	7,9
с		32,75	5,21	10,95	37,33	14,66	31,85	0,506	0,700	1,339	0,187	4,08	
Зерно люпина пророщенное высушенное													
п	58,52		2,15	4,65	15,24	5,56	13,88	0,206	0,313	0,547	0,082	2,03	15,39
с		41,48	5,19	11,2	36,72	13,40	33,46	0,496	0,755	1,318	0,197	4,89	



Результаты проведенных лабораторных анализов показывают, что в образцах пророщенной высушенной сои увеличивается содержание сырого протеина в сухом веществе на 4,23 %, повышается содержание сырой клетчатки на 2,07 %, и повышается содержание сахара на 0,48 %. Содержание элементов кальция, фосфора и натрия возросло незначительно, менее 0,2 %.

У зерна люпина стало больше сырого протеина и сырой клетчатки, соответственно на 2,3 и 2,38 %. Содержание элементов кальция, фосфора и натрия возросло незначительно, до 0,2 %.

Заключение

При проращивании зерен сои и люпина с использованием предложенной экспериментальной установки можно отметить следующее.

1. Разработана установка для проращивания зерна, которая позволяет обеспечить механизацию процесса проращивания зерна, обеспечить обеззараживание питательной среды (воды) от вредной микрофлоры и бактерий, регулировать подачу и слив питательной среды (воды), а также снижать потери и затраты воды на замачивание зерна (за счет ее повторного использования).

2. В первые и вторые сутки после начала проращивания зерна сои самые высокие темпы роста 3,75 мм/сут наблюдаются при длительности освещения зерна восемь часов в сутки. После, на третьи, четвертые и пятые сутки наибольшие темпы роста 3,63 мм отмечают при освещении длительностью шесть часов в сутки. Средняя скорость развития ростков составляет 3,34 мм/сут. Удельная доза искусственного освещения составляла от 2,16 до 2,67 кДж/мм. Наименьшие удельные энергозатраты на освещение характерны при длительности суточного искусственного освещения зерна шесть часов и равны 2,16 кДж/мм.

3. За отрезок времени проращивания зерна люпина брали пять суток; длина ростков - сорок два миллиметра при длительности освещения восемь часов в сутки. В течение четырех суток скорость роста составляла десять миллиметров в сутки, а затем стала меньше. За весь период средняя скорость роста составляет 8,4 мм/сут. По всей видимости, такая скорость роста связана с биологическими особенностями люпина. Значение удельных энергозатрат составило 0,86 кДж/мм.

4. Ростки пророщенного зерна обладают молочным цветом с добавлением зеленого, запах похож на запах сенажа. Сама зерновка имеет бежево-зеленый цвет. Результаты проведенных лабораторных анализов показывают, что в образцах пророщенной высушенной сои увеличивается содержание сырого протеина в сухом веществе на 4,23 %, повышается содержание сырой клетчатки на 2,07 % и повышается содержание сахара на 0,48 %. У зерна люпина стало больше сырого протеина и сырой клетчатки соответственно на 2,3 и 2,38 %. Содержание элементов кальция, фосфора и натрия возросло незначительно, до 0,2 %.

Список источников

1. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов

научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней) / Г.С. Походня. – Белгород. – 2009. – 68 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>

2. Бахарев Г.Ф. Исследование процесса суточного проращивания зерна на корм животным / Г.Ф. Бахарев, Л.И. Дролова, Л.Н. Емельянова // Достижение науки и техники. — 2007. №1. — С. 30-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10293109>

3. Кунце, В. Технология солода и пива / Пер. с нем. / Г.О. Мит. — Санкт Петербург: Профессия, 2001. — 153 с. URL: https://beermz.ru/Tehnologiya_soloda_i_piva.pdf

4. Бахарев Г.Ф. Обоснование схемы биоактиватора фуражного зерна с вертикальным перемещающимся барабаном / Г.Ф. Бахарев, Л.И. Дролова, А.П. Цегельник // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири Материалы Международной научно-технической конференции. р.п. Краснообск, 2019. - с. 9-12. URL: <http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%9E%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%90%D0%9F%D0%9A%D0%A1%D0%B8%D0%B12019.pdf>

5. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. -М.: ИППО; «Академия», 2000. - 416 с. URL: https://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2015/08/ermolaeva_g_a_kolcheva_p_a_tehnologiya_i_oborudovanie_proizv.pdf

6. Вендин С.В. Технология и оборудование для получения и подготовки пророщенного зерна на корм животным / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, К.В. Казаков, В.Ю. Страхов, М.С. Широков. - Москва; Белгород: ООО «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2021. - 204 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47368374>

7. Пат. 2741111 С1 А01С 1/00 (2006.01) Установка для проращивания зерна / Вендин С.В., Саенко Ю.В., Походня Г.С., Широков М.С., Путиенко К.Н., Страхов В.Ю. Правообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина. Заявка 2020125788 от 28.07.2020 Опубликовано от 22.01.2021 г. Бюл. №3. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

8. Пат. 2558219 Российская Федерация С1 А01К5/00 (2006.01) Технологическая линия для проращивания и введения в комбикорм пророщенного зерна / Саенко Ю.В., Булавин С.А., Макаренко А.Н., Ивченко А.Н., Юдин А.И., Федорчук Е.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА имени В.Я. Горина. - № 2014103764/13; заявл. 02.04.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21. - 11 с. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

9. Пат. 2787703 С1, А01С 1/02 (2006.01), А01С 1/02 (2022.08). Технологическая линия непрерывного проращивания зерна Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю., Мартынов Е.А. Правообладатель ФГБОУ ВО Белгородский



ГАУ им. В.Я. Горина. Заявка № 2022104652 от 21.02.2022, опублик. 11.01.2023 г. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

10.Сафронова Т.Н. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы / Т.Н. Сафронова, В.В. Казина, К.В. Сафронова // Food Processing: Techniques and Technology. 2017. Vol 44. No1. С 37-42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologicheskikh-parametrov-proraschivaniya-zerna-pshenitsy-1/viewer>

11.Путилова Т.А. Оптические свойства гидронных растворов в бактерицидном спектре ультрафиолетового излучения// МАТЕРИАЛЫ L Международной научно-технической конферен-

ции «достижения науки – агропромышленному производству» с. 14-17. URL: https://iourpau.ru/upload/iblock/551/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F%202011%20_%2087%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%206.pdf

12.Юдин Ю. В. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / Ю. В. Юдин, М. В. Майсурадзе, Ф. В. Водолазский. — Екатеринбург : Уральский университет, 2018. — 124 с. URL: https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Pohodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy: Sbornik nauchnyh trudov nauchnoj shkoly professora G.S. Pohodni (Special'nyj vypusk №2: Ispol'zovanie proraschennogo zerna v racionah svinej) / G.S. Pohodnya. – Belgorod. – 2009. – 68 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23725858>

2.Baharev G.F. Issledovanie processa sutochnogo proraschivaniya zerna na korm zhivotnym / G.F. Baharev, L.I. Drolova, L.N. Emel'yanova // Dostizhenie nauki i tekhniki. — 2007. №1. — S. 30-31.. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10293109>

3.Kunce, V. Tekhnologiya soloda i piva / Per. s nem. / G.O. Mit. — Sankt Peterburg: Professiya, 2001. — 153 s. URL: https://beermmz.ru/Tekhnologiya_soloda_i_piva.pdf

4.Baharev G.F. Obosnovaniye skhemy bioaktivatorafurazhnogo zernasvertikal'nym perevorachivayushchimsya barabanom/ G.F. Baharev, L.I. Drolova, A.P. Cegel'nik // Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie APK Sibiri Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. r.p. Krasnoobsk, 2019. - s. 9-12. URL: <http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%9E%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%90%D0%9F%D0%9A%D0%A1%D0%B8%D0%B12019.pdf>

5.Ermolaeva, G.A. Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogol'nyh napitkov / G.A. Ermolaeva, R.A. Kolcheva. -M.: IRPO; «Akademiya», 2000. - 416 s. URL: https://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2015/08/ermolaeva_g_a_kolcheva_p_a_tekhnologiya_i_oborudovanie_proizv.pdf

6.Vendin S.V. Tekhnologiya i oborudovanie dlya polucheniya i podgotovki proraschennogo zerna na korm zhivotnym / S.V. Vendin, YU.V. Saenko, K.V. Kazakov, V.YU. Strahov, M.S. SHirokov. - Moskva; Belgorod: OOO «Izdatel'skoknigotorgovyj centr «Kolos-s», 2021. - 204 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47368374>

7.Pat. 2741111 S1 A01C 1/00 (2006.01) Ustanovka dlya proraschivaniya zerna / Vendin S.V., Saenko YU.V., Pohodnya G.S., SHirokov M.S., Putienko K.N., Strahov V.YU. Pravoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU im. V.YA. Gorina. Zayavka 2020125788 ot 28.07.2020 Opublikovano ot 22.01.2021 g. Byul. №3. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

8.Pat. 2558219 Rossijskaya Federaciya S1 A01K5/00 (2006.01) Tekhnologicheskaya liniya dlya proraschivaniya i vvedeniya v kombikorm proraschennogo zerna / Saenko YU.V., Bulavin S.A., Makarenko A.N., Ivchenko A.N., YUdin A.I., Fedorchuk E.G.; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Belgorodskaya GSKHA imeni V.YA. Gorina. - № 2014103764/13; zayavl. 02.04.2014; opubl. 27.07.2015, Byul. № 21. - 11 s. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

9.Pat. 2787703 S1, A01C 1/02 (2006.01), A01C 1/02 (2022.08). Tekhnologicheskaya liniya nepreryvnogo proraschivaniya zerna Vendin S.V., Saenko YU.V., SHirokov M.S., Strahov V.YU., Martynov E.A. Pravoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU im. V.YA. Gorina. Zayavka № 2022104652 ot 21.02.2022, opubl. 11.01.2023 g. URL: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

10.Safronova T.N. Razrabotka tekhnologicheskikh parametrov proraschivaniya zerna pshenicy / T.N. Safronova, V.V. Kazina, K.V. Safronova // Food Processing: Techniques and Technology. 2017. Vol 44. No1. С 37-42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologicheskikh-parametrov-proraschivaniya-zerna-pshenitsy-1/viewer>

11.Putilova T.A. Opticheskie svoystva gidronnyh rastvorov v baktericidnom spektre ul'trafiioletovogo izlucheniya// MATERIALY L Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» s.14-17. URL: https://iourpau.ru/upload/iblock/551/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F%202011%20_%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%206.pdf



12. Yudin YU. V. *Organizaciya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta : uchebnoe posobie* / YU. V. YUdin, M. V. Majsuradze, F. V. Vodolazskij. — Ekaterinburg : Ural'skij universitet, 2018. — 124 s. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65224/1/978-5-7996-2486-6_2018.pdf?ysclid=I95h6valw5507859833

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Вендин Сергей Владимирович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, elaprk@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, yuriy311300@mail.ru

Широков Михаил Сергеевич, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе инженерного факультета Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 97shirokov@rambler.ru

Author Information

Vendin Sergey V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, elaprk@mail.ru

Sayenko Yuri V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, yuriy311300@mail.ru

Shirokov Mikhail S. Postgraduate student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness of the Faculty of Engineering Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 97shirokov@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 09.02.2023; одобрена после рецензирования 22.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 22.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 130-135
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 130-135

Научная статья
УДК 631.33.022.6
DOI: 10.36508/RSATU.2023.69.28.017

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ЛЬНА

Алексей Андреевич Захаров¹, Николай Петрович Ларюшин², Александр Васильевич Шуков³✉, Ринат Рафаилович Девликамов⁴, Татьяна Александровна Кирюхина⁵

^{1,2,3,4,5} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия

¹ leshazaxarow2@yandex.ru

² larushinnp@mail.ru

³ Sashka-shukov@yandex.ru

⁴ devlikamov.r.r@pgau.ru

⁵ kiryuhina.t.a@pgau.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье представлена методика и некоторые результаты лабораторных исследований по влиянию работы экспериментального высевающего аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян, на раскладку посевного материала на протяжении всей длины борозды, образованной сошником (неравномерность раскладки соседних семян по длине борозды).

Методология. Исследования экспериментального высевающего аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для посева мелкосеменных культур (на примере семян льна сорта «Северный»), для определения рациональных значений его конструктивных и режимных параметров проведены при помощи лабораторной установки, смонтированной на канале с почвой.

Результаты. В статье представлены результаты лабораторных исследований в виде графических зависимостей, показывающих непосредственное влияние не только конструктивных, но и режимных параметров работы высевающего аппарата (высота зуба шайбы, площадь выходного отверстия направителя семян, частота вращения шайбы с мелкозубчатым профилем) на раскладку семян льна сорта «Северный» по длине бороздки (неравномерность распределения семян по длине борозды).

Заключение. Анализ данных, полученных в ходе проведения лабораторных исследований, позволил определить оптимальные значения факторов: площади выходного отверстия направителя семян (S), частоты вращения шайбы с мелкозубчатым профилем (n), высоты зуба шайбы (h), оказывающих наибольшее влияние на неравномерность раскладки соседних семян мелкосеменных культур по длине борозды.

Ключевые слова: шайба с мелкозубчатым профилем, высевающий аппарат, мелкосеменные культуры, семена, сеялка

Для цитирования: Захаров А.А., Ларюшин Н.П., Шуков А.В., Девликамов Р.Р., Кирюхина Т.А. Лабораторные исследования высевающего аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для посева семян льна // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023 Т15, №1. С 130- 135 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.69.28.017>

Original article

LABORATORY STUDIES OF A SEEDING APPARATUS FOR SOWING FLAX SEEDS

Alexey Andreevich Zakharov¹, Nikolai Petrovich Laryushin², Alexander Vasilyevich Shukov³✉, Rinat Rafailovich Devlikamov⁴, Tatiana Aleksandrovna Kiryukhina⁵

^{1,2,3,4,5} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Agrarian University», Penza, Russia

¹ leshazaxarow2@yandex.ru

² larushinnp@mail.ru



³ Sashka-shukov@ yandex.ru

⁴ devlikamov.r.r@pgau.ru

⁵ kiryuhina.t.a@pgau.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article presents the methodology and some results of laboratory studies on the effect of the work of an experimental seeding apparatus made in the form of a washer with a fine-toothed profile and a seed guide on the layout of the seed material along the length of the furrow or the sowing step (uneven distribution of seeds along the length of the furrow).

Methodology. Studies of an experimental seeding apparatus made in the form of a washer with a fine-toothed profile and a seed guide for sowing small-seeded crops on the example of flax seeds of the "Severny" variety to determine its rational values of design and operating parameters were carried out using a laboratory installation mounted on a channel with soil.

Results. The article presents the results of laboratory studies in the form of graphical dependencies showing the influence of the design and operating parameters of an experimental seeding apparatus made in the form of a washer with a fine-toothed profile and a seed guide for sowing small-seed crops (the area of the outlet of the seed guide, the rotation frequency of the washer with a fine-toothed profile, the height of the tooth of the washer) and their effect on the layout of flax seeds of the variety "Northern" along the length of the furrow (uneven distribution of seeds along the length of the furrow).

Conclusion. After analyzing the data obtained during laboratory studies, we determined the optimal values of the factors (the area of the outlet of the seed guide (S), the rotation frequency of the washer with a fine-toothed profile (n), the height of the tooth of the washer (h)) that have the greatest impact on the uneven distribution of seeds along the length of the furrow.

Key words: washer with a fine-toothed profile, seeding machine, small-seeded crops, seeds, seeder

For citation: Zakharov A.A., Laryushin N.P., Shukov A.V., Devlikamov R.R., Kiryukhina T.A. Laboratory studies of a seeding apparatus for sowing flax seeds // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023 Vol. 15, No. 1 P 130-135 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.69.28.017>

Введение

При работе высевальных аппаратов различных конструкций для посева мелкосеменных культур наблюдаются следующие недостатки: неравномерный по времени поток высеваемых семян; неудовлетворительная раскладка семян по длине бороздки; снижение устойчивости общей нормы высева; высокое травмирование посевного материала [1].

В связи с этим учеными ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ разработана и изготовлена конструкция экспериментального высевального аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян (Заявка № 2022119989 от 20.07.2022). При использовании высевального аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян, получен следующий результат: снижается утечка семян из коробки высевального аппарата; автоматически поддерживается уровень семян около шайбы с мелкозубчатым профилем; снижаются трудозатраты, необходимые для работ при смене семян разных культур; обеспечивается универсальность катушечного высевального аппарата; повышается качество высева семян. Все это приведет к повышению урожайности мелкосеменных культур [2,3].

Методы исследования

Методы при исследовании работы высевального аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для высева семян льна, разрабатывались на основе общепринятых методик и ГОСТов с применением экспериментальной лабораторной установки, смонтированной на канале с почвой (рис. 1) [4-8].

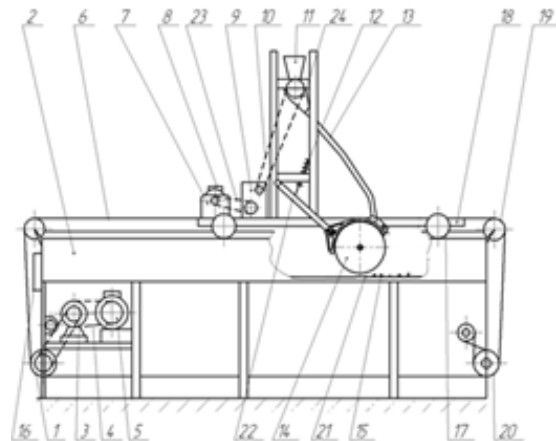


Рис. 1 – Схема лабораторной установки

- 1, 20 – система блоков; 2 – канал с почвой; 3 – цилиндрический редуктор; 4, 10, 23 – приводные цепи; 5, 8 – электродвигатели; 6 – трос; 7 – цепной привод; 9 – вариатор привода высевального аппарата; 11 – ящик для семян; 12 – пружина сжатия; 13 – семяпровод; 14 – сошник; 15 – семена; 16 – пульт управления установкой; 17 – направляющая тележки; 18 – тележка; 19 – шкив; 21 – липкий щит; 22 – крепление двухдискового сошника; 24 – экспериментальный высевальный аппарат, выполненный в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для высева семян льна
- (Fig. 1 - Scheme of a laboratory installation
1, 20 - a system of blocks; 2 - channel with soil; 3 - cylindrical gearbox; 4, 10, 23 - drive chains; 5, 8 - electric motors; 6 - cable; 7 - chain drive; 9 - variator of the drive of the sowing device; 11 - a box for seeds; 12 - compression spring; 13 - seed tube; 14 - opener; 15 - seeds; 16 - installation control panel; 17 - trolley guide; 18 - trolley; 19 - pulley; 21 - sticky shield; 22 - fastening of a double-disc coulter; 24 - experimental sowing device, made in the form of a washer with a fine-toothed profile and a seed guide for sowing flax seeds)



Лабораторная установка (рис. 1), смонтированная на канале с почвой (2), содержит тележку (18), на которую установлен ящик для семян (11) и исследуемая конструкция высевающего аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для высева семян льна (24). Механизм регулировки высоты установки сошника сеялки (14) содержит в себе пружину растяжения-сжатия (12) и поводок (22). С помощью электронного пульта управления тележка получает необходимое движение. Сошник сеялки (14) расположен над липким щитом, размеры которого составляют 1,0x0,5м (21) для сбора и фиксации посевного материала [9-11].

Результаты

По результатам проведенного многофакторного эксперимента получили графические зависимости, показывающие непосредственное влияние не только конструктивных, но и режимных параметров работы высевающего аппарата, изготовленного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем и направителем семян для посева семян мелкосеменных культур (высота зуба шайбы, площадь выходного отверстия направителя семян, частота вращения шайбы с мелкозубчатым профилем) на снижение неудовлетворительной раскладки семян льна сорта «Северный» по длине бороздки (неравномерность распределения семян по длине борозды). Уравнение зависимостей $y=f(S,n,h)$ в раскодированном виде имеет вид:

$$y = 420,31 - 1,14 \cdot S - 1,05 \cdot n + 0,53 \cdot h - 0,0032 \cdot S \cdot n - 0,011 \cdot S \cdot h + 0,1125 \cdot n \cdot h + 0,001 \cdot S^2 + 0,09 \cdot n^2 + 0,69 \cdot h^2$$

После изучения и решения данного уравнения построили графические интерпретации (двумерные сечения), показывающие зависимости исследуемых факторов (площадь выходного отверстия направителя семян (S), частота вращения шайбы с мелкозубчатым профилем (n), высота зуба шайбы (h)), влияющих на коэффициент вариации равномерности распределения семян мелкосеменных культур, на примере льна сорта «Северный», по длине бороздки (рисунки 2, 3, 4).

Изучив и проанализировав двумерное сечение (рис. 2), определили интервалы исследуемых величин: площадь выходного отверстия направителя семян ($S=640-690\text{мм}^2$), частота вращения шайбы с мелкозубчатым профилем ($n=13-19\text{ мин}^{-1}$). При этом параметр оптимизации (коэффициент вариации v) составил 34 % (по требованию СТО АИСТ 5.6-2010 $v=25-45\%$).

Изучив и проанализировав двумерное сечение (рис. 3), определили интервалы исследуемых величин: высота зуба шайбы ($h=2,5-4,4\text{мм}$), частота вращения шайбы с мелкозубчатым профилем ($n=13,5-18,5\text{ мин}^{-1}$). При этом параметр оптимизации (коэффициент вариации v) составил 33 %.

Изучив и проанализировав двумерное сечение (рис. 4), определили интервалы исследуемых величин: высота зуба шайбы ($h=3,3-3,9\text{мм}$), площадь выходного отверстия направителя се-

мян ($S=665-675\text{мм}^2$) При этом параметр оптимизации (коэффициент вариации v) составил 33 %.

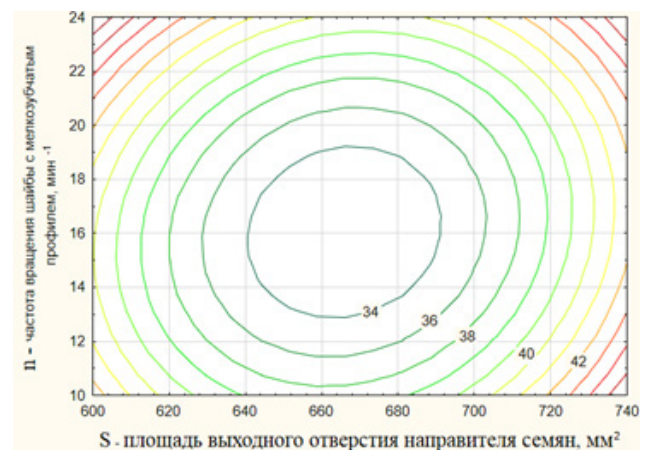


Рис. 2 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость неравномерности распределения семян по длине борозды от площади выходного отверстия направителя семян (S) и частоты вращения шайбы с мелкозубчатым профилем (n)

(Fig. 2 - Two-dimensional section of the response surface, characterizing the dependence of the uneven distribution of seeds along the length of the furrow on the area of the outlet of the seed guide (S) and the speed of the washer with a fine-toothed profile (n))

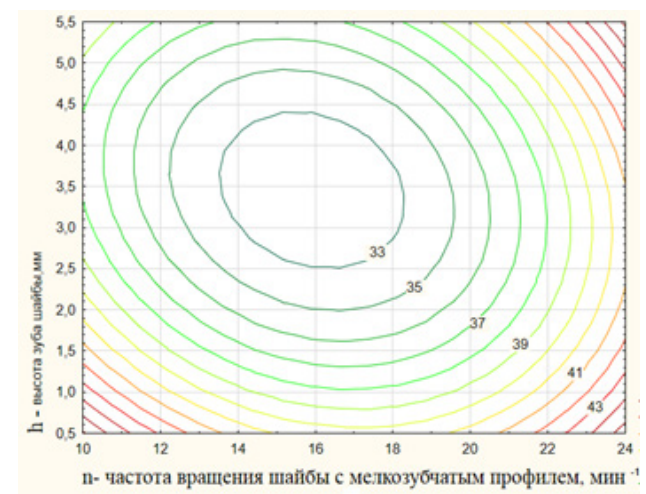


Рис. 3 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость неравномерности распределения семян по дну борозды от частоты вращения шайбы с мелкозубчатым профилем (n) и высоты зуба шайбы, мм (h)

(Fig. 3 - Two-dimensional section of the response surface, characterizing the dependence of the uneven distribution of seeds along the bottom of the furrow on the frequency of rotation of the washer with a finely toothed profile (n) and the height of the washer tooth, mm (h))

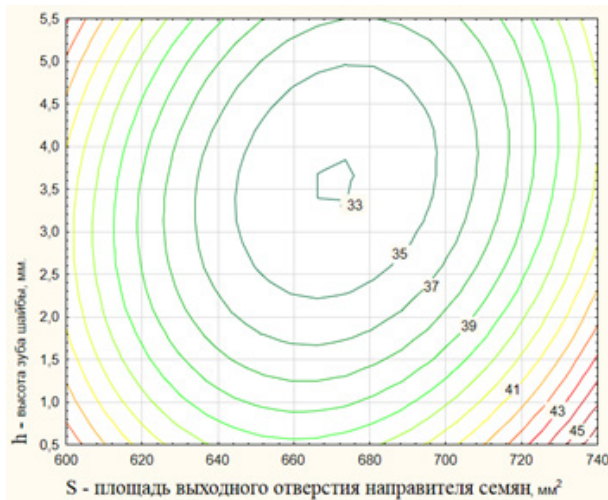


Рис. 4 – Двумерное сечение, характеризующее зависимость неравномерности распределения семян по дну борозды высоты зуба шайбы (h) и площади выходного отверстия направителя семян (S)

(Fig. 4 - Two-dimensional section characterizing the dependence of the uneven distribution of seeds along the bottom of the furrow, the height of the washer tooth (h) and the area of the outlet of the seed guide (S))

Заключение

По данным эксперимента, полученным при лабораторных исследованиях, нами определены оптимальные значения факторов: площади выходного отверстия направителя семян (S), частоты вращения шайбы с мелкозубчатым профилем (n), высоты зуба шайбы (h), оказывающих наибольшее влияние на неравномерность раскладки семян мелкосеменных культур по длине борозды: $S = 665-675 \text{ мм}^2$; $n = 13,5-18,5 \text{ мин}^{-1}$; $h = 3,3-3,9 \text{ мм}$, при этом параметр оптимизации (коэффициент вариации v) имеет минимальное значение 33 %.

Список источников

1. Посевные машины. Теория, конструкция, расчёт / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. – 292 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23739418>
2. Конструкция катушечного высевачного аппарата сеялки для посева зерновых культур / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Т. А. Кирюхина, А. В. Абакумов // Нива Поволжья. – 2019. – № 1(50). – С. 109-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37109436>
3. Лабораторные исследования высевачного аппарата зерновой сеялки с перегородками желобков, наклоном ребер и желобков секционной катушки / А. Ю. Вершигоров, Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, А. Н. Калабушев // Нива Поволжья. – 2021. – № 3(60). – С. 102-106. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48219611>
4. Ларюшин, Н. П. Лабораторные исследования высевачного аппарата, желобки катушки которого выполнены в форме тора / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, А. В. Абакумов // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 4. – С. 82-84. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38206505>
5. Лабораторные исследования высевачного аппарата зерновой сеялки со сплошным покрытием клапана из резины с шипами, выполненными в форме усеченных конусов / Д. Ю. Парфенов, Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Р. Р. Девликамов // Нива Поволжья. – 2022. – № 1(61). – С. 3004. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48515516>
6. Крючин, Н. П. Результаты исследований влияния конструктивных параметров торсионно-штифтового высевачного аппарата на равномерность дозирования трудносыпучих семян / Н. П. Крючин, Ю. М. Исаев, О. А. Артамонова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2(58). – С. 6-12. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49161570>
7. Влияние расстановки стержней в рассеивателе на скорость семян подсолнечника / Н. П. Крючин, А. Н. Андреев, А. П. Горбачев, М. И. Филатов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6(92). – С. 158-162. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47395394>
8. Овчинников, В. А. Повышение качества посева семенников мелкосеменных культур / В. А. Овчинников, М. Н. Чаткин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 2(46). – С. 75-80. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43137347>
9. Овчинников, В. А. Оптимизация параметров и режимов работы дискового высевачного аппарата по критерию равномерности высева / В. А. Овчинников, М. Н. Чаткин, А. В. Овчинникова // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 379-388. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35721232>
10. Овтов, В. А. Ориентирующее устройство для посадки корнеплодов / В. А. Овтов, В. М. Гудин, Н. С. Чиркова // Сельский механизатор. – 2021. – № 8. – С. 14-15. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47195418>
11. Овтов, В. А. Модернизация высадкопосадочной машины / В. А. Овтов, В. М. Гудин, М. С. Васюнин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 12. – С. 8-10. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-11-8-10. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44404569>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Posevnyye mashiny. Teoriya, konstruktsiya, raschet / N. P. Laryushin, A. V. Machnev, V. V. Shumayev [i dr.]. – Moskva: Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2010. – 292 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23739418>
2. Konstruktsiya katushechnogo vysevayushchego apparata seyalki dlya poseva zernovykh kul'tur / N. P. Laryushin, A. V. Shukov, T. A. Kiryukhina, A. V. Abakumov // Niva Povolzh'ya. – 2019. – № 1(50). – S. 109-113. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37109436>
3. Laboratornyye issledovaniya vysevayushchego apparata zernovoy seyalki s peregorodkami zhelobkov, naklonom reber i zhelobkov sektionnoy katushki / A. YU. Vershigorov, N. P. Laryushin, A. V. Shukov, A. N. Kalabushev // Niva Povolzh'ya. – 2021. – № 3(60). – S. 102-106. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48219611>
4. Laryushin, N. P. Laboratornyye issledovaniya vysevayushchego apparata, zhelobki katushki kotorogo vypolneny v forme tora / N. P. Laryushin, A. V. Shukov, A. V. Abakumov // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2019. – № 4. – S. 82-84. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38206505>
5. Laboratornyye issledovaniya vysevayushchego apparata zernovoy seyalki so sploshnym pokrytiyem klapana iz reziny s shipami, vypolnennymi v forme usechennykh konusov / D. YU. Parfenov, N. P. Laryushin, A. V. Shukov, R. R. Devlikamov // Niva Povolzh'ya. – 2022. – № 1(61). – S. 3004. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48515516>
6. Kryuchin, N. P. Rezul'taty issledovaniy vliyaniya konstruktivnykh parametrov torsionno -shtiftovogo vysevayushchego apparata na ravnomernost' dozirovaniya trudnosypuchikh semyan / N. P. Kryuchin, YU. M. Isayev, O. A. Artamonova // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2022. – № 2(58). – S. 6-12. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49161570>
7. Vliyaniye rasstanovki sterzhney v rasseivatele na skorost' semyan podsolnechnika / N. P. Kryuchin, A. N. Andreyev, A. P. Gorbachev, M. I. Filatov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 6(92). – S. 158-162. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47395394>
8. Ovchinnikov, V. A. Povysheniye kachestva poseva semennikov melkosemennyykh kul'tur / V. A. Ovchinnikov, M. N. Chatkin // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2020. – № 2(46). – S. 75-80. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43137347>
9. Ovchinnikov, V. A. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty diskovogo vysevayushchego apparata po kriteriyu ravnomernosti vyseva / V. A. Ovchinnikov, M. N. Chatkin, A. V. Ovchinnikova // Vestnik Mordovskogo universiteta. – 2018. – T. 28, № 3. – S. 379-388. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35721232>
10. Ovtov, V. A. Oriyentiruyushcheye ustroystvo dlya posadki korneplodov / V. A. Ovtov, V. M. Gudin, N. S. Chirkova // Sel'skiy mekhanizator. – 2021. – № 8. – S. 14-15. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47195418>
11. Ovtov, V. A. Modernizatsiya vysadkoposadochnoy mashiny / V. A. Ovtov, V. M. Gudin, M. S. Vasyunin // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. – 2020. – № 12. – S. 8-10. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-11-8-10. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44404569>

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Захаров Алексей Андреевич, аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», leshazaxarow2@yandex.ru

Ларюшин Николай Петрович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», larushinnp@mail.ru

Шуков Александр Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ «Пензенский государственный аграрный университет», I Sashka-shukov@yandex.ru

Девликамов Ринат Рафаилович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», devlikamov.r.r@pgau.ru

Кiryухина Татьяна Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», kiryuhina.t.a@pgau.ru

Author information

Zakharov Alexey A., postgraduate student of the Department "Mechanization of technological processes in Agriculture", Penza State Agrarian University, leshazaxarow2@yandex.ru

Laryushin Nikolay P., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Mechanization of technological processes in Agriculture", Penza State Agrarian University, larushinnp@mail.ru

Shukov Alexander V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department



"Mechanization of Technological Processes in Agriculture", Penza State Agrarian University, I Sashkashukov@yandex.ru

Devlikamov Rinat R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Mechanization of technological processes in Agriculture", Penza State Agrarian University, evlikamov.r.r@pgau.ru

Kiryukhina Tatiana A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Mechanization of technological processes in Agriculture", Penza State Agrarian University, kiryuhina.t.a@pgau.ru

Статья поступила в редакцию 21.02.2023; одобрена после рецензирования 03.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 21.02.2023; approved after reviewing 03.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, № 1, с 136-143
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, № 1, pp 136-143

Научная статья
УДК 621.362
DOI:10.36508/RSATU.2023.48.29.018

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДАТЧИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

Дмитрий Евгеньевич Каширин¹, Татьяна Анатольевна Левина², Яков Михайлович Глухих³, Анатолий Яковлевич Ключков⁴, Альбина Рамзильевна Честных⁵

^{1,4}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

^{2,3,5}Московский политехнический университет, г.Москва, Россия

¹kadm76@mail.ru

²t.a.levina@mospolytech.ru

³pleerundead@gmail.ru

⁴aklochkov@mail.ru

⁵albinatchestnyh@yandex.ru

Аннотация.

Проблемы и цель. Актуально и необходимо увеличить срок эксплуатации датчиков, применяемых в сельскохозяйственной технике, что связано с проверками и анализом фактических характеристик датчиков. Естественным, с точки зрения надёжности контроля параметров сельскохозяйственной техники, представляет интерес в применяемых датчиках зависимость относительной деградации начального входного сопротивления и выходного сигнала. Изменение входного сопротивления и начального выходного сигнала датчика определяется характеристиками элементов микросхем, которые зависят от деградации их входных и выходных элементов, включая алюминиевые контактные области. Эти изменения происходят при определённых температурах, степени и времени нагрузки самих датчиков.

Материалы и методы. На электрофизические свойства датчиков наибольшее воздействие оказывают токовые нагрузки. Причем механизм влияния на утечки токов заключается в основном в образовании структурных дефектов и структурного превращения границ раздела металлизации к поверхности полупроводника [1]. С повышением уровня легирования влияние этих эффектов ослабляется [2]. Измерялись токи утечки структуры при различных напряжениях смещения. Только те контактные цепочки сопротивления, которые отклоняются друг от друга менее чем на 2,0 %, нагружали параллельно для данного цикла нагрузки, который длился около 15 мин. Во время экспериментов на тестовых структурах температура при измерениях токов утечки различных контактов стабилизировалась с точностью до $\pm 2,0^\circ \text{C}$.

Результаты. В смоделированных условиях эксплуатации контактов датчика в тестовых структурах (Al(Si) контактов к слоям $n^+ \text{Si}$ и $p^+ \text{Si}$) при постоянном напряжении питания контактов чувствительность после воздействия токовых и температурных нагрузок уменьшилась примерно в 2,0 раза. Проведенные исследования показали, что при 25°C тестовые структуры работоспособны до уровней воздействия токов 5 мА. Возникающие изменения характеристик контактов до уровней токов 10 мА могут быть в определенной степени учтены благодаря тому, что наблюдалась хорошая повторяемость результатов нашего эксперимента.

Заключение. Прекращение утечки наблюдается в $n^+ \text{Si}$ контактах, но, несмотря на Si миграцию, величина утечки перехода не поддается снижению в контактах Al(Si) к $p^+ \text{Si}$ слоям. В Al(Si)- $n^+ \text{Si}$ контактах; среднее время прекращения тока утечки (СВПТУ) имеет энергию активации $E_a = 0.8 \text{ эВ}$ и обратно пропорционально плотности тока на проводящем крае контакта. Таким образом, управляя технологией получения алюминиевого контакта и формирования его к поверхности полупроводника, можно увеличивать и прогнозировать срок службы датчиков при эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: качество контакта, утечка тока, воздействие внешних факторов

Для цитирования: Каширин Д.Е., Ключков А.Я., Левина Т.А., Глухих Я.М., Честных А.Р. Оценка качества датчиков, применяемых в сельскохозяйственной технике // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С. 136-143 <https://dji.org/10.36508/RSATU.2023.48.29.018>



Original article

QUALITY EVALUATION OF AGRICULTURAL MACHINERY SENSORS FROM THE ANALYSIS OF THE LEAKAGE CURRENT IN ALUMINUM CONTACTS**Dmitry E. Kashirin¹, Tatyana A. Levina², Yakov M. Glukhikh³, Anatoly Ya. Klochkov⁴✉, Albina R. Chestnykh⁵**^{1,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia^{2,3,5} Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia¹kadm76@mail.ru²t.a.levina@mospolytech.ru³pleerundead@gmail.ru⁴aklochkov@mail.ru⁵albinatchestnyh@yandex.ru**Annotation.**

Problems and purpose. The control of the speed of rotation of shafts and drums on agricultural machinery is necessary to adjust the speed of rotation of seeders, harvesters, reels and other actuators for the processing of various crops, the control in ecology is also necessary to control environmental parameters, such as electromagnetic fields and other measurements are carried out using sensors. It is urgent and necessary to increase the service life of agricultural machinery sensors, that is connected with checks and analysis of the actual characteristics of the sensors. As a rule, they have the same functional purpose, package and type of outputs and differ only in sensitivity, response speed and power consumption and the type of microcircuits. The key features of all agricultural equipment in which these microcircuits can be applied are compactness and stringent requirements for operation and power consumption. Naturally, from the point of view of the reliability of monitoring the parameters of agricultural machinery, it is of interest in the sensors used to depend on the relative degradation of the initial input resistance and output signal. Changes in the input resistance and initial output signal of the microcircuit are determined by the characteristics of the microcircuit elements which depend on their degradation of the input and output elements including aluminum contact areas. These changes occur at certain temperatures, the degree and time of loading of the sensors themselves.

Materials and methods. Let us dwell in more detail on the analysis of the leakage currents of aluminum contacts, which are used in the converters of any agricultural sensor. It is known that the resistance of converters (semiconductor devices) to temperature effects depends on the level of doping, defectiveness of the semiconductor material, etc. The electrical properties of semiconductors are most affected by current loads. Moreover, the mechanism of influence on current leakage is mainly in the formation of structural defects and structural transformation of the metallization interfaces to the semiconductor surface [1]. With an increase in the doping level, the influence of these effects weakens [2]. We measured the contact characteristics before exposure to significant temporary and current loads and after prolonged exposure to these loads on aluminum contacts in the temperature range of 100–252 °C. Leakage currents of the structure were measured at various bias voltages. Only those resistance contact strings that deviate less than 2.0 % from each other are loaded in parallel for this load cycle, which lasts about 15 minutes at a reverse voltage of 10 volts. During experiments on test structures the temperature during measurements of the leakage currents of various contacts stabilized with an accuracy of ± 2.00 °C.

Results. In our moderate impacts on these sensors they amount to a decrease of about 20% of the nominal value of the specified characteristics, and at 150 °C the resistance increases by 4 times. Under simulated operating conditions of sensor contacts in test structures (Al(Si) contacts to n⁺ Si and p⁺Si layers) at a constant contact supply voltage, the sensitivity after exposure to current and temperature loads decreased by about 2.0 times. When exposed to extreme conditions (temperature, current) of contact operation and the impact of the load time of these structures, depending on the type of contact, the resistance of the sensors increases to infinity. Our studies have shown that at 25°C the test structures are operable up to the levels of exposure to currents of 5mA. The resulting changes in the characteristics of the contacts up to current levels of 10mA can be taken into account to a certain extent, due to the fact that a good repeatability of the results of our experiment was observed. The same proportional changes in the characteristics of the contact occurred when measuring the output signal of the sensor, which was determined by the degradation of the aluminum contacts of the output elements (transistors) of the microcircuit. The output signal of the sensor may depend on the model and type of converter (microcircuit), but, as a rule, is in the range of 0.5-1.0 V which is in good agreement with our result.

Conclusion. It has been established that the silicon migration in semiconductor test structures is observed in Al(Si) contacts to n⁺ Si and p⁺Si layers. Each pit is located near the leading edge of the metal of the most negatively biased contacts. The cessation of leakage is observed in n⁺ Si contacts, but, despite Si migration, the increase in junction leakage cannot be reduced in Al(Si) contacts to p⁺Si layers. In Al(Si)-n⁺



Si contacts the mean leakage current termination time (MTCT) has an activation energy of $E_a=0.8\text{eV}$ and is inversely proportional to the current density at the conductive edge of the contact. The parameters of current compression and effective current are determined which makes it possible to predict SVPTS from contacts and technological scaling. In typical cases the compression of the current is so strong that at constant current changing the length of the contact has little effect on the THC. Thus, by controlling the technology of obtaining an aluminum contact and forming it to the surface of a semiconductor it is possible to increase and predict the service life of sensors. We concluded that in order to increase the service life of sensors, it is necessary to improve the design and technological base of the converters and it depends on the operating conditions of agricultural machinery.

Key words: quality of contact, current duck, influence of external factors

For citation: Kashirin D.E. Klochkov A.Ya., Levina T.A., Glukhikh Ya.M., Chestnykh A.R. Quality evaluation of agricultural machinery sensors from the analysis of the leakage current in aluminum contacts // Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2023 Vol. 15, No. 1 P 136-143 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.48.29.018>

Введение

С точки зрения надёжности контроля параметров сельскохозяйственной техники представляет интерес в применяемых датчиках зависимость относительного изменения входного сопротивления R_n/R_o (входных диодов и транзисторов микросхемы) и начального выходного сигнала U_n/U_o (как правило, различные типы транзисторов) измерительного преобразователя (микросхемы) датчика (например, магнитного поля) от величины внешних воздействий: температуры, напряжения, тока и времени нагрузки. В частности, изменение входного сопротивления определяется входными характеристиками элементов микросхем, которые зависят от деградации областей контактов самих элементов; начинаются эти изменения при определённых температурах и времени нагрузки самих датчиков.

Дальнейший прогресс в развитии технологии электрических контактов и контактов микросхем требует введения очень мелких переходов, в которых особое внимание следует уделить Al контактов [1] к Si и их взаимному проникновению, так как эта металлизация широко используются в различных отраслях техники, например для датчиков сельскохозяйственного оборудования, применяющих диоды, транзисторы и активные элементы логических схем. В частности Микросхемы (преобразователи) SM351 и SM353 имеют двухтактные выходы, позволяющие подключать их к микроконтроллеру без использования внешних подтягивающих резисторов, на входе и выходе которых имеются транзисторы и транзисторы Шоттки, где используется алюминиевая металлизация.

Научные работы по выявлению надёжностей этих транзисторов, например в устройствах датчиков Холла, нами не обнаружено. Поэтому представляют большой интерес пути повышения надёжности и стабильности алюминиевых контактов в этих устройствах; зная их, можно прогнозировать более точно срок службы этих устройств, что позволяет использовать их в автомобильной и промышленной электронике совместно с большинством наиболее популярных микроконтроллеров.

Известно, например [1,2], что стойкость полупроводниковых приборов (преобразователей) к температурному воздействию зависит от уровня легирования, дефектности полупроводникового материала и др. На электрофизические свойства

полупроводников наибольшее воздействие оказывают токовые нагрузки [3,4]. Причем механизм влияния на утечки токов заключается в основном в образовании структурных дефектов и структурного превращения границ раздела металлизации к поверхности полупроводника [5,6,7]. При постоянном напряжении питания полупроводникового устройства чувствительность датчика после утечки тока структуры контакта может уменьшаться в наших экспериментах достоверно в 1,9 раза [3,8]. После значительного увеличения мигрирующих атомов сопротивление датчиков растёт до бесконечности, и датчик перестаёт передавать управляющие команды на исполнительные устройства той же сельскохозяйственной техники.

Нами были изучены различные техники для предотвращения взаимного проникновения контактов. Традиционная техника использует металлизацию Al(Si) сплавом для подавления взаимного проникновения во время стадии Al(Si) спекания и последовательной тепловой обработки структуры перехода Al(Si)/Si. Было показано, однако, что электромиграция в Al(Si)-Si контакте также может привести к взаимному проникновению [9-13]. В этом случае, из-за быстрого обмена между Si атомами проводящих электронов, Si мигрирует из контактной зоны Al(Si)-Si в Al(Si) плёнку, оставляя ямки травления на границе контакта в Si переходе. Увеличение мигрирующих атомов Si и углубление ямок травления в переход может привести к утечке тока перехода или может произойти замыкание перехода. В этом случае для мелких переходов прекращение утечки тока менее вероятно и вызывает большее беспокойство. Т.е. при более мелком переходе в соединении Al(Si)-Si такая утечка тока вероятнее и, следовательно, в большей степени связана с надёжностью и стабильностью электронных схем [14-17].

Известно [1], что в технологии НМОП-структур при производстве этих микросхем во время глубокой фосфорной диффузии контактный штырёк (бугорок) может быть использован для подавления прекращения утечки тока. В технологии КМОП-структуры использование штырьков n- и p-типов неблагоприятно. Цель данной работы – объяснить пределы использования не барьерных металлических контактов в микросхемотехнике. Рассматриваются электрические и физические явления утечки тока за счёт контактной электроми-



гации (КЭМ) для целей её прекращения, Al(Si)-Si контактов, особенно для n^+ Si и p^+ Si мелких переходов. Определены энергия активации и зависимость СВПТУ от тока нагрузки контакта. Также используется сжатие тока контакта при помощи использования различной длины и различно легированных переходов.

Экспериментальная часть

Используемая для испытания электрическая структура представляет собой цепочку контактов шириной 2 мкм и длиной в пределах от 2 мкм до 10 мкм в зависимости от цели испытания. Вначале использовали для испытания структуры [14-16,18] со всеми необходимыми размерами на примере Al(Si)- n^+ Si контакта: ширина контакта $w=2$ мкм; длина $L=2\sim 10$ мкм; глубина перехода $n^+=\sim 0.55$ мкм; глубина перехода $p^+=\sim 0.5$ мкм.

Проведём анализ для Al(Si) n^+ Si контакта и Al(Si) p^+ Si(Br) контакта. Переходы слоёв n^+ Si(P, As) и p^+ Si(Br) формируются ионной имплантацией Br в $\langle 100 \rangle p$ -Si и P, или As в $\langle 100 \rangle n$ -Si подложки. Используемый металл для формирования контакта – алюминий, содержит 1,5 % Si, который напыляется электронным лучом на слой n^+ Si и p^+ Si соответственно. Толщина слоя этого металла составляет около 1,0 мкм. Двоокись-кремниевый слой толщиной около 1 мкм осаждается в качестве слоя пассивирования [1,6]. Известно, что использование диэлектрического покрытия может подавить поверхностную диффузию и улучшить электромиграционное сопротивление металлических плёнок [5,7,10].

Все приборы (структуры) помещены на горячий держатель пластин [8,14] и нагружены [16] параллельно источником напряжения, который даёт определённый ток нагрузки [11]. Ток утечки измеряется [3] при 10 вольтах обратного смещения [9] перехода, и оба конца контактной цепочки соединены. Только те контактные цепочки сопротивления, которые отклоняются, друг от друга менее чем на 2,5 %, нагружены параллельно для данного цикла нагрузки, который длится около 15 мин. В конце каждого цикла сопротивление контакта цепочки и утечка перехода постоянно контролируются [7], и затем эти приборы (т.е. тестируемые структуры) хранятся для следующего цикла исследования. Во время каждого цикла нагрузки контактов их сопротивление контролируются [10] каждые 3 мин для того, чтобы убедиться, что они отклоняются друг от друга не более чем на 2,5 % [12].

Результаты и их обсуждение

А. Прекращение утечки исследуемой структуры Al(Si) к n^+ Si и p^+ Si слоям

Проведя эксперименты по методике [16,18], измеряя токи контактов из алюминия (Al(Si)) к n^+ Si и p^+ Si областям, получили типичные токи утечки перехода в виде функции времени нагрузки структуры. В этом случае используется цепочка контактов размером 2×2 мкм², анализируемая структура имеет ток нагрузки 4 мА при 200° С. Глубина переходов около 0,5 мкм для n^+ Si и p^+ Si контактов соответственно. То есть выяснялась контактная электромиграция (КЭМ), вызванная токами утеч-

ки перехода, как функция времени. В результате измерения в контактах размер 2^2 мкм² при температуре подложки (держателя) $T=200$ и обратном смещении на исследуемой структуре $U_{обр.}=10$ В нами обнаружена утечка тока [3].

Далее ток утечки измеряется при различной температуре нагрузки структуры. В случае n^+ Si контактов утечка тока начинает увеличиваться после определенной продолжительности нагрузки структуры и в итоге достигает значения, которое ограничено последовательным сопротивлением. В случае p^+ Si контактов утечка тока структуры при различной температуре не изменяется до того, пока не произойдёт открытие цепи.

Положительные контакты, где электроны текут из слоя диффузии в находящийся сверху металл, нами исследовались при помощи растрового электронного микроскопа (РЭМ) [4,1]. Наши исследования показали типичную картину ямок травления [5,6], полученную при помощи РЭМ после удаления Al(Si) контакта с поверхности кремния, образуя ямки травления вдоль проводящих краев контактов к n^+ Si и p^+ Si типа. Также известно, что локализация ямок травления влияет на эффект сжатия тока контакта [3]. Плотность тока контакта является самой высокой у проводящего края (по периметру) металлизации [12]. Электрические свойства таких ямок различны для n^+ Si и p^+ Si контактов [7]. Полагают [4,1], что для p^+ Si контактов Al образует диоды Шоттки с n -Si подложкой. Этот диод параллелен существующему диоду перехода p^+ Si- n -Si и блокирует любое значительное увеличение в токе утечки изучаемой структуры. Проведена попытка определить изменения в напряжении включения и тока утечки диода при температуре испытания и комнатной температуре, но эта попытка оказалась безуспешной. Зона диода Шоттки небольшая по сравнению с областью диода p^+ - n - перехода и, по-видимому, не будут наблюдаться какие-либо заметные изменения в токе прямого смещения или напряжения включения диода. В данных экспериментах не наблюдается прекращение утечки тока в контактах Al(Si)- p^+ Si.

В. Ямки травления и осаждение кремния

В испытываемом приборе (структуре) проявилось увеличение утечки от 1 мА до 170 мА после того как прибор получил нагрузку током 7,4 мА при температуре 200°С в течение 20 часов. РЭМ [3,4] картина (с удаленным Al металлом) показала изменения как на положительном, так и на отрицательном контакте в n^+ Si контактной цепочке, в частности, ямки травления, которые появляются в положительных контактах, а осадки атомов Si появляются в отрицательных контактах. Подобное явление также наблюдали в [1]. Существуют два источника атомов Si, один из металлической пленки, другой мигрирует из других контактов. Коэффициент диффузии атомов Si в Al металле значительно выше, чем Al в Al и Si в Si [2,1,7], и атомы Si могут проходить на расстояние в Al плёнке десятки и даже сотни микрон. Заметим, что в то время как ямки травления появляются во всех положительных контактах, осадки Si не появляются



во всех отрицательных контактах.

Также были изучены приборы, не подвергшиеся электрической нагрузке, т.е. контакты без нагрузки, которые сформированы и находятся на той же пластине. Таким образом, эти структуры получили такую же тепловую обработку, как и приборы (ранее исследованные образцы, подвергшиеся нагрузке током 7,5 мА при температуре 200°С в течение 20 часов. Отсутствие ямок травления в контактах указывает на то, что легированная кремнием [5,1] алюминиевая плёнка подавляет растворение кремниевой подложки во время отжига [11,12].

С. Среднее время до отказа (СВДО)

В общем, СВПТУ зависящее, от процесса электромиграции кремния в проводнике (Al металле) может быть [10,11]

$$СВПТУ = AI^{-n} \exp\left(\frac{E_a}{k_B T}\right) \quad (1)$$

где I – приложенный ток;
 E_a – энергия активации;
 k_B – постоянная Больцмана;
 T – температура в градусах Кельвина;
 n – коэффициент ускорения тока;
 A – пропорциональная константа.

Очевидно, что коэффициент ускорения тока n и энергия активации E_a являются важными в понимании физического механизма и существенными для оценки СВПТУ при нормальных рабочих условиях. В этих экспериментах, тесты для определения n и E_a использовали диапазон протекающего тока через контакт от 1 мА до 7 мА при температурах структуры в пределах от 170°С до 230°С. Каждый образец представляет собой цепочку контактов к n^+ Si слою размером 2×2 мкм². Токи, протекающие через контакт с низкой нагрузкой структуры, используются для уменьшения локализованных тепловых эффектов. Использование нагретого держателя подложки также является преимуществом, которое обеспечивает лучшую и однородную теплопроводность исследуемых приборов и сводит к минимуму подъём локальной температуры в каждом контакте. Авторы [3,6,7,12], при изучении электромиграции в Al плёнке, сообщили, что наблюдался положительный подъём менее чем в 4°С для плотности тока $3 \cdot 10^6$ А/см² при использовании нагретого держателя пластины (структуры).

Таким образом, исследуя на этих структурах температурную зависимость СВПТУ функции от $1/T$, то есть функцию Аррениуса [2], из которой мы определили энергию активации $-E_a = 0,8 \pm 0,10$ эВ или меньше для 22 мкм² n^+ Si контактов.

Подобные значения энергии активации E_a были получены в [2,7,9,10,11]. Значение энергии активации E_a связано с функцией границы зерна [2] кремния в тонкоплёночном алюминии [3,6,7,15] и таким образом, очевидно, предполагается, что срок службы контакта зависит от металлической микроструктуры, которая, в свою очередь, зависит от толщины плёнки, состава плёнки, технического осаждения и последующей тепловой обработки. Определён критерий (отказа, прекращения) утечки тока перехода в исследуемых нами приборах, ко-

торый составил 50 мА при 200°С с обратным смещением на исследуемой структуре 10 В [2,8,13,14]. Как сообщают в [4,9], выбор другого критического тока утечки сдвигает кривую СВПТУ только параллельно и не влияет на зависимость графика Аррениуса от тока нагрузки структуры [12,14,16]

Анализируя СВПТУ исследуемой нами структуры как функцию тока нагрузки, из формулы (1) можно определить фактор ускорения тока $n=1,2$. Таким образом, фактор ускорения (деградации структуры контакта) тока равен $n=1,2 \pm 0,2$.

Авторы [11] сообщают об очень высоком факторе тока ускорения, равном $n=12$, случае прекращения утечки при электромиграции атомов Si в Al(Si)-Si контакте, который образует структуру типа “сэндвич” со слоем поликремния. Авторы в [12,13], исследуя электромиграцию в контакте Al(Si) к кремнию, сообщают n фактор, который уменьшается с уменьшением тока нагрузки и находится в диапазоне от 7 до 20 для тока нагрузки прибора в диапазоне от 2 мА до 15 мА. Эта зависимость тока объясняется локализованным нагреванием структур. Значительно меньший для подобных структур фактор тока $n=1,2$, о котором мы говорим, может объясняться использованием держателя пластины, который обеспечивает однородную и лучшую теплопроводность [14,16], и также предполагает, что коэффициент ускорения тока n может фактически равняться единице.

Д. Эффект сжатия тока в контакте

Степень сжатия тока может определить зависимость прекращения КЭМ по длине контакта, извлекаемую из исследования простой взаимосвязи площади от плотности тока. Нами были проведены два различных эксперимента для изучения этого эффекта. В первом была использована цепочка n^+ Si контактов одинаковой ширины структуры в 2^2 мкм² и различной длины этих структур: 2 мкм, 3 мкм, 6 мкм, 9 мкм и 10 мкм. Результат показал, что обнаруженные изменения в длине контакта не влияют на СВПТУ. Очевидно, протекающий ток сжимается у проводящего края контакта. Таким образом, зависимость среднего времени прекращения тока утечки от длины контакта во всех случаях – результат сжатия протекающего тока структуры, изменения в длине контакта мало влияют на СВПТУ.

Для ориентации подложек $\langle 100 \rangle$ Si ямки травления обнаруживают в [1,2] на боковых стенках $\langle 100 \rangle$ Si. Для ямки травления, глубина которой равна глубине перехода X_j и связана с боковыми стенками $\langle 100 \rangle$ Si, длина равна $X_j \sqrt{2}$, что очевидно из геометрии ямки травления в монокристаллической плёнке $\langle 100 \rangle$ Si с глубиной X_j .

Порция тока структуры, которая удаляет атомы Si из монокристаллического слоя пленки, будет током, который проходит в пределах расстояния $X_j \sqrt{2}$, выводящего края контакта. Тогда эффективный ток $I_{эфф}$ определяется как:

$$I_{эфф} = w \int_0^{\sqrt{2}X_j} J(x) dx, \quad (2)$$

где: $J(x)$ – плотность тока контакта, а w – ширина контакта. Вследствие сжатия тока плотность



тока в этой зоне выше, чем плотность при отсутствии сжатия. То есть мы можем определить количественно параметр, называемый параметром сжатия тока (ПСТ), как отношение общего тока к эффективному току контакта или:

$$ПСТ = \frac{I}{I_{эфф}} \quad (3)$$

Предполагается, что СВПТУ будет пропорциональна $I_{эфф}^{-1}$ или $(ПСТ \cdot I^{-1})$. Между двумя экстремальными случаями, т.е. максимальным сжатием тока и однородным распределением тока, значение ПСТ располагается между 1 и $L/X_j\sqrt{2}$; где L является длиной контакта.

Можно рассчитать значение ПСТ, используя трансмиссионную линейную модель [7,12,16]. Здесь n определяется удельным сопротивлением контакта ρ_c , которое определяется методом, предложенным в [2], а глубина перехода достигается использованием многочленного приближения Чебышева. Поверхностное удельное сопротивление [1,10] диффузии R_s измеряется как при комнатной температуре, так и при 200° С.

Расчёты показывают для нашего случая, то есть для длины контактов 2 мкм, 3 мкм, 6 мкм 9 мкм и 10 мкм, ПСТ будет 2,1; 2,3; 2,4; 2,3 соответственно. Эти ПСТ почти полностью не зависят от длины контакта ($ПСТ \neq f(L)$), что соответствует нашим наблюдениям, т.е. увеличение длины контакта мало влияет на срок (продолжительность времени действия) прекращения утечки.

Для дальнейшего исследования эффекта сжатия контакты с различным легированным покрытием и длинами подвергались нагрузке при температуре подложки 200°С и токе структуры 4 мА. Для однозначного сопоставления значений соотношения СВПТУ/ПСТ мы нормализовали его дифференциальным методом при значении цепочки контакта 2^2мкм^2 с тем же уровнем легированием ρ_c .

Обнаружено, что для профиля одинаково легированных контактов отношение СВПТУ/ПСТ почти постоянно в радиусе длины контакта.

Так как продолжительность прекращения утечки пропорциональна времени, которое требуется для образования ямки травления равной глубине перехода X_j и объёму атомов Si, который должен быть удалён, пропорционально X_j^2 , ожидается, что СВПТУ пропорционально X_j^2 , [2,5]. Контакты с различными глубинами перехода и длинами контактов подвергаются нагрузке током 3 мА и 4 мА при 200°С, сочетая эту глубину перехода и предыдущие наблюдения СВПТУ $\cdot I/X_j^2$, как функ-

ция ПСТ, т.е. $СВПТУ \cdot I \cdot X_j^{-2}$ от ПСТ n^+Si контакта с различным легированием и др. сопротивлением. Оказалось, для контакта 2^2мкм^2 эта функция $СВПТУ \cdot I \cdot X_j^{-2}$ линейно пропорциональна параметру сжатия тока (ПСТ).

Обнаружено также и для других размеров контактов, что $СВПТУ \cdot I \cdot X_j^{-2}$ линейно пропорциональны параметру сжатия тока. Наши наблюдения подтверждают, что СВПТУ пропорционально

$$I_{эфф}^{-1} \text{ или } ПСТ \cdot I^{-1}.$$

С развитием технологии контактов в микротехнических цепях стал существенным вопрос о меньшем значении удельного сопротивления слоя кремния, т.е. ρ_c . Чем ниже ρ_c кремния, тем больше сжатие тока и короче СВПТУ. Интересно проследить эффект натяжения ρ_c при отсутствии барьерного металла. Для того чтобы исследовать этот эффект, параметр сжатия тока рассчитан для контакта длиной L в 2,0 мкм и глубиной перехода $X_j=0,25$ мкм при использовании той же модели, ПСТ как функция ρ_c с R_s в качестве параметра. Расчёты зависимости ПСТ от удельного сопротивления контакта ρ_c показали, что при контакте с глубиной перехода $X_j=0,25$ мкм и длиной контакта $L=2,0$ мкм (используется в качестве параметра), значительное уменьшение ПСТ в 2 и 4 раза может произойти с уменьшением ρ_c от $10^{-5} \Omega\text{см}^2$ до $10^{-7} \Omega\text{см}^2$.

При уменьшении ρ_c ПСТ уменьшается от 3,9 (X_j для этой технологии) до предела сжатия 1. Уменьшение в 2-5 раз СВПТУ, оказалось, происходит за счёт уменьшения ρ_c в пределах от $10^{-5} \Omega\text{см}^2$ до $10^{-7} \Omega\text{см}^2$. Причём глубина перехода X_j , поверхностное сопротивление R_s и поверхностная концентрация контакта C_o нами рассматриваются как независимые переменные. В действительности, между ними есть определенное соотношение [2,14,16-18]. Для Si переходов, легированных As, полуэмпирическое отношение между X_j, R_s , и поверхностной концентрацией C_o может быть установлено с использованием многочленного приближения Чебышева [3] и выражено:

$$R_s X_j = \frac{1}{0.55 \cdot k q C_o^{2/3}}, \quad (4)$$

где $k=2,82 (2.8) \cdot 10^8 \text{ см} \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, а q – заряд электрона.

Основанное на теории туннелирования [2], отношение между параметрами полупроводникового материала ρ_c и C_o может быть выражено:

$$\rho_c = B_1 \exp\left(\frac{B_2}{\sqrt{C_o}}\right), \quad (5)$$

где B_1 – пропорциональная постоянная и B_2 другая постоянная, включающая эффект высоты барьера. Для контакта $-Al(1,5 \% Si)$ к Si переходам, легированным As, эмпирические значения B_1 и B_2 могут быть определены по [3,10-12] как $4,4 \cdot 10^{-9} \Omega\text{см}^2$ и $7,8 \cdot 10^{10} \text{ см}^{3/2}$, соответственно.

Используя эти эмпирические отношения, можно рассчитать ПСТ как функцию R_s для данной X_j и длины контакта L . Вначале нами рассчитывалась зависимость ПСТ от поверхностного сопротивления R_s для $X_j=0,25\text{мкм}$ при различных длинах L контакта. Соотношение между X_j, R_s , поверхностной концентрацией C_o и удельным сопротивлением ρ_c достигнуто полуэмпирическим путём. Учтена область расчётов, в которой C_o превышает предел существующей измеряемой аппаратуры, т.е. проведено реальное ограничение по значению их практического легирования.

Обнаружено, что в диапазоне практиче-



ского легирования перехода почти линейно пропорционально R_s для длины контакта L равного 2 мкм или длиннее, и почти независимо от поверхностного сопротивления R_s для контакта длиной $L=1$ мкм или короче.

Е. Интерпретация моделей и диагностика совмещения данных

Теперь мы можем соединить эти данные с данными, полученными авторами [1-4,6-8,10-13] в эмпирическое соотношение для СВПТУ благодаря электромиграции атомов Si+ в алюминиевый металл исследуемой структуры:

$$СВПТУ = A^* \cdot x_j^2 \cdot ПСТ \cdot I^{-1} \cdot \exp\left(\frac{E_a}{k_B T}\right). \quad (6)$$

В этой формуле: A^* – эмпирическая константа, зависящая от микроструктуры металлической плёнки. В нашем случае $A^* = 1,0 \cdot 10^{-9} h \cdot \frac{A}{\text{мм}^2}$.

Заключение

Прекращение утечки перехода, вызванное электромиграцией контакта, ограничивает надёжность Al контактов к n^+Si , который не имеет барьера диффузии. Мы не наблюдали увеличения утечки в Al(Si) - p^+Si контактах. СВПТУ зависит от тока, геометрии, температуры, глубины перехода и степени сжатия тока. Обнаружено, что СВПТУ имеет энергию активации $E_a=0,8\pm 0,1\text{эВ}$ и обратно пропорционально эффективному току $I_{эфф}$, который определяется как часть общего тока, протекающего в пределах $\sqrt{2}X_j$. Вследствие сжатия тока $I_{эфф}$ слабо зависит от длины контакта L металлизации, и изменения в длине контакта L мало влияют на СВПТУ для типичной конфигурации алюминиевых контактов.

Список источников

1. Красников Г.Я. Физико-технологические принципы и методы обеспечения качества КМОП БИС массового производства: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / Г.Я. Красников М. 1996, -273с.
2. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков учебное пособие для вузов по специальности «Полупроводники и диэлектрики» / П.Т. Орешкин–М: Высшая школа, -488с.
3. Клочков А.Я. Тестирование технологии изготовления кремниевых интегральных микросхем по глубоким центрам с применением тестовой ячейки А.Я. Клочков Вестник РГРТА. – Вып. 1. – Рязань. – 1996 бс.
4. Клочков А.Я. Оборудование для тестирования технологии интегральных микросхем по глубоким центрам А.Я. Клочков Вестник РГРТА. –

Вып. 3. – Рязань. – 1997. 10с.

5. Кривокубов Е.В. Автоматизация контроля качества поверхности. Кривокубов Е.В., Левина Т.А. в книге: Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности. Материалы Международной научно-технической конференции молодых учёных. Редколлегия: М.Е. Лустиков [и др.], 2019, С.161.

6. Красников Г.Я. Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС. М., 1999. Часть 2, -216с.

7. Гегузин Я.Е. Диффузионные процессы на поверхности кристалла. Гегузин Я.Е., Кагановский Ю.С. –М.: Энергоатомиздат,1984, -128 с.

8. Черняев А.В. Метод ионной имплантации в технологии приборов и интегральных схем на арсениде галлия. –М.: Радио и связь, 1990. -88 с.

9. Валиев Р.З. Кристаллогеометрический анализ межкристаллитных границ в практике электронной микроскопии. Валиев Р.З., Вергазов А.Н., Герцман В.Ю. –М.: Наука, 1999. -232 с.

10. Предводителей А.А. Физика кристаллов с дефектами. Предводителей А.А., Тяпунина Н.А., Зиненкова Г.М., Бушуева Г.В. –М.: Изд-во МГУ, 1986, -240 с.

11. Мильвидский М.Г. Структурные дефекты в эпитаксиальных слоях полупроводников. Мильвидский М.Г., Освенский В.Б. М.: Металлургия, 1985. -160 с.

12. Фундаментальные и прикладные аспекты распыления твердых тел: Сб. статей 1986-1987 гг.: Пер. с англ./ Сост. Е.С. Машков. – М.: Мир, 1989, -349 с.

13. Смородина Т.А. Вхождение примесных центров в кристаллический слой полупроводника. Смородина Т.А., Шефталь Н.Н., Цуранов А.П. –Л.: Наука,1986, -176 с.

14. Тонкие поликристаллические и аморфные плёнки: Физика и применения. Пер. с англ./Под ред. Л. Казмерски. –М.: Мир, 1983 -304 с.

15. Аморфные и поликристаллические полупроводники: Пер. с нем./Хейванг В., Биркхольц У., Айнцингер Р. и др.; Под ред. В. Хейванга. –М.: Мир, 1987. -160 с.

16. Карери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи: Пер. с итал. –М.: Мир, 1985. -232 с.

17. Туннельные явления в твёрдых телах: Пер. с англ./Под ред. Бурштейна Э., Лунквиста С. –М.: Мир, 1973. -421 с.

18. Вениг С.Б. Материаловедение. Основы кристаллографии и минералогии: учеб. пособие для студентов факультета нано- и биомедицинских технологий / Вениг С.Б., Генчеренко О.П., Маляр И.В. Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 2012. -188 с.

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

References

11. Krasnikov G.Ya. Physico-technological principles and methods of quality assurance for mass-produced CMOS LSI: Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / G.Ya. Krasnikov M. 1996, -273p.
2. Oreshkin P.T. Physics of semiconductors and dielectrics textbook for universities in the specialty "Semiconductors and dielectrics" / P.T. Oreshkin-M: Higher School, -488s.



3. Klochkov A. Ya. Testing the manufacturing technology of silicon integrated circuits by deep centers using a test cell A. Ya. Klochkov Vestnik RGRТА. - Issue. 1. - Ryazan. – 1996 6s.
4. Klochkov A. Ya. Equipment for testing the technology of integrated circuits in deep centers A. Ya. Klochkov Vestnik RGRТА. - Issue. 3. - Ryazan. - 1997. 10s.
5. Krivozubov E.V. Automation of surface quality control. Krivozubov E.V., Levina T.A. in the book: New materials, equipment and technologies in industry. Materials of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists. Editorial Board: M.E. Lustenkov [et al.], 2019, p.161.
6. Krasnikov G. Ya. Physical and technological bases of VLSI quality assurance. M., 1999 Part 2, -216s.
7. Geguzin Ya.E. Diffusion processes on the surface of a crystal. Geguzin Ya.E., Kaganovsky Yu.S. –M.: Energoatomizdat, 1984, -128 p.
8. Chernyaev A.V. Method of ion implantation in the technology of devices and integrated circuits based on gallium arsenide. -M.: Radio and communication, 1990. -88 p.
9. Valiev R.Z. Crystal-geometric analysis of intercrystallite boundaries in the practice of electron microscopy. Valiev R.Z., Vergazov A.N., Gertsman V. Yu. –M.: Nauka, 1999. -232 p.
10. Predvoditelev A.A. Physics of crystals with defects. Predvoditelev A.A., Tyapunina N.A., Zinenkova G.M., Bushueva G.V. -M.: Publishing House of Moscow State University, 1986, -240 p.
11. Milvidsky M.G. Structural defects in epitaxial layers of semiconductors. Milvidsky M.G., Osvensky V.B. M.: Metallurgy, 1985. -160 p.
12. Fundamental and applied aspects of spraying solids: Sat. articles 1986-1987: Per. from English / Comp. E.S. Mashkov. – M.: Mir, 1989, -349 p.
13. Smorodina T.A. Entry of impurity centers into the crystalline layer of a semiconductor. Smorodina T.A., Sheftal N.N., Tsuranov A.P. – L.: Nauka, 1986, -176 p.
14. Thin polycrystalline and amorphous films: Physics and applications. Per. from English / Ed. L. Kazmierski. –M.: Mir, 1983 -304 p.
15. Amorphous and polycrystalline semiconductors: Per. from German / Heiwang V., Birkholz U., Einzinger R. and others; Ed. V. Heiwang. –M.: Mir, 1987. -160 p.
16. Carey J. Order and disorder in the structure of matter: TRANS. from Italian. –M.: Mir, 1985. -232 p.
17. Tunneling phenomena in solids: Per. from English / Ed. Burshteina E., Lunkvista S. -M.: Mir, 1973. -421 p.
18. Venig S.B. Materials Science. Fundamentals of crystallography and mineralogy: textbook. manual for students of the faculty of nano- and biomedical technologies / Venig S.B., Gencherenko O.P., Malyar I.V. Saratov: Sarat Publishing House. Univ., 2012. -188 p.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Каширин Дмитрий Евгеньевич, д-р техн. наук, зав. каф. «Электроснабжение», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kadm76@mail.ru

Клочков Анатолий Яковлевич, канд. техн. наук, доцент каф. «Электроснабжение», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, aklochkov@mail.ru.

Левина Татьяна Анатольевна, канд. экон. наук, зав. каф. «Стандартизация, метрология и сертификация», Московский политехнический университет, t.a.levina@mospolytech.ru

Глухих Яков Михайлович, студент, каф. «Материаловедение» Московский политехнический университет, pleerundead@gmail.ru

Честных Альбина Рамзиловна, ассистент каф. «Стандартизация, метрология и сертификация», Московский политехнический университет, albinatchestnyh@yandex.ru

Author information

Kashirin Dmitry E., doc. tech. Sciences., Head. cafe "Power Supply", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kadm76@mail.ru

Klochkov Anatoly Y., Ph.D. tech. Sciences, Assoc. cafe "Power Supply", Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, aklochkov@mail.ru.

Levina Tatyana A., Ph.D. economy sciences, head. cafe "Standardization, metrology and certification", Moscow Polytechnic University, t.a.levina@mospolytech.ru

Glukhikh Yakov M., student "Materials Science" Moscow Polytechnic University, pleerundead@gmail.ru

Chestnykh Albina R., assistant of the department "Standardization, metrology and certification", Moscow Polytechnic University, albinatchestnyh@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.01.2023; одобрена после рецензирования 15.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 20.01.2023; approved after reviewing 15.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.



Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 144-152
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 144-152

Научная статья
УДК 631.8
DOI:10.36508/RSATU.2023.78.49.019

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В ТАРЕ

Виктор Николаевич Мальчиков¹, **Константин Александрович Тишкин²**, **Дмитрий Сергеевич Рябчиков³**, **Валентин Алексеевич Макаров⁴**, **Игорь Александрович Мурог⁵**

^{1,2,3,4}Рязанский государственный аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

⁵Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г.Рязань, Россия

¹ malchikovvictor@yandex.ru

² kos.tishkin@gmail.com

³ rds_62@mail.ru

⁴va_makarov@rambler.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Решение проблемы обеспечения страны продовольственным сырьем и сельскохозяйственными продуктами зависит от общего развития всех звеньев агропромышленного комплекса. Транспорт в сельскохозяйственном производстве занимает особое место – он обеспечивает доставку сельскохозяйственной продукции на разных этапах ее переработки (с поля до хранилища, с хранилища до потребителя). Транспорт является звеном уникальной технологической цепочки в агропромышленном комплексе. Целью исследования является повышение эффективности транспортировки сельскохозяйственной продукции при мультимодальных перевозках.

Методология. Для определения варианта перевозки зерна, проанализированы два варианта доставки груза: зерновозом и контейнеровозом. Следует отметить, что существуют контейнеры для сыпучих грузов, в том числе и зерна. Преимущества контейнеров – минимизация времени перегрузки с автомобильного на железнодорожный транспорт. Для перевозки зерна в данной работе применяются автомобили на шасси КамАЗ-43118.

Результаты. Проанализировав характеристики подвижного состава для перевозки зерна, проведено исследование характеристик перевозки груза (время оборота, количество оборотов, производительность в тоннах и тонно-километрах). По полученным значениям сделан вывод, что применение контейнера со вкладышем увеличивает производительность перевозки зерна и является одним из самых эффективных способов взаимодействия автомобильного транспорта с железнодорожным. Техничко-экономическое обоснование также подтверждает применение контейнерной перевозки как рационального способа транспортировки зерна.

Заключение. В результате сравнения транспортировки посредством автомобиля-зерновоза и автомобиля-контейнеровоза выявлено, что транспортировка в контейнере требует в среднем меньших расходов по сравнению с перевозкой зерновозом. Это свидетельствует о целесообразности транспортировки зерновых масс с применением контейнеров, если рассматривать их внедрение на территории России.

Ключевые слова: грузовые перевозки, контейнер, зерно, автомобильный транспорт, погрузочно-разгрузочные работы

Для цитирования: Мальчиков В.Н., Тишкин К. А., Рябчиков Д.С., Макаров В.А., Мурог И.А. Некоторые технологические и энергетические аспекты транспортировки // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 144-152 <https://dji.org/10.36508/RSATU.2023.78.49.019>

Original article

SOME TECHNOLOGICAL AND ENERGY ASPECTS OF TRANSPORTING AGRICULTURAL PRODUCTS IN CONTAINERS

Viktor N. Malchikov¹, **Konstantin A. Tishkin²**, **Dmitry S. Ryabchikov³**, **Valentin A. Makarov⁴**, **Igor A. Murog⁵**

© Мальчиков В.Н., Тишкин К. А., Рябчиков Д.С., Макаров В.А., Мурог И.А., 2023 г.



^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

⁵ Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹ malchikovviktor@yandex.ru

² kos.tishkin@gmail.com

³ rds_62@mail.ru

⁴va_makarov@rambler.ru

⁵rsu@365.rsu.edu.ru

Annotation.

Problem and purpose. The solution to the problem of providing the country with food raw materials and agricultural products depends on the overall development of all links in the agro-industrial complex. Transport in agricultural production occupies a special place - it ensures the delivery of agricultural products at different stages of its processing (from the field to the storage, from the storage to the consumer). Transport is a link in a unique technological chain in the agro-industrial complex. The aim of the study is to increase the efficiency of transportation of agricultural products in multimodal transportation.

Methodology. To determine the option of transporting grain, two options for the delivery of cargo were analyzed: by a grain carrier and a container carrier. It should be noted that there are containers for bulk cargo, including grain. The advantages of containers are minimizing the time of transshipment from road to rail transport. For the transportation of grain in this work, vehicles on the KamAZ-43118 chassis are used.

Results. After analyzing the characteristics of the rolling stock for the transportation of grain, a study was made of the characteristics of the transportation of goods (turnover time, number of revolutions, productivity in tons and ton-kilometers). Based on the obtained values, it was concluded that the use of a container with an insert increases the productivity of grain transportation and is one of the most effective ways of interaction between road and rail transport. The feasibility study also confirms the use of container transportation as a rational way to transport grain.

Conclusion. As a result of comparing transportation by a grain truck and a container truck, it was revealed that transportation in a container requires on average lower costs compared to transportation by a grain truck. This indicates the feasibility of transporting grain masses using containers, if we consider their introduction on the territory of Russia.

Key words: freight transportation, container, grain, road transport, loading and unloading operations

For citation: Malchikov V.N., Tishkin K.A., Kuminov N. M., Murog I.A. Some technological and energy aspects of transporting agricultural products in containers // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023 Vol. 15, No. 1 P 144-152 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.78.49.019>

Введение

Сельское хозяйство – основное звено в структуре агропромышленного комплекса (АПК) России. Оно производит более 48 % объема сельскохозяйственной продукции, владеет 68 % основных производственных фондов комплекса, в нем занято почти 67 % работающих в производственных отраслях агропромышленного комплекса [1]. Для получения качественного конечного продукта основная роль отводится другому направлению агропромышленного комплекса – отрасли, занимающейся переработкой сельскохозяйственного сырья.

К примеру, в Соединённых Штатах Америки доля перерабатывающих и сбытовых отраслей составляет 73 % в сельскохозяйственной продукции, а сельское хозяйство дает только 13 %. Решение проблемы обеспечения страны продовольственным сырьем и сельскохозяйственными продуктами зависит от общего развития всех звеньев агропромышленного комплекса [1].

В настоящее время к значительным потерям сельхозпродукции приводит плохое развитие перерабатывающих производств АПК, производственной инфраструктуры комплекса. Например, потери урожая зерновых составляют 30 %, картофеля и овощей – 40-45 %. Потребность в оборудовании производств по переработке сельско-

хозяйственного сырья удовлетворяется только на 55-60 %, степень износа оборудования около 76 % [1].

Транспорт в сельскохозяйственном производстве занимает особое место – он обеспечивает доставку сельскохозяйственной продукции на разных этапах ее переработки (с поля до хранилища, с хранилища до потребителя). Транспорт является звеном уникальной технологической цепочки в агропромышленном комплексе.

Эффективность сохранности сельхозпродукции во многом определяется уровнем его транспортного обслуживания, характеризующегося большим объемом перевозок в короткие сроки, и, в частности, эффективной работой автотранспорта. Сравним перевозку зерна зерновозом и автоконтейнеровозом, используя шасси КамАЗ-43118.

Материалы и методы исследования

Для того чтобы определить рациональный вариант перевозки зерна, проанализируем два варианта доставки груза: зерновозом и контейнеровозом. Следует отметить, что существуют контейнеры для сыпучих грузов, в том числе и зерна. Преимущество контейнеров – минимизация времени перегрузки с автомобильного на железнодорожный транспорт. Для перевозки зерна применяется автомобиль на шасси КамАЗ-43118 (рис. 1).



Рис. 1 – Шасси автомобиля КамАЗ-43118
(Fig. 1 - KAMAZ-43118 chassis)

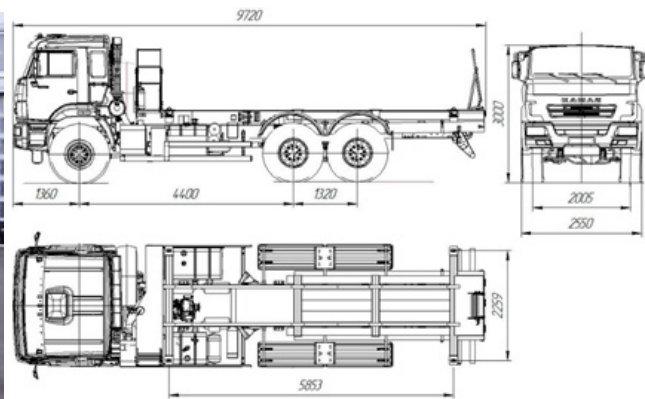


Рис. 2 – Габаритные размеры шасси КамАЗ-43118
(Fig. 2 - Overall dimensions of the KAMAZ-43118 chassis)

На рисунке 2 показаны габаритные размеры контейнеровоза. Технические характеристики шасси автотранспортного средства марки КамАЗ-43118 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики шасси автотранспортного средства марки КамАЗ-43118
(данные завода-изготовителя)

Двигатель	
Количество и расположение цилиндров	8, V-образное
Рабочий объём цилиндров, (см ³)	11 762
Максимальная мощность, (кВт)	221 (300 (л.с.))
Топливо	Дизельное
Технические характеристики контейнеровоза	
Погрузочная высота платформы контейнера	1 450 (мм)
Крепления на платформе	под морской 20-ти футовый контейнер типа 1С
Грузоподъемность платформы под контейнер	12 (т)
Габаритные размеры контейнера	<ul style="list-style-type: none"> • длина – 6 050 (мм) • ширина – 2 438 (мм) • высота – 2 438
Лестница	<ul style="list-style-type: none"> • с поручнями в передней части платформы • со съёмными поручнями в задней части платформы
Ширина технологической площадки	500 (мм)
Трубы для перевозки оборудования	<ul style="list-style-type: none"> • 140 (мм), L = 4 050 (мм) – 2 (шт.) • 189 (мм), L = 3 900 (мм) – 5 (шт.)
Средства безопасности	<ul style="list-style-type: none"> • сертифицированный искрогаситель • огнетушитель • знак аварийной остановки • аптечка • противооткатные упоры – 2 штуки • боковое защитное устройство • заднее защитное устройство

Шасси КамАЗ-43118 в базовой комплектации имеет стоимость, одинаковую для и для зерновоза, и для контейнеровоза, отличия в надстройке. Средний расход топлива – 35 литров на 100 км.

В сравнении рассмотрен зерновоз КамАЗ-43118 (рис. 3) и контейнеровоз на том же шасси (рис. 4). Контейнеровоз оснащен контейнерной площадкой под перевозку 20-футового контейнера.



Рис. 3 – Зерновоз марки КамАЗ-43118
(Fig. 3 - KAMAZ-43118 grain carrier)



Рис. 4 – Контейнеровоз марки КамАЗ-43118
(Fig. 4 - KAMAZ-43118 container truck)

Для транспортирования зерновой продукции к месту назначения применяются специализированные контейнеры (рис. 5). Контейнеры такого типа обеспечивают сохранность сыпучих грузов, в том числе и различной сельскохозяйственной продукции, во время перевозочного процесса. Еще один положительный момент при использовании контейнеров – минимизация временных затрат простоев транспортных средств в терминальных пунктах при перегрузке с одного вида транспорта

на другой. К примеру, для осуществления перевозочного процесса часто требуется применение железнодорожного транспорта и автомобильного. Контейнер, как универсальная тара, удобен при организации комбинированных перевозок.

Конструкции контейнеров, предназначенных для перевозки сыпучей сельскохозяйственной продукции, уделяется особое внимание. Данный контейнер должен иметь абсолютную герметичность, на люках и дверях необходимы резиновые прокладки для уплотнения при их закрытии во избежание потери груза при транспортировании. Внутри контейнера – гладкие поверхности для облегчения процесса чистки и для полной выгрузки перевозимого груза. Часто контейнер дополняется специальным вкладышем для перевозки зерна. Параметры контейнера для перевозки зерна представлены в таблице 2.



Рис. 5 – Балковый контейнер для перевозки сыпучих грузов
(Fig. 5 - Bulk container for the transport of bulk goods)

Организация перевозочного процесса с помощью контейнера снижает себестоимость перевозки за счет сохранения или увеличения производительности, минимизации временных показателей при погрузке и разгрузке (контейнер разгружается только в конечном пункте, при комбинированных перевозках он перемещается при помощи козлового крана с одного вида транспортного средства на другой).

Таблица 2 – Параметры контейнера для перевозки зерна

Технические параметры зернового контейнера 20-футов	
Максимальная масса брутто при загрузке 90 %, кг	25 000
Масса тары, кг	2 720
Внутренний объем (номинальный), м ³	31,7
Условия перевозки по ГОСТ 23216-78	Средние
Размеры габаритные: ДхШхВ, мм	6 058 x 2 438 x 2 591
Размеры внутренние: ДхШхВ, мм	5 838 x 2 340 x 2 314
Размеры загрузочного люка: диаметр, мм	500



Продолжение таблицы 2

Размеры разгрузочного люка: ШхВ, мм	2000 x 340
Размеры дверного проема: ШхВ, мм	1000 x 1900
Диапазон предельных температур эксплуатации, °С	от – 50 до + 70
Максимальная нагрузка на одну стойку при штабелировании, кН	848
Вентиляционное устройство	лабиринтное
Способ загрузки	вакуумная загрузка, пневмозагрузка, загрузка транспортером, загрузка с канто-вателем
Способ выгрузки	вакуумная выгрузка, пневмовыгрузка, торцевая выгрузка контейнерным канто-вателем

Основной функцией контейнера в процессе транспортирования является обеспечение погрузочно-разгрузочных операций. От вида данных операций зависит скорость процесса погрузки-разгрузки. Данный контейнер обладает специализированными элементами, позволяющими использовать механизированный способ погрузки-разгрузки с помощью вакуумного и пневматического насосов, а также кантователей различных типов. Вкладыш внутри контейнера повышает безопасность при транспортировании сыпучих грузов (рис. 6).

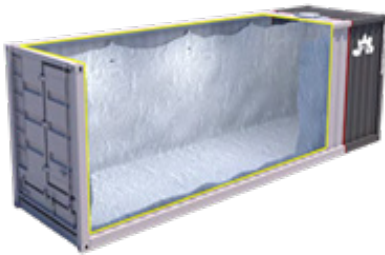


Рис. 6 – Конструкция контейнера с вкладышем (Fig. 6 - Filling the container with the liner)

Уникальность данного контейнера в том, что его технические параметры дают возможность применения общедоступных погрузочно-разгрузочных средств, а это значит, что данные процессы грузоотправители и грузополучатели могут проводить непосредственно на предприятиях. К примеру, выгрузка контейнера осуществляется посредством его подъема под углом и естественного высыпания груза.

Выгрузка зерна производится одним из традиционных способов. Это либо кантователь с гидравлическим подъемом контейнера для естественного сыпания зерновых, либо выгрузка при помощи вакуумных или пневматических перегружателей, а также транспортеров.

Результаты исследований

При организации доставки сельскохозяйственных продуктов часто используются несколько видов транспорта (осуществляется мультимодаль-

ная перевозка). Для организации транспортировки необходимо осуществить логистическую цепочку поставки зерна от грузоотправителя к грузополучателю. Логистическая цепочка представляет собой перечень определенных показателей, влияющих на транспортирование груза:

- время оборота, время цикла перевозки;
- время, затраченное на погрузочно-разгрузочные работы;
- время движения по маршруту;
- сверхнормативное время (время, которое затрачено не по графику);
- время в транспортном заторе;
- время, затраченное на устранение поломки автотранспортного средства);
- количество ездов (оборотов) за рабочий день;
- производительность перевозки (транспортная работа);
- экономические показатели (общие затраты, себестоимость, доход, прибыль, рентабельность).

Показатели, перечисленные выше, влияют на весь логистический цикл, и играют решающую роль в доставке продукции до получателя. Разнообразие решений логистических задач, методика осуществления доставки товара должны взаимодействовать и с выпуском продукции, и со складированием данного вида товара. Расчет основных показателей показывает качество организации перевозочного процесса.

Эксплуатационные качества подвижного состава влияют на показатели процесса транспортирования. К данным качествам относятся:

- грузоподъемность;
- грузоместимость;
- удельная грузоподъемность объема кузова;
- удельная грузоподъемность площади кузова;
- расстояние перевозки;
- погрузочно-разгрузочные операции;
- механизация погрузочно-разгрузочных работ.

В таблице 4 показаны результаты исследований.



Таблица 4 – Результаты исследований показателей перевозки зерна

Наименование	Формула	Расчет	
		Зерновоз марки КамАЗ-43118	Контейнеровоз марки КамАЗ-43118
Время одного оборота на маршруте	$t_{об} = t_n + t_{дв} + t_p + t_{дв}$	4,2 часа	2,92 часа
Число оборотов автомобиля на маршруте за сутки	$n_{об} = \frac{T_m}{t_{об}}$	2 оборота	3 оборота
Производительность в тоннах	$Q_{сут} = Q_{пр} * n_{об} * \gamma_c$	20 тонн	30 тонн
Производительность в тонно-километрах	$W_{сут} = Q_{сут} * l_{ег}$	1 660 тонно-километров	2 490 тонно-километров
Количество машин для перевозки запланированного объема груза (9 500 тонн за 150 дней)	$A_m = Q_{пл} / Q_{сут} * D_k$	4 единицы техники	2 единицы техники

В качестве комплексного показателя технологических и энергетических аспектов транспортирования сельскохозяйственной продукции использован технико-экономический эффект перевозки

зерна зерновозом и автоконтейнеровозом на базе шасси КамАЗ-43118. Результаты оценки комплексного показателя проекта приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Техничко- экономический эффект проекта

Основные показатели	Буквенное обозначение	Числовое значение	
		Зерновоз на шасси КамАЗ 43118	Контейнеровоз на шасси КамАЗ 43118
Заработная плата водителя	$ЗП_v$	25 000 руб	37 500 руб
Общие затраты на доставку	$З_{общ}$	7 891 840,2 руб	7 000 536,4 руб
Себестоимость доставки	S	2 630,6 руб/т	1 555,6 руб/т
Доход от доставки груза	D	9 000 000 руб	9 000 000 руб
Прибыль от доставки груза	P	1 108 159,8 руб	1 999 463,6 руб
Рентабельность перевозочного процесса	R	14 %	28,6 %
Срок окупаемости проекта	$C_{окуп}$	7,1 лет	3,5 года

Анализ полученных результатов показал, что при использовании контейнеровоза для перевозки зерна показатели прибыли и рентабельности увеличились, себестоимость и срок окупаемости уменьшился. Использование контейнера со вкладышем для перевозки зерна считается эффективным и экономически выгодным способом по сравнению с обычным зерновозом. Вместе с тем, грузоперевозки зерновых культур в контейнерах требуют решения ряда вопросов технологического характера. В частности, речь идет о необходимости наличия груза для перемещения в обратную сторону для минимизации нерационального расхода топлива и прочих ресурсов; наличия автоматизированных средств у отправителя и получателя груза для удобства загрузки и выгрузки зерна. Также требуется решить вопрос полноценного ис-

пользования вместимости всего объема контейнера.

Заключение

В результате сравнения транспортировки посредством автомобиля-зерновоза и автомобиля-контейнеровоза было установлено, что транспортировка контейнером требует в среднем меньше расходов по сравнению с перевозкой зерновозом. Это свидетельствует о целесообразности транспортировки зерновых масс с применением контейнеров с вкладышами, если рассматривать их внедрение на территории России.

Список источников

1. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Костенко Н.А., Юхин И.А., Колотов А.С., Колупаев С.В., Креков С.А., Рябчиков Д.С., Жуков К.А. Неко-



торые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 592-608.

2. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Рябчиков Д.С., Кулик С.Н. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 142-168.

3. Гришкова, Д. Ю. Расчет оптимального варианта транспортировки зерна / Д. Ю. Гришкова, Д. С. Манзурова. — Текст: непосредственный // Проблемы современной экономики: материалы VIII Междунар. науч. конф. (г. Казань, декабрь 2018 г.). — Казань: Молодой ученый, 2018. — С. 47-49. — URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/317/14650/> (дата обращения: 08.05.2022).

4. Пискачев, И. А. Повышение сохранности сельскохозяйственной продукции при транспортировке / И. А. Пискачев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 11.3 (145.3). — С. 49-51. — URL: <https://moluch.ru/archive/145/40908/> (дата обращения: 08.05.2022).

5. Пробин П.С. О некоторых аспектах проблемы грузоперевозок продукции сельскохозяйственных товаропроизводителей в контексте текущих тенденций отечественного рынка транспортных услуг // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/03/79774> (дата обращения: 08.05.2022).

6. Постолова Д.С., Курочкин В.Н. Анализ внутрихозяйственных перевозок зерна с поля в пункт первичной подработки зерна // В сборнике: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В рамках Агропромышленного форума юга России: выставок «Интерагромаш», «Агротехнологии». 2021. С. 318-322. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302367>.

7. Воронина М.В., Артемьев В.Г., Курдюмов В.И., Измайлов З.Р. Устройство для перевозки и хранения зерна. Патент на изобретение RU 2371334 С2, 27.10.2009. Заявка № 2007133974/11 от 11.09.2007.

8. Митько О.А. Логистические технологии перевозки и экспорта российского зерна: тенденции и перспективы. Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2015. № 4 (52). С. 33-40.

9. Сенько В.И., Пигунов А.В., Афанасьев П.М.

Напряженно деформированное состояние кузова вагона-хоппера для перевозки зерна. Наука и образование транспорту. 2016. № 1. С. 74-75.

10. Kaiyrbekov S.Y., Zhakupova S.S. An alternative solution to the grain transportation. Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2019. № 27. С. 50-54.

11. Дэльз С.В. Развитие транспортно-логистической системы экспортной перевозки зерна // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ. Москва, 2012.

12. Елизаров В.П., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л., Курбанова Е.С. Контейнерная технология перевозок зерна в селекции и первичном семеноводстве. Владимирский земледелец. 2013. № 3 (65). С. 34-35.

13. Исюк А.С., Николаев Н.Н. Совершенствование процесса перевозок зерна подвижным составом в период уборки на примере сельскохозяйственного предприятия. Перспективные технологии в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических комплексов. Министерство сельского хозяйства РФ; Азово-Черноморский инженерный институт - филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде; Редакционная коллегия; Совет инженерно-технологического факультета и Совет молодых ученых и специалистов. 2018. С. 47-48.

14. Манзурова Д.С., Гришкова Д.Ю. Контейнеры в мультимодальных перевозках зерна. Интеллектуальный потенциал Сибири. материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции: в 3 частях. Под. ред. Соколовой Д.О., Новосибирск, 2020. С. 308-309.

15. Nolan J and Drew W (2002). An update on regulatory change in the Canadian grain handling and transportation industry. Can J Agric Econ 50: 85-98.

16. Sherlock R, Mooney P, Husdal J, Winstanley A (2002) Shortest path computation: a comparative analysis. Working paper presented at the Annual conference on geographic information science research, University of Sheffield. Available at http://www.cs.may.ie/~pmooney/Sherlock_et_al.pdf.

17. Успенский И.А., Юхин И.А., Кулик С.Н., Рябчиков Д.С., Пименов А.Б., Рублев К.М. Инновационная техника для транспортировки продукции растениеводства. В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию института механики и энергетики. 2012. С. 223-227.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Kokorev G.D., Kostenko M.YU., Rembalovich G.K., Kostenko N.A., YUhin I.A., Kolotov A.S., Kolupaev S.V., Krekov S.A., Ryabchikov D.S., ZHukov K.A. Nekotorye aspekty snizheniya povrezhdenij plodov pri uborochno-transportnyh rabotah. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 121. S. 592-608.
2. Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., YUhin I.A., Ryabchikov D.S., Kulik S.N. Puti dal'nejshej modernizacii transportnyh sredstv dlya APK. *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 123. S. 142-168.
3. Grishkova, D. YU. Raschet optimal'nogo varianta transportirovki zerna / D. YU. Grishkova, D. S. Manzurova. — Tekst: neposredstvennyj // *Problemy sovremennoj ekonomiki: materialy VIII Mezhdunar. nauch. konf. (g. Kazan', dekabr' 2018 g.)*. — Kazan': Molodoj uchenyj, 2018. — S. 47-49. — URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/317/14650/> (data obrashcheniya: 08.05.2022).
4. Piskachev, I. A. Povyshenie sohrannosti sel'skohozyajstvennoj produkcii pri transportirovke / I. A. Piskachev. — Tekst: neposredstvennyj // *Molodoj uchenyj*. — 2017. — № 11.3 (145.3). — S. 49-51. — URL: <https://moluch.ru/archive/145/40908/> (data obrashcheniya: 08.05.2022).
5. Probin P.S. O nekotoryh aspektah problemy gruzoperevozok produkcii sel'skohozyajstvennyh tovaroproizvoditelej v kontekste tekushchih tendencij otechestvennogo rynka transportnyh uslug // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. 2017. № 3 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/03/79774> (data obrashcheniya: 08.05.2022).
6. Postolova D.S., Kurochkin V.N. Analiz vnutrihozyajstvennyh perevozok zerna s polya v punkt pervichnoj podrobotki zerna // V sbornike: *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik nauchnyh trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V ramkah Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii: vystavok «Interagromash», «Agrotekhnologii»*. 2021. S. 318-322. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302367>.
7. Voronina M.V., Artem'ev V.G., Kurdyumov V.I., Izmajlov Z.R. Ustrojstvo dlya perevozki i hraneniya zerna. Patent na izobrenenie RU 2371334 C2, 27.10.2009. Zayavka № 2007133974/11 ot 11.09.2007.
8. Mit'ko O.A. Logisticheskie tekhnologii perevozki i eksporta rossijskogo zerna: tendencii i perspektivy. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINH)*. 2015. № 4 (52). S. 33-40.
9. Sen'ko V.I., Pigunov A.V., Afanas'kov P.M. Napryazhenno deformirovannoe sostoyanie kuzova vagona-hoppera dlya perevozki zerna. *Nauka i obrazovanie transportu*. 2016. № 1. S. 74-75.
10. Kaiyrbekov S.Y., Zhakupova S.S. An alternative solution to the grain transportation. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2019. № 27. S. 50-54.
11. Del'z S.V. Razvitie transportno-logisticheskoy sistemy eksportnoj perevozki zerna // avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Mosk. gos. un-t putej soobshch. (MIIT) MPS RF. Moskva, 2012.
12. Elizarov V.P., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L., Kurbanova E.S. Kontejnernaya tekhnologiya perevozok zerna v selekcii i pervichnom semenovodstve. *Vladimirskij zemledec*. 2013. № 3 (65). S. 34-35.
13. Isyuk A.S., Nikolaev N.N. Sovershenstvovanie processa perevozok zerna podvizhnyim sostavom v period uborki na primere sel'skohozyajstvennogo predpriyatiya. *Perspektivnye tekhnologii v ekspluatcii transportnyh i transportno-tekhnologicheskikh kompleksov. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF; Azovo-CHernomorskij inzhenernyj institut - filial Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya «Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet» v g. Zernograde; Redakcionnaya kollegiya; Sovet inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta i Sovet molodyh uchenyh i specialistov*. 2018. S. 47-48.
14. Manzurova D.S., Grishkova D.YU. Kontejnery v mul'timodal'nyh perevozkah zerna. *Intellektual'nyj potencial Sibiri. materialy 28-oj Regional'noj nauchnoj studencheskoj konferencii: v 3 chastyah*. Pod. red. Sokolovoj D.O., Novosibirsk, 2020. S. 308-309.
15. Nolan J and Drew W (2002). An update on regulatory change in the Canadian grain handling and transportation industry. *Can J Agric Econ* 50: 85-98.
16. Sherlock R, Mooney P, Husdal J, Winstanley A (2002) Shortest path computation: a comparative analysis. Working paper presented at the Annual conference on geographic information science research, University of Sheffield. Available at http://www.cs.may.ie/~pmooney/Sherlock_et_al.pdf.
17. Uspenskij I.A., YUhin I.A., Kulik S.N., Ryabchikov D.S., Pimenov A.B., Rublev K.M. Innovacionnaya tekhnika dlya transportirovki produkcii rastenievodstva. V sbornike: *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 55-letiyu instituta mekhaniki i energetiki*. 2012. S. 223-227.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.



Информация об авторах

Мальчиков Виктор Николаевич, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, malchikovviktor@yandex.ru

Тишкин Константин Александрович, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kos.tishkin@gmail.com

Рябчиков Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механика, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rds_62@mail.ru

Макаров Валентин Алексеевич, д-р. техн. наук, профессор кафедры ОТП и БЖД, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, va_makarov@rambler.ru

Мурог Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, и.о. ректора Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина, rsu@365.rsu.edu.ru

Author Information

Malchikov Viktor N., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, malchikovviktor@yandex.ru

Tishkin Konstantin A., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kos.tishkin@gmail.com

Ryabchikov Dmitry S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rds_62@mail.ru

Makarov Valentin A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of OTP and BZHD, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, va_makarov@rambler.ru

Murog Igor A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Rector of the Ryazan State University named after S.A. Yesenin, rsu@365.rsu.edu.ru

Статья поступила в редакцию 22.02.2023; одобрена после рецензирования 07.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 22.02.2023; approved after reviewing 07.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.3.083, 631.37
DOI: 10.36508/RSATU.2023.55.49.020

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СОПЛА ГОРЕЛКИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ

Евгений Васильевич Пухов¹, **Вячеслав Леонидович Сидоренков²**, **Иван Алексеевич Успенский³**, **Иван Александрович Юхин⁴**, **Олег Владимирович Филюшин⁵**

^{1,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Россия

¹ puma231@yandex.ru

² sidorenkov.slava@yandex.ru

³ ivan.uspensckij@yandex.ru

⁴ yuival@rambler.ru

⁵ olegfil93@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Прекращение технического обслуживания сельскохозяйственной техники и поставок запасных частей рядом иностранных компаний поставило под угрозу не только бесперебойную эксплуатацию машин и оборудования, но и проведение сельскохозяйственных работ. Без технического обслуживания могут остаться более 50000 тракторов. Несмотря на увеличение количества произведенных в 2022 году в Российской Федерации сельскохозяйственных машин (рост объемов производства более чем на 20 процентов в сравнении с 2021 годом), переход на отечественную технику займет несколько лет. В данной ситуации приобретает важность и актуальность распространение и повышение эффективности технологий восстановления и упрочнения высоконагруженных деталей машин. Целью исследований являлось улучшение качества наносимых покрытий на детали на основе повышения точности определения параметров технологического процесса газотермического напыления (в частности, процессов распределения тепла в детали).

Методология. Особая роль в работе отведена моделированию процессов распределения тепловой энергии и нахождению касательной скорости движения сопла горелки относительно обрабатываемой поверхности. Определение уровня достоверности полученных зависимостей проводилось путем сравнения результатов имитационного моделирования процессов газотермического плакирования (протекающих при формировании покрытий), полученных на ЭВМ, с результатами практических опытов.

Результаты. Изучение тепловых процессов имеет важное значение для поиска рациональных параметров нанесения материалов, обеспечивающих требуемое качество покрытий (в нашем случае на примере нанесения порошковых материалов). Исследования показали, что оптимальный диапазон касательной скорости движения горелки относительно детали составляет 1,0-1,5 мм/с. В этом случае не допускается образование окалины на поверхности детали. Отклонения значений, полученных в ходе опытов, от расчетных находятся в пределах допустимой погрешности.

Заключение. Приведенный в работе с использованием технологии газотермического плакирования эксперимент подтвердил эффективность предложенной ранее модели распределения тепла для решения подобного рода задач.

Ключевые слова: восстановление, порошковые покрытия, термические методы, газотермическое плакирование, моделирование, температура поверхности

Для цитирования: Пухов Е.В., Сидоренков В.Л., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В. Исследование скорости движения сопла горелки относительно обрабатываемой поверхности детали при газотермическом напылении // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 153-159 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.55.49.020](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.55.49.020)



Original article.

STUDY OF THE SPEED OF MOVEMENT OF THE BURNER NOZZLE RELATIVE TO THE PROCESSED PIECE SURFACE DURING THERMAL GAS SPRAYING**Evgeniy V. Pukhov¹✉, Vyacheslav L. Sidorenkov², Ivan A. Uspensky³, Ivan A. Yukhin⁴, Oleg V. Filyushin⁵**^{1,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia¹ puma231@yandex.ru² sidorenkov.slava@yandex.ru³ ivan.uspensckij@yandex.ru⁴ yuival@rambler.ru⁵ olegfil93@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The cessation of maintenance of agricultural machinery and the supply of spare parts by a number of foreign companies jeopardized not only the uninterrupted operation of machinery and equipment, but also the performance of agricultural operations. More than 50,000 tractors might be left without maintenance. Despite the increase in the number of agricultural machines produced in the Russian Federation in 2022 (the increase in production volumes by more than 20 percent compared to 2021), the transition to domestic equipment will take several years. In this situation, the distribution and efficiency improvement of technologies for the restoration and hardening of parts of highly loaded machine parts becomes important and relevant. The aim of the study was to improve the quality of coatings applied on spare parts by increasing the accuracy of determining the parameters of the technological process of gas thermal spraying (in particular, the processes of heat distribution in the part).

Methods. The important role in the study is assigned to modeling the processes of distribution of thermal energy and finding the tangential velocity of the burner nozzle relative to the surface to be treated. The determination of the level of reliability of the obtained dependences was carried out by comparing the results of simulation modeling of the processes of gas-thermal cladding (occurring during the formation of coatings) obtained on a computer, with the results of practical experiments.

Results. The study of thermal processes is important for finding rational parameters for applying materials that provide the required quality of coatings (in our case, using the example of applying powder materials). Experiments have shown that the optimal range of the tangential speed of the burner relative to the part is 1.0 ... 1.5 mm / s. In this case, the formation of scale on the surface of the part is prevented. Deviations of the values obtained during the experiments from the calculated ones are within the permissible error.

Conclusion. The experiment presented in the work using the technology of gas-thermal cladding confirmed the effectiveness of the heat distribution model proposed earlier for solving similar problems.

Key words: restoration, powder coatings, thermal methods, gas-thermal cladding, modelling, surface temperature

For citation: Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filyushin O.V. Study of the speed of movement of the burner nozzle relative to the processed piece surface during thermal gas spraying. //Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 153-159 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.55.49.020>

Введение

Несмотря на улучшение характеристик и увеличения количества производимых в Российской Федерации транспортных и технологических машин, доля импортной продукции преобладает (рис. 1). Разнообразие российских природных и климатических условий предъявляет повышенные требования к надежности техники (повышению показателей безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости) [1, 6]. В связи с текущей обстановкой часть зарубежных компаний, производящих или экспортирующих в РФ технику, ушли с российского рынка, прекратив техническое обслуживание и реализацию запасных частей [7].

По оценкам Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России большинство крупных за-

рубежных концернов ушли с российского рынка, поставив под угрозу прекращение технического обслуживания около 50 тысяч тракторов [4]. Образовавшуюся на рынке нишу занимают производители из России и дружественных или нейтральных стран. Ассоциация «Ростсельмаш» за первое полугодие 2022 года увеличила объем продаж отечественной сельскохозяйственной техники на 21,7 %. Руководитель Петербургского тракторного завода Сергей Серебряков заявил, что в течение первых шести месяцев 2022 года было произведено 2000 единиц техники (рост составил 22 %) [3]. Республика Беларусь также увеличила поставки техники в Российскую Федерацию, но конкретные цифры по товарным поставкам на зарубежные рынки не разглашаются [2].

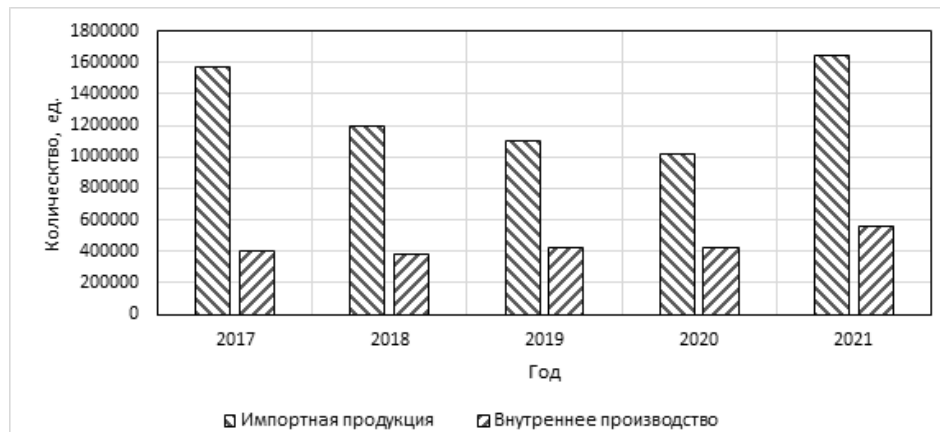


Рис. 1 – Количество реализованной в Российской Федерации техники в 2017-2021 г.
(Fig. 1 - Number of equipment sold in the Russian Federation in 2017-2021)

Однако процесс перехода на доступную в создавшихся условиях технику займет несколько лет. Сельскохозяйственные предприятия ищут новые пути поставок запасных частей (параллельный импорт), производят разборку машин на запасные части, а также производят восстановление изношенных деталей.

Механический износ деталей машин является неизбежным процессом, определяющим срок службы изделия до списания или капитального ремонта. Устранение механических дефектов осуществляется следующими способами:

- заменой изношенных частей деталями номинального размера;
- заменой изношенных частей деталями ремонтного размера с механической обработкой мест их сопряжения;
- установкой ремонтных вставок с механической обработкой мест их сопряжения;
- восстановлением изношенных деталей до номинальных размеров с использованием технологий нанесения восстанавливающих покрытий;
- и др.

При отсутствии поставок запасных частей зарубежного производства особенно актуальными становятся технологии восстановления и упрочнения металлических деталей. По сравнению с доступными к приобретению деталями ремонт дает выгоду, составляющую от 20 до 60 % стоимости новых изделий [5,9].

Цель исследований – повышение качества наносимых покрытий путем повышения точности теоретических расчетов основных параметров технологического процесса геотермического плакирования и, в первую очередь, процессов распределения тепла в детали. Важность решения задачи контроля температурных значений на поверхности детали изложена в работе [8]. Для определения уровня достоверности полученных зависимостей нами предлагается использовать сравнение результатов имитационного моделирования процессов газотермического плакирования

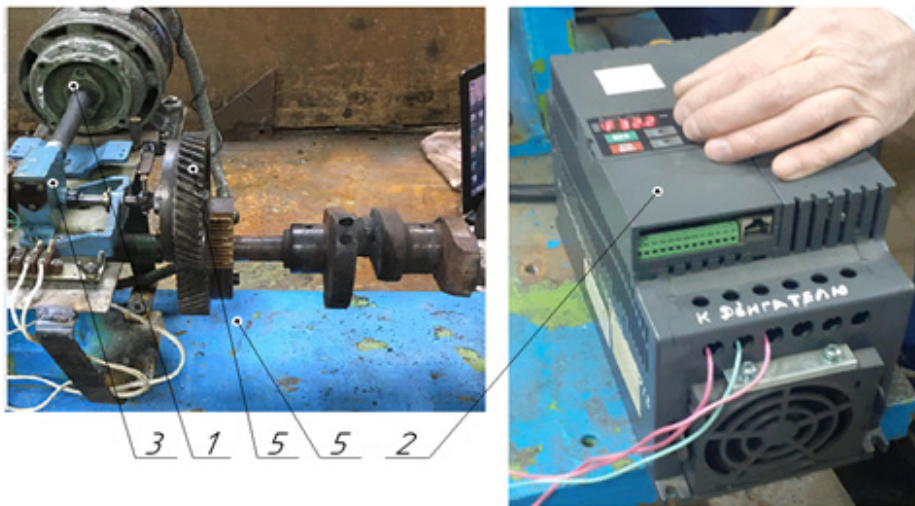
(протекающих при формировании покрытий) с результатами практических опытов.

Материалы и методы исследования

С целью моделирования протекающих в детали процессов распределения тепла был использован метод дискретизирования прямоугольной сеткой, состоящей из узлов. Разработанная модель представлена в работе [10]. Это позволило рассчитать основные параметры, влияющие на качество получаемых покрытий. В нашем случае независимой переменной процесса была взята касательная скорость (скорость движения газовой горелки относительно поверхности детали), а расстояние от сопла газовой горелки d до поверхности детали было неизменным. Зависимыми переменными являлись показатели эффективности нанесения покрытия и при этом фиксировались: средняя по времени температура в месте нанесения покрытия, максимальная температура с обратной стороны детали и общая мощность, переданная детали газовой горелкой.

Для исследования влияния касательной скорости v газовой горелки на показатели эффективности нанесения покрытия провели серию из четырех экспериментов (реализованных с использованием ЭВМ), в которых скорость v принимала значения 0,5; 1,0; 2,0 и 2,5 мм/с. При этом были получены значения средней температуры T_p в месте нанесения покрытия и максимальной температуры с обратной стороны детали $T_{об}$, а также тепловой мощности W , переданной детали.

С целью проверки уровня достоверности теоретических результатов было произведено нанесение порошкового покрытия с использованием технологии газотермического плакирования при четырех значениях касательной скорости газовой горелки: 1,0, 1,5, 2,0 и 2,5 мм/с. Практические исследования проводились на опытной установке (рис. 2) в лаборатории кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.



1 – электродвигатель АОЛ2-21-4; 2 – контроллер оборотов Delta Electronics VFD075E43A; 3 – редуктор червячный; 4 – зубчатая передача; 5 – станина

Рис. 2 – Опытная установка

(Fig. 2 - Pilot plant:

1 - electric motor AOL2-21-4; 2 – speed controller Delta Electronics VFD075E43A; 3 – worm gearbox; 4 – gear transmission; 5 – frame)

Обрабатываемая деталь приводилась во вращение асинхронным трехфазным электродвигателем АОЛ2-21-4 (поз.1) через червячный редуктор с передаточным отношением 1:10 (поз.3) и зубчатую передачу с передаточным отношением 1:2 (поз.4). Частота вращения электродвигателя задавалась контроллером оборотов Delta Electronics VFD075E43A (поз.2). Газовая горелка перемещалась по осям X и Y посредством шаговых электродвигателей. Все детали установки закреплялись на станине (поз.5).

Опытным образцом служила цилиндрическая деталь диаметром 42 мм, изготовленная из стали марки 45. Толщина наносимого покрытия составляла 1 мм, обработка поверхности шейки была проведена за 4-6 оборотов вала. Ширина дорожки наносимого материала изменялась в диапазоне от 6 до 8 мм.

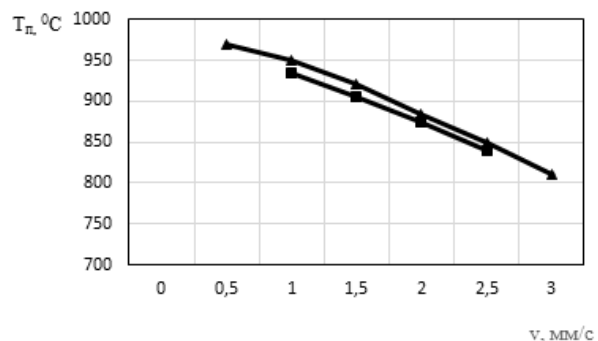
Использовался самофлюсующийся порошок ПР-Х4ГСР, разработанный и производимый АО «Полема». Данный порошок характеризуется высокой твердостью, хорошо противостоит абразивному и гидроабразивному износу. Твердость полученных покрытий составила 60-64 HRC.

Во время проведения экспериментов были учтены технологические особенности процесса упрочнения и восстановления деталей машин, в том числе: очистка моющим составом в соответствии с рекомендациями его завода-изготовителя; дефектация; подготовка порошка (хранение в условиях, указанных заводом-изготовителем порошка, сушка в случае длительного хранения (более 2 месяцев) в сушильном шкафу при температуре 130-150° С в течение 1,5 часов); подготовка поверхности (механическая обработка черновым «грубым» точением в необходимый размер; обезжиривание синтетическими моющими средствами по ГОСТ 9.402 с последующей сушкой; по-

следующая механическая обработка полученной поверхности (шлифование по параметрам, указанным заводом-изготовителем) с контролем качества поверхности.

Результаты исследований и их обсуждение

Эксперименты показали, что с увеличением окружной скорости движения горелки снижается температура в области нанесения покрытия. При значениях скорости v 2-2,5 мм/с температура достигает нижнего значения оптимального диапазона. Это связано с тем, что снижается уровень локального нагрева детали (рис. 3).



■ – опытная проверка; ▲ – теоретические расчеты

Рис. 3 – Результаты влияния скорости движения горелки v по отношению к восстанавливаемой поверхности на среднюю температуру T_n в месте нанесения покрытия

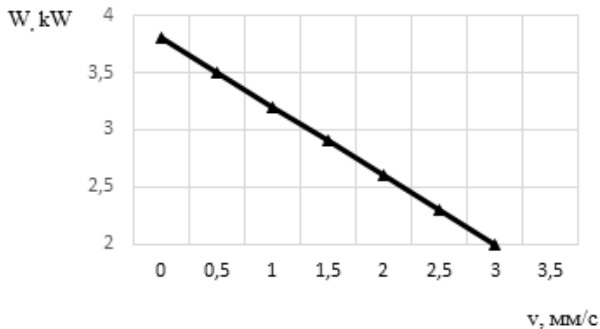
(Fig. 3 - The results of the influence of the burner speed v with respect to the surface to be restored on the average temperature T_n at the place of coating:

■ - experimental check; ▲ – theoretical calculations)

При этом незначительно увеличивается температура на обратной стороне обрабатываемой де-



тали (рис.4), так как снижается время от прохода горелки определенной области до измерения данной области пирометром.



■ – опытная проверка; ▲ – теоретические расчеты

Рис. 4 – Результаты влияния скорости движения горелки v по отношению

к восстанавливаемой поверхности на максимальную температуру с обратной стороны $T_{об}$: (Fig. 4 - The results of the influence of the speed of movement of the burner v in relation to the surface to be restored to the maximum temperature on the reverse side $T_{об}$: ■ - experimental check; ▲ – theoretical calculations)

Передаваемая детали тепловая мощность уменьшается с увеличением окружной скорости движения горелки практически линейно. Расход газа, а следовательно, и тепловая мощность газовой горелки остается неизменной, однако, за счет сокращения времени обработки уменьшается энергия (работа), произведенная газовой горелкой, а также уменьшается время для отвода теплоты в атмосферу от детали опытной установки (рисунок 5).

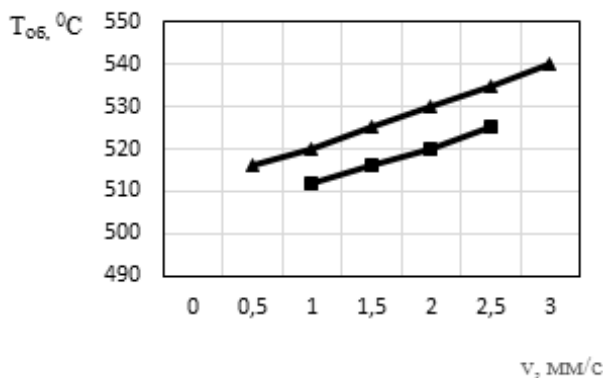


Рис. 5 – Результаты влияния скорости движения горелки v по отношению к восстанавливаемой поверхности на тепловую энергию W переданную детали (▲ – теоретические расчеты)

(Fig. 5 - The results of the influence of the speed of the burner v in relation to the restored surface on the thermal energy W transferred to the part (▲ - theoretical calculations))

Реализация модели с использованием ЭВМ и результаты экспериментов показали практически схожий рациональный диапазон касательной скорости движения горелки в диапазоне 1,0-1,5 мм/с.

При этом достигается оптимальная температура в точке нанесения покрытия (920-950° С), что обуславливается характеристикой применяемого порошка. Значение температуры на обратной стороне обрабатываемой детали в таком случае не превышает 520° С. Тем самым не допускается образование окалины на поверхности детали. Отклонения значений, полученных в ходе опытов, от расчетных составляют не более 5 %.

Заключение

1. Определена масштабность и важность проблемы поддержания в исправном состоянии транспортных и технологических машин. Предложено совершенствование технологии восстановления изношенных деталей машин за счет моделирования тепловых процессов.

2. Проведенная проверка разработанной математической модели распределения тепла в обрабатываемой детали с использованием технологии геотермического плакирования на примере определения влияния окружной скорости движения газовой горелки на показатели эффективности нанесения покрытия (средней по времени температуры в месте нанесения покрытия, максимальной температуры с обратной стороны детали и общей мощности, переданной детали газовой горелкой) подтвердила ее достоверность. Оптимальный диапазон скорости движения горелки составил 1,0-1,5 мм/с. Указанная методика может использоваться для определения характеристик последующих слоев нанесения покрытия.

Список источников

1. Бышов Н.В. Перспективы технической эксплуатации мобильных средств сельскохозяйственного производства / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Н.В. Аникин, Г.А. Борисов, А.А. Голиков, И.Н. Кирюшин, Г.Д. Кокорев, С.В. Колупаев, М.Ю. Костенко, А.М. Кравченко, М.Б. Латышенок, С.Д. Полищук, Г.К. Рембалович, А.А. Симдянкин, С.В. Тимохин, И.А. Успенский, А.В. Шемякин, И.А. Юхин: учеб. пособие. Рязань, 2015. 80 с.

2. Даренских С., Кислекова А. Рынок сельхозтехники глазами экспертов БЕЛАГРО-2022 [Электронный ресурс] / Glavpahar.ru, 01.08.2022 — URL: <https://glavpahar.ru/articles/rynok-selhoztehnik-glazami-ekspertov-belagro-2022> (дата обращения: 10.11.2022).

3. Коренева А. В Минпромторге оценили шансы ушедших западных компаний вернуться в Россию [Электронный ресурс] / Агентство экономической информации Прайм, 19.08.2022 — URL: <https://1prime.ru/business/20220819/837832143.html> (дата обращения: 10.11.2022).

4. Коренева А. Тракторам готовят «пятiletку»: в Госдуме обсудили ситуацию на рынке сельхозтехники [Электронный ресурс] / Agrobook.ru, 13.07.2022. URL: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksandra-koreneva/traktoram-gotovyat-pyatiletku-v-gosdume-obsudili-situaciyu-na-rynke> (дата обращения: 10.11.2022).

5. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубан-



ского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075. – EDN SZVWWV.

6. Левицкий А. Деревенские страхи: как санкции сказались на российском сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / Forbes.ru, 11.08.2022 — URL: <https://www.forbes.ru/biznes/474055-derevenskie-strahi-kak-sankcii-skazalis-na-rossijskom-sel-skom-hozajstve> (дата обращения: 10.11.2022).

7. Новые санкции против России: влияние на рынок сельскохозяйственной техники в 2022 году [Электронный ресурс] / Магазин исследований РБК — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/> (дата обращения: 11.11.2022).

8. Пухов, Е. В. Экспериментальные исследования поверхностного окисления деталей сельскохозяйственной техники при восстановлении газотермическим способом / Е. В. Пухов, К. В. Загоруйко, И. В. Щеголев // Международный технико-

экономический журнал. – 2020. – № 3. – С. 54-61. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-72-3-54-61. – EDN KCQBVX.

9. Кокорев, Г. Д. Стратегии технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 3(34). – С. 72-75. – EDN KZOGSB.

10. Determining the temperature values on the surface of complex curvilinearly bent agricultural machine parts during the formation of powder coatings by thermal methods. Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Shchegolev I.V // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. С. 012139.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Byshov N.V. Perspektivy tekhnicheskoy ekspluatatsii mobil'nyh sredstv sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / N.V. Byshov, S.N. Borychev, N.V. Anikin, G.A. Borisov, A.A. Golikov, I.N. Kiryushin, G.D. Kokorev, S.V. Kolupaev, M. Yu. Kostenko, A.M. Kravchenko, M.B. Latyshenok, S.D. Polishchuk, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, S.V. Timohin, I.A. Uspenskij, A.V. Shemyakin, I.A. Yuhin: ucheb. posobie. Ryazan', 2015. 80 s.

2. Darenskih S., Kislekova A. Rynok sel'hoztehniki glazami ekspertov BELAGRO-2022 [Elektronnyj resurs] / Glavpahar.ru, 01.08.2022 — URL: <https://glavpahar.ru/articles/rynok-selhoztehniki-glazami-ekspertov-belagro-2022> (дата обращения: 10.11.2022).

3. Koreneva A. V Minpromtorge ocenili shansy ushedshih zapadnyh kompanij vernut'sya v Rossiyu [Elektronnyj resurs] / Agentstvo ekonomicheskoy informatsii Prajm, 19.08.2022 — URL: <https://1prime.ru/business/20220819/837832143.html> (дата обращения: 10.11.2022).

4. Koreneva A. Traktoram gotovyat «pyatiletku»: v Gosdume obsudili situatsiyu na rynke sel'hoztehniki [Elektronnyj resurs] / Agrobook.ru, 13.07.2022. URL: <https://agrobook.ru/blog/user/aleksandra-koreneva/traktoram-gotovyat-pyatiletku-v-gosdume-obsudili-situatsiyu-na-rynke> (дата обращения: 10.11.2022).

5. Tendentsii perspektivnogo razvitiya sel'skohozyajstvennogo transporta / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, D. S. Ryabchikov [i dr.] // Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 101. – С. 2060-2075. – EDN SZVWWV.

6. Levickij A. Derevenskie strahi: kak sankcii skazalis' na rossijskom sel'skom hozyajstve [Elektronnyj resurs] / Forbes.ru, 11.08.2022 — URL: <https://www.forbes.ru/biznes/474055-derevenskie-strahi-kak-sankcii-skazalis-na-rossijskom-sel-skom-hozajstve> (дата обращения: 10.11.2022).

7. Novye sankcii protiv Rossii: vliyanie na rynek sel'skohozyajstvennoj tekhniki v 2022 godu [Elektronnyj resurs] / Magazin issledovaniy RBK — URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13374/> (дата обращения: 11.11.2022).

8. Puhov, E. V. Eksperimental'nye issledovaniya poverhnostnogo okisleniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki pri vosstanovlenii gazotermicheskim sposobom / E. V. Puhov, K. V. Zagorujko, I. V. Shchegolev // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2020. – № 3. – С. 54-61. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-72-3-54-61. – EDN KCQBVX.

9. Kokorev, G. D. Strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil'nogo transporta / G. D. Kokorev, I. A. Uspenskij, I. N. Nikolotov // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2009. – № 3(34). – С. 72-75. – EDN KZOGSB.

10. Determining the temperature values on the surface of complex curvilinearly bent agricultural machine parts during the formation of powder coatings by thermal methods Pukhov E.V., Sidorenkov V.L., Shchegolev I.V // V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. S. 012139.

**Contribution of the authors:**

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

Информация об авторах:

Пухов Евгений Васильевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, puma231@yandex.ru

Сидоренков Вячеслав Леонидович, аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, sidorenkov.slava@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, yuival@rambler.ru

Филюшин Олег Владимирович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, olegfil93@mail.ru

Author Information

Pukhov Evgeniy V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, puma231@yandex.ru

Sidorenkov Vyacheslav L., Postgraduate Student, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, sidorenkov.slava@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

Filyushin Oleg V., Candidate of technical sciences, assistant of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, olegfil93@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.02.2023; одобрена после рецензирования 22.02.2022; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 06.02.2023; approved after reviewing 22.02.2022; accepted for publication 22.02.2022.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с. 160-167
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 160-167

Научная статья
УДК 631.8
DOI: 10.36508/RSATU.2023.63.66.021

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ ДОРОЖНЫХ И ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Алина Александровна Тимакина¹✉, Никита Михайлович Куминов², Дмитрий Сергеевич Рябчиков³, Вячеслав Михайлович Ульянов⁴, Игорь Александрович Мурог⁵

^{1,2,3,4} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г.Рязань, Россия

⁵ Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г.Рязань, Россия

¹ timackinaa@yandex.ru

² nikitak311@gmail.com

³ rds_62@mail.ru

⁴ulyanov-v@list.ru

⁵ rsu@365.rsu.edu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследования является оценка способа перевозки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающего заданный уровень сохранности продукции.

Методология. Анализ производился с помощью учебно-методических пособий по грузоперевозкам на автомобильном транспорте на предприятии ООО «Фикстрафик», г. Рязань, ул. Стройкова, дом 11, офис 1.

Результаты. Анализ существующих условий перевозки плодовой и овощной продукции выявил необходимость учета большего количества факторов, влияющих на товарный вид и качественные характеристики. С учетом анализируемых факторов математическая модель позволит наиболее корректно оценить стоимость перевозки.

Заключение. В результате учета наиболее влияющих на сохранность продукции факторов можно получить математическую модель для оценки стоимости перевозок, оптимизации маршрутов транспортировки при сохранении желаемого уровня качества продукции.

Ключевые слова: грузовые перевозки, транспортная задача, автомобильный транспорт

Для цитирования: Тимакина А.А., Куминов Н.М., Рябчиков Д.С., Ульянов В.М., Мурог И.А. Анализ математической модели транспортирования грузов с учетом дорожных и природно-климатических условий // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 160-167 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.66.021>

Original article

ANALYSIS OF A MATHEMATICAL MODEL OF FREIGHT TRANSPORT TAKING INTO ACCOUNT ROAD AND NATURAL-CLIMATIC CONDITIONS

Alina A. Timakina¹✉, Nikita Mi. Kuminov², Dmitry S. Ryabchikov³, Ulyanov Vyacheslav M⁴, Igor A. Murog⁵

^{1,2,3,4}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

⁵ Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹ timackinaa@yandex.ru

² nikitak311@gmail.com

³rds_62@mail.ru

⁴ rsu@365.rsu.edu.ru

⁴ulyanov-v@list.ru

⁵ rsu@365.rsu.edu.ru

Annotation.

Problem and goal. The purpose of the study is to assess the widespread consumption of products, a given

© Тимакина А. А., Куминов Н. М., Рябчиков Д. С., Ульянов В.М., Мурог И.А., 2023 г.



level of product safety.

Methodology. The analysis was carried out with the help of teaching aids on cargo transportation by road transport at the company Fixtrafik LLC, Ryazan, st. Stroykova, house 11, office 1.

Results. After analyzing the conditional restrictions on yield and vegetable products, cases of taking into account a larger number of factors affecting the presentation and quality characteristics were identified. Taking into account the analysis of the possible, the mathematical model most correctly estimates the cost.

Conclusion. As a result of taking into account the factors most affecting the safety of products, it is possible to obtain a mathematical model for estimating the cost of transportation, optimizing transportation routes while maintaining the desired level of "quality" of products.

Key words: freight transportation, transport task, road transport

For citation: Timakina A.A., Kuminov N.M., Ryabchikov D.S., Ulyanov V.M., Murog I.A. Analysis of a mathematical model of freight transport taking into account road and natural-climatic conditions // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 160-167 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.63.66.021>

Введение

Вопрос транспортировки продукции к потребителю всегда является актуальным для производителей. С учетом ежегодного роста объемов производства, необходимость повышения качества доставки также возрастает. Ввиду обширности территорий Российской Федерации и разнообразия природно-климатических зон в различных регионах наблюдается неравномерность в производстве сельскохозяйственной продукции, при этом объемы потребления сельскохозяйственной продукции населением во всех точках нашей страны независимо от географического положения находятся примерно на одном уровне. Так же остро стоит в настоящее время вопрос транспортировки при экспорте и импорте продукции в другие страны в условиях экономических санкций при разрыве существовавших ранее налаженных логистических цепочек.

Основные объемы перевозок сельскохозяйственной продукции выполняются автомобильным транспортом ввиду его преимущества в первую очередь по стоимости, а также надежности, скорости и возможности контроля при помощи современных систем навигации [1,2]. При перевозке автомобильным транспортом на качественные характеристики продукции оказывают влияние различные факторы. При длительном воздействии негативных факторов, таких как низкие температуры и неудовлетворительное состояние дорожного полотна, возможна порча перевозимой продукции, а следовательно, и серьезные финансовые потери производителя.

Стоимость транспортировки сельскохозяйственной продукции является одним из основополагающих факторов для производителей, который оказывает существенное влияние на стоимость продукции и для каждого конечного потребителя [3,4].

Основные функции упаковки

В настоящее время в процессе производства продукции любого типа упаковка имеет большое значение. Главными задачами упаковки является предотвращение повреждений на всех стадиях производства и возможность автоматизации процесса погрузки и разгрузки.

Тара – это основной элемент упаковки продукции, который представляет собой специальное изделие для размещения сельскохозяйственной продукции, используемое при транспортировке [5,6].

В современном мире при осуществлении доставки различной продукции, данный процесс невозможен без специальной упаковки. Все товары, как продовольственные, так и непродовольственные, должны быть доставлены потребителю без повреждений. Подготовка продукции к реализации путем упаковки является в настоящее время элементом процесса производства [7, 8]. Основные функции упаковки: рационализация, дозирующая, маркетинговая, экологическая, эксплуатационная, хранения, защитная, транспортировочная, информационная и нормативно-законодательная.

Для транспортировки плодовой и овощной продукции первоочередными являются функции хранения и защиты [9].

Тару для транспортировки плодов и овощей классифицируют по виду применяемого материала и исполнению [10]. При изготовлении тары используют следующие материалы: дерево, картон, металл, текстиль и различные полимеры. По виду исполнения тара может быть представлена ящиками, коробками, мешками и др.

Самая распространённая для транспортировки фруктов и овощей тара – это ящики (рис. 1):

- из гофрированного картона;
- дощатые многооборотные;
- полимерные многооборотные.



Рис. 1 – Наиболее распространенные типы тары для транспортировки сельскохозяйственной продукции
(Fig. 1 - The most common types of packaging for the transport of agricultural products)



Полимерная тара обладает следующими преимуществами:

- гигиеничность (так как она моется и дезинфицируется);
- эстетичный вид;
- устойчивость к внешним воздействиям;
- многооборотность;
- штабелируемость.

Картонная тара также имеет преимущества перед дощатой:

- легкость;
- простота переработки;
- воздухообмен;
- многооборотность (для специального водостойчивого картона).

Кроме тары при транспортировке применяются также дополнительные упаковочные материалы, такие как стружка, специальная бумага, прокладки из прессованного картона и др.

Лучшей упаковкой признаны ячеистые прокладки из картона или пластика. Такая упаковка позволяет разделить и зафиксировать каждую единицу продукции, таким образом предотвращая возможные повреждения от соприкосновения и возможных ударов при транспортировке продукции. Правильный выбор упаковки позволит существенно сократить издержки производителя, при этом за счет многооборотности и возможности переработки применяемой современной упаковки позволит снизить возможный экологический урон.

Перевозка сельскохозяйственной продукции автотранспортом

Для сохранения товарного вида скоропортящейся продукции, такой как овощи и фрукты, перевозка осуществляется специализированным

автомобильным транспортом.

В зависимости от вида перевозимой продукции подбирается подходящий автотранспорт:

1. Грузовые автомобили «вротент»/«Еврофура», используются при температуре воздуха выше нуля для перевозки продукции на небольшие расстояния (рис. 2).

2. Термофургоны/Изотермические фургоны, со слоем термоизоляции. Температура внутри фургона сохраняется во время доставки. В зависимости от класса транспортного средства возможно поддерживать температуру внутри фургона от +12° С до -20° С. Также существуют фургоны, в которых можно поддерживать различную температуру в разных отделениях.

3. Фургоны-рефрижераторы, позволяют поддерживать и регулировать температуру в процессе перевозки (рис. 3). Используются для сохранения продукции при неблагоприятных природно-климатических условиях, в основном для скоропортящейся продукции.

Объем перевозимого груза в еврофургоне – до 45 м³; в еврофурах – в диапазоне между 82 м³ и 100 м³. Выбор транспортного средства зависит в первую очередь от необходимого объема перевозимой продукции, качественных характеристик перевозимого груза, качества его упаковки. Использование термофургонов и рефрижераторов позволит дольше сохранить свежесть продовольственных товаров.

Различают скоропортящиеся грузы по происхождению и по необходимости соблюдения определенного температурного режима. В таблице 1 приведены необходимые температурные режимы для транспортировки различных типов грузов.



Рис. 2 – Примеры автотранспортных грузовых средств для перевозки продукции с евротентом
(Fig. 2 - Examples of motor vehicles for transporting products with a eurotent)



Рис. 3 – Примеры автотранспортных грузовых средств для перевозки продукции с грузовым отсеком типа термофургон/изотермический фургон или рефрижератор
(Fig. 3 - Examples of road freight vehicles for the transport of products from the cargo compartment of the type of thermal van / isothermal van or refrigerator)



Таблица 1 – Температурные режимы для транспортировки грузов

№ п/п	Тип груза	Температурный режим
1	Свежий	Без температурной обработки
2	охлажденный	от -6° С до +4° С
3	Замороженный	от -7° С до -17° С
4	Глубоко замороженный	- 18° С и ниже
5	Подогреваемый	Подогревание до температуры выше окружающей среды

Использование автотранспорта в некоторых хозяйствах может быть сопряжено с рядом проблем:

- неэффективность использования, связанная с простоем;
- неудовлетворительное состояние транспортной инфраструктуры;
- недостаточный уровень диспетчеризации;
- моральный износ и устаревание используемых транспортных средств.

Верный выбор производителем транспортного средства для перевозки своей продукции позволит сократить издержки времени и скорости доставки, а также предотвратить возможные повреждения груза в пути.

Факторы, влияющие на сохранность сельскохозяйственных грузов

Выбор и оценка влияния факторов, оказывающих воздействие на сельскохозяйственную продукцию в процессе перевозки, позволит производителю принимать оптимальные решения на своем предприятии. Одним из основных факторов, оказывающих влияние на любой груз в процессе транспортировки, является время. В понятие времени включается время на осуществление погрузки (T_n) и разгрузки (T_p), время, необходимое для оформления сопроводительной документации и прохождения контроля качества (T_d), время нахождения груза непосредственно в пути (T_s), а также время ожидания подачи транспорта ($T_{под}$) для осуществления погрузочно-разгрузочных работ. Таким образом, время может быть рассчитано по следующей формуле:

$$T_{общ} = T_n + T_p + T_d + T_s + T_{под}$$

На величину каждой из составляющих времени оказывают влияние следующие факторы.

- вид перевозимого груза;
- возможность автоматизации процесса погрузки/разгрузки;
- протяженность маршрута транспортировки;
- процесс контроля перевозимой продукции;
- упаковка;
- тип покрытия автомобильной дороги;
- характеристики применяемого автомобильного транспорта;
- процесс оформления необходимой документации для осуществления перевозки;
- психофизиологические особенности обслуживающего персонала;
- компетентность руководящего персонала.

Далее необходимо рассмотреть возможность повреждения или порчи груза. Повреждение его возможно на всех этапах процесса перевозки. По-

мимо порчи от внешних механических факторов (при погрузке и разгрузке), также имеет место естественная убыль груза (усушка и усадка в зависимости от типа перевозимой продукции) в процессе транспортировки и хранения.

Одним из важных факторов является также стоимость перевозки. В идеальных условиях стоимость должна стремиться к минимуму, однако в реальных условиях необходимо найти оптимальное значение стоимости перевозки с учетом существующих ограничений, отсюда возникает необходимость решения транспортной задачи для определения производителем оптимальной стоимости продукции для реализации нескольким потребителям.

Математическая модель для оптимизации процесса перевозки грузов при воздействии внешних факторов

Необходимость построения математической модели обусловлена необходимостью оптимизации процесса перевозки с учетом внешних возмущений. Для решения поставленной задачи по оптимизации процесса перевозки сельскохозяйственной продукции с использованием тары была применена транспортная задача линейного программирования. Применение данной модели позволяет оценить затраты, возникающие при перевозках, и найти пути с наименьшей стоимостью транспортировки. На рисунке 4 приведен пример схемы транспортной задачи.

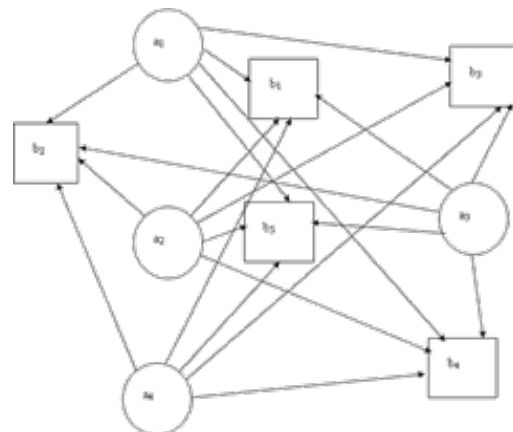


Рис. 4 – Пример схемы транспортной задачи (Fig. 4 - An example of a transport task scheme)

Классическая математическая модель транспортной задачи имеет вид [7].



$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, 2, \dots, m, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Классическая модель не позволяет оценить возможность повреждения груза, а также не учитывается оценка состояния груза при погрузке и приемке у потребителя. Для оптимизации процесса перевозок плодовой и овощной продукции необходимо учитывать все наиболее важные факторы, влияющие на сохранность продукции. Таким образом, негативное влияние рассматриваемых факторов в модели повышает тариф на перевозку, увеличивая тем самым и общие затраты на перевозку продукции. При учете природно-климатических условий и состояния используемых при перевозке автомобильных дорог транспортная модель будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} (c_{ij} + \max(c_{ij}^r; c_{ij}^w)) \rightarrow \min, \\ c_{ij}^r = \begin{cases} 0 - \text{ для магистральных автомобильных дорог,} \\ > 0 - \text{ для иных типов дорог,} \end{cases} \\ c_{ij}^w = \begin{cases} 0 - \text{ для благоприятных природно - климатических условий,} \\ > 0 - \text{ для иных погодных условий,} \end{cases} \end{cases}$$

где x_{ij} – груз, перевозимый на участке с тарифом c_{ij} .

c_{ij}^r – стоимость перевозки с учетом состояние автомобильной дороги;

c_{ij}^w – стоимость перевозки с учетом природно-климатических условий.

В будущем в модель могут быть добавлены новые факторы и произведена оценка их влияния на стоимость перевозок. Однако стоит также произвести оценку степени влияния каждого отдельного параметра на конечную функцию; чтобы избежать излишнего усложнения модели, в нее не следует включать факторы, оказывающие минимальное влияние.

Анализ вариантов маршрутов уборки урожая с поля

Анализ реальных условий работы имеет большое значение при построении модели. Для каждого производителя важно учитывать условия работы его предприятия: в первую очередь это природно-климатическая зона и степень развития транспортной инфраструктуры. Анализ произведен для существующего производителя сельскохозяйственной продукции, территориально расположенного в Касимовском районе Рязанской области. Анализ производился с учетом выделенных ранее факторов:

- тип и состояние покрытия автомобильной дороги, по которой осуществляется движение автомобильного транспорта с грузом;

- природно-климатические условия во время перевозки. Ниже представлена информация по автомобилям и прицепах, стоящим на балансе предприятия, которые могут быть задействованы при вывозе продукции с поля (табл. 2).

Таблица 2 – Транспортные средства, применяемые при доставке сельскохозяйственной продукции до места хранения

№ п/п	Тип ТС	Грузоподъемность, кг	V кузова, м ³	Расход топлива, л/100км при 60 км/ч
1	ГАЗ-3309	4500	5,0	14,5
2	ГАЗ-САЗ-4509	4250	5,0	15,4
3	ЗИЛ-ММЗ-45063	5700	6,0	26
4	КамАЗ-55102	7000	10,1	31
5	КАМАЗ 65115	14500	10	26
6	КАМАЗ 45143-6012-50	11700	15,2	26
7	КАМАЗ 65222	19500	12	40
8	МАЗ 5516	20000	15,4	38
9	МАЗ 5551	8500	5,5	23,21
10	Прицеп самосвальный Нефаз-8560-02	10000	15	-
11	Прицеп самосвальный ТЗА-8551М4-10	11000	20	-



Оценка затрат была проведена для с учетом норм расхода топлива при воздействии определенных выше факторов. Возможны 2 варианта перевозки сельскохозяйственной продукции с места уборки до склада (рис. 5):

– Маршрут № 1: 17,1 км; асфальтобетонное покрытие;

– Маршрут № 2: 13,8 км; преимущественно грунтовая дорога.

При организации процесса уборки сельскохозяйственной продукции при учете многих факторов на предприятии формируется парк транспортных средств. При необходимости увеличения скорости уборки применяются также прицепы.



Рис. 5 – Маршруты движения транспортных средств с уборки до места выгрузки (Fig. 5 - Routes of movement of vehicles from cleaning to the place of unloading)

Для имеющегося парка транспортных средств были получены следующие значения затрат на топливо на осуществление одной поездки из пункта А в пункт Б с учетом погодных условий и дорожного покрытия для имеющихся маршрутов, представленные на рисунке 6.

Из полученных данных можно сделать вывод, что при движении по маршруту № 1, несмотря на его большую протяженность, расход и затраты на топливо ниже, чем при движении по более короткому маршруту № 2. При неблагоприятных погодных условиях возрастают расходы топлива на обоих рассматриваемых вариантах маршрутов. Один автомобиль может выполнять в день

до 30-40 поездок и статья расходов на топливо при вывозе сельскохозяйственной продукции с поля становится одной из основных (в зависимости от типа ТС, до 10000-17000 рублей на один автомобиль). Возможность заранее оценить расход топлива с учетом воздействия внешних факторов позволяет принимать более грамотные управленческие решения, позволяя выработать оптимальные пути перевозки с возможным комбинированием обоих вариантов маршрутов при необходимости ускорения процесса уборки.

В таблице 3 приведены топливные затраты при использовании имеющегося парка транспортных средств с прицепом.

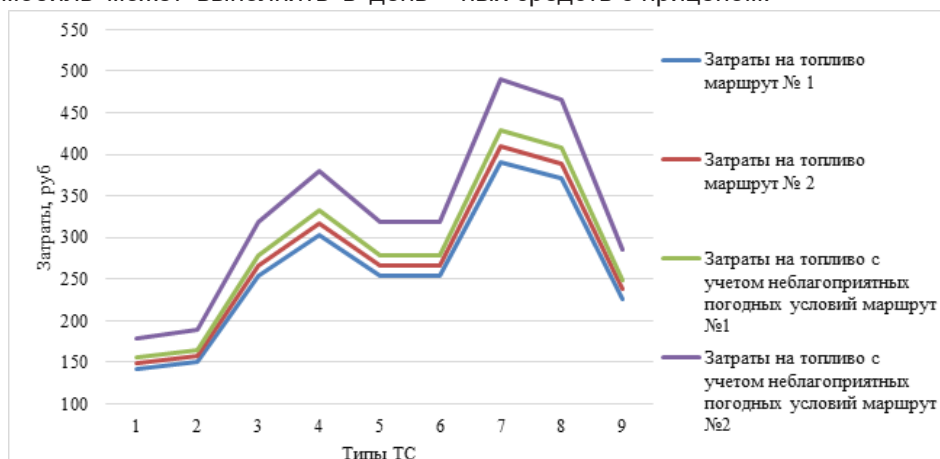


Рис. 6 – Затраты на топливо с учетом дорожного покрытия и погодных условий для существующего парка ТС для одной поездки с места уборки до места выгрузки (*типы ТС согласно таблице 2)

(Fig. 6 - Fuel costs, taking into account the road surface and weather conditions for the existing fleet of vehicles for one trip from the place of cleaning to the place of unloading (*types of vehicles according to table 2))



Таблица 3 – Топливные затраты с учетом использования прицепа

Транспортное средство	Топливные затраты с прицепом Нефаз, л/100 км	Топливные затраты с прицепом ТЗА, л/100 км
КамАЗ-55102	50,2361	51,1409
КАМАЗ-65115	50,70585	51,61065
КАМАЗ 45143-6012-50	48,66381	49,56861
КАМАЗ 65222	68,35235	69,25715
МАЗ 5516	66,717	67,6218
МАЗ 5551	43,54005	44,44485

При применении прицепов растет объем единоразово вывозимой продукции, однако при этом существенно возрастает расход топлива. Таким образом, необходимо также учитывать в модели тип применяемых автотранспортных средств.

Заключение

Проблема сохранения товарного вида продукции при транспортировке всегда остро стоит для производителей сельскохозяйственной продукции. Учет факторов, оказывающих наибольшее воздействие на качество продукции в процессе перевозки, позволит построить математические модели для определения оптимальных тарифов и условий транспортировки. Внесение уточнений в целевую функцию математической модели и ее граничные условия позволит получить более точную оценку стоимости грузоперевозки при заданном уровне сохранения качества продукции, а также оптимизировать пути перевозки при различных природно-климатических и дорожных условиях. Анализ математической модели транспортирования грузов с учетом дорожных и природно-климатических условий обеспечит увеличение производительности транспортных процессов и, как следствие, рост экономического эффекта.

Список источников

1. Куликов, Ю. И. Грузоведение на автомобиль-

ном транспорте / Ю.И. Куликов. - М.: Академия, 2019. - 214 с.

2. Туревский, И.С. Автомобильные перевозки. Учебное пособие. Гриф МО РФ / И.С. Туревский. - М.: Форум, 2018. - 230 с.

3. Модели и методы теории логистики / Под редакцией В.С. Лукинского. - М.: Питер, 2019. - 448 с.

4. Н.Г. Каменев Логистика. Учебное пособие / Н.Г. Каменев. - М.: Курс, 2019. - 328 с.

5. Основы логистики / В.А. Гудков и др. - М.: Горячая линия - Телеком, 2019. - 352 с.

6. С.В. Саркисов Логистика / С.В. Саркисов. - М.: Дело, 2020. - 616 с.

7. Т.А. Родкина Логистика / Под редакцией Б.А. Аникина, Т.А. Родкиной. - М.: ТК Велби, Проспект, 2019. - 408 с.

8. Fernando Barreiro-Pereira and Touria Abdelkader-Conde. "Fruit and Vegetables Transport Flows in South-West Europe Borders". *Acta Scientific Agriculture* 3.1 (2019): 164-176.

9. Bohlman, M.T. (2001) "ISO's container standards are nothing but good news", *ISO Bulletin*, Geneva: International Standards Organization, pp. 12-15.

10. Hayuth, Y. (1987) *Intermodality: Concept and Practice*, Essex: Lloyds of London Press.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kulikov, YU. I. *Gruzovedenie na avtomobil'nom transporte* / YU.I. Kulikov. - M.: Akademiya, 2019. - 214 s.
2. Turevskij, I.S. *Avtomobil'nye perevozki. Uchebnoe posobie. Grif MO RF* / I.S. Turevskij. - M.: Forum, 2018. - 230 s.
3. *Modeli i metody teorii logistiki* / Pod redakciej V.S. Lukinskogo. - M.: Piter, 2019. - 448 s.
4. N.G. Kamenev *Logistika. Uchebnoe posobie* / N.G. Kamenev. - M.: Kurs, 2019. - 328 s.
5. *Osnovy logistiki* / V.A. Gudkov i dr. - M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2019. - 352 s.
6. S.V. Sarkisov *Logistika* / S.V. Sarkisov. - M.: Delo, 2020. - 616 s.
7. T.A. Rodkina *Logistika* / Pod redakciej B.A. Anikina, T.A. Rodkinoj. - M.: TK Velbi, Prospekt, 2019. - 408 s.
8. Fernando Barreiro-Pereira and Touria Abdelkader-Conde. "Fruit and Vegetables Transport Flows in South-West Europe Borders". *Acta Scientific Agriculture* 3.1 (2019): 164-176.
9. Bohlman, M.T. (2001) "ISO's container standards are nothing but good news", *ISO Bulletin*, Geneva: International Standards Organization, pp. 12-15.
10. Hayuth, Y. (1987) *Intermodality: Concept and Practice*, Essex: Lloyds of London Press.

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

Тимакина Алина Александровна, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, timackinaa@yandex.ru

Куминов Никита Михайлович, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, nikitak311@gmail.com

Рябчиков Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rds_62@mail.ru

Ульянов Вячеслав Михайлович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева ulyanov-v@list.ru

Мурог Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, и.о. ректора Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина, rsu@365.rsu.edu.ru

Author Information

Timakina Alina Alexandrovna, postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, timackinaa@yandex.ru

Kuminov Nikita Mihailovich, postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, nikitak311@gmail.com

Ryabchikov Dmitry Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rds_62@mail.ru

Ulyanov Vyacheslav M., Doctor of Engineering in Science, Professor, Head of the Department of Technical Systems in the Agroindustrial Complex, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev ulyanov-v@list.ru

Murog Igor A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Rector of the Ryazan State University named after S.A. Yesenin, rsu@365.rsu.edu.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





Вестник РГАТУ, 2023, т.15, №1, с.168-174
Vestnik RGATU, 2023, Vol.15, №1, pp 168-174

Научная статья
УДК 629.735
DOI: 10.36508/RSATU.2023.17.18.022

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ-ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Николай Константинович Толочко¹✉, Николай Николаевич Романюк², Валерий Николаевич Еднач³, Дмитрий Валериевич Виноградов⁴, Кирилл Дмитриевич Сазонкин⁵

^{1,2,3}Белорусский государственный аграрный технический университет, г Минск, Республика Беларусь

^{4,5}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

¹N.tolochko@hotmail.com

²romanyuk-nik@tut.by

³val-e@mail.ru

⁴vdv-rz@rambler.ru

⁵kirill.sazonkin@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Существующие технические новшества в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) постепенно внедряются, а для некоторых агротехнических операций уже используются в современном сельскохозяйственном цикле выращивания растений. Дроны – новый вид агрегатов для мониторинга и обработок полей, однако из-за низкой разработанности вопроса их широкого применения необходимо проводить исследования по улучшению их конструкции и расширению области применения. Целью исследований являлось рассмотрение проблемы проектирования мультикоптеров-опрыскивателей с учетом возможности их изготовления посредством аддитивных технологий с упором на повышение грузоподъемности мультикоптеров.

Методология. Исследования были проведены в Белорусском государственном аграрном техническом университете с помощью расчетного метода.

Результаты. Результаты исследований показывают, что при изготовлении деталей мультикоптеров-опрыскивателей посредством аддитивных технологий возможно выпускать широкий спектр разнообразных моделей, в зависимости от области использования.

Заключение. В результате исследования были установлены технические моменты, корректируя которые на этапе производства мультикоптеров с помощью аддитивных технологий, возможно производить специализированные БПЛА.

Ключевые слова: мультикоптер, опрыскивание, грузоподъемность, проектирование, аддитивные технологии

Для цитирования: Толочко Н.К., Романюк Н.Н., Еднач В.Н., Виноградов Д.В., Сазонкин К.Д. Особенности проектирования мультикоптеров-опрыскивателей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 168-174 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.17.18.022>

Original article

DESIGN FEATURES OF MULTICOPTER SPRAYERS

Nikolai K. Tolochko¹✉, Nikolai N. Romanyuk², Valery N. Ednach³, Dmitry V. Vinogradov⁴, Kirill D. Sazonkin⁵

¹Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹N.tolochko@hotmail.com

²romanyuk-nik@tut.by

³val-e@mail.ru

⁴vdv-rz@rambler.ru



⁵kirill.sazonkin@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The existing technical innovations in the field of unmanned aerial vehicles are gradually being introduced, and for some agrotechnical operations are already being used in the modern agricultural cycle of growing plants. Drones are a new type of equipment for monitoring and post-treatment, however, due to the low development of the issue of their widespread use, it is necessary to conduct various studies to improve their design and expand their scope. The aim of the research was to consider the problems of designing multicopter sprayers, taking into account the possibility of their manufacture using additive technologies, with an emphasis on increasing the carrying capacity of multicopters.

Methodology. The studies were carried out at the Belarusian State Agrarian Technical University using the calculation method.

Results. The research results show that when manufacturing parts for multicopter sprayers using additive technologies, it is possible to produce a wide range of different-sized models, depending on the area of use.

Conclusion. As a result of the study, technical points were established, correcting which at the stage of production of multicopters using additive technologies, it is possible to produce specialized UAVs.

Key words: multicopter, spraying, carrying capacity, design, additive technologies

For citation: Tolochko N.K., Romanyuk N.N., Ednach V.N., Vinogradov D.V., Sazonkin K.D. Design features of multicopter sprayers// Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 168-174 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.17.18.022>

Введение

С каждым годом в сельском хозяйстве все шире применяются беспилотные летательные аппараты (дроны). Особая роль отводится дронам-опрыскивателям, обеспечивающим высокоэффективную обработку полей жидкофазными пестицидами. Среди них видное место занимают мультикоптеры.

Один из важнейших функциональных параметров дронов – грузоподъемность, которая характеризуется возможностью использования максимальной полезной нагрузки. В случае дрона-опрыскивателя полезной нагрузкой является распыляемая рабочая жидкость.

Грузоподъемность дронов зависит от особенностей их конструкции, которые определяются на этапе проектирования с учетом поставленных эксплуатационных задач. Как правило, на конструкции проектируемых дронов накладываются различные ограничения, обусловленные спецификой применяемых технологий их изготовления. При изготовлении дронов по традиционным технологиям эти ограничения могут создавать существенный барьер на пути повышения грузоподъемности. В последние годы для изготовления дронов применяются аддитивные технологии (технологии 3D-печати), которые не только снимают значительную часть ограничений по их проектированию, связанных с традиционными технологиями, но также открывают принципиально новые возможности проектирования [8].

В данной статье рассмотрены некоторые методические аспекты проектирования мультикоптеров-опрыскивателей (МО), в том числе с учетом возможностей их изготовления с помощью аддитивных технологий. Особое внимание уделено повышению грузоподъемности МО.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований явились составные части мультикоптера. Основой научных исследований явилось обобщение теоретических результатов по изучаемому вопросу и проведение физико-математических расчетов по общепринятым методикам и законам.

Результаты исследований

В состав типовой конструкции МО входят следующие основные компоненты: рама; двигатели, снабженные пропеллерами; система опрыскивания; система управления; источник энергопитания; бак для рабочей жидкости.

Рама является главной корпусной деталью, она несет на себе все остальные компоненты конструкции МО. Двигатели с пропеллерами размещаются на концах стержнеобразных элементов рамы, называемых лучами.

Система опрыскивания содержит распылительные форсунки, которые, как и двигатели, размещаются на концах лучей рамы, и насос, который нагнетает рабочую жидкость из бака к форсункам по трубопроводам. Возможны варианты систем опрыскивания, содержащих не один, а несколько насосов (в отдельности для каждой форсунки). Также системы опрыскивания могут содержать расходомеры, регуляторы скорости потока, фильтры и т.п.

Система управления содержит полетный контроллер, к которому подключен набор разных датчиков: акселерометр (отслеживает линейное перемещение МО), барометр (определяет высоту нахождения МО); гироскоп (определяет ориентацию МО в пространстве); GPS-модуль (определяет местоположение МО на основе сигналов от спутников) и др. Контроллер имеет проводную связь с двигателями, что позволяет давать им управляющие сигналы для пилотирования. Система управления может обеспечивать автономную работу МО либо управлять им дистанционно с помощью оператора, для чего МО снабжается приемопередающим радиоустройством.

В качестве источника энергопитания обычно используется аккумуляторная батарея, которая является сменным компонентом: в случае разрядки она заменяется новой, заряженной батареей.

Бак для рабочей жидкости также является сменным компонентом: в случае опорожнения во время работы МО он при необходимости заменяется новым, заполненным баком. Бак обычно подвешивается к раме с помощью подвесного приспособления (захвата) или устанавливается во



встроенном в раму гнезде. Рабочая жидкость подается из бака к форсункам насосом.

Грузоподъемность МО представляет собой отношение массы полезной нагрузки, $m_{пн}$, к полной (взлетной) массе МО, m_o :

$$Q = m_{пн} / m_o \quad (1)$$

Полная масса МО определяется выражением $m_o = m_o^* + m_{пн}$,

где m_o^* – масса всех компонентов конструкции МО без учета массы полезной нагрузки.

Как отмечалось выше, полезной нагрузкой МО является рабочая жидкость, которой заполняется бак. Однако иногда к полезной нагрузке, кроме рабочей жидкости, относят сам бак, а также некоторые элементы конструкции, например, насос. Для определенности будем рассматривать в качестве полезной нагрузки только рабочую жидкость.

Выражение (1) с учетом (2) можно представить в виде

$$Q = \left(\frac{m_o^*}{m_{пн}} + 1 \right)^{-1} \quad (3)$$

откуда следует, что грузоподъемность тем больше, чем больше отношение массы полезной на-

грузки, т.е. массы рабочей жидкости, максимально заполняющей бак, $m_{пн}$, к массе всех компонентов конструкции МО, включая массу бака, m_o^* .

Типичные значения грузоподъемности различных МО, а также других видов дронов показаны в табл. 1 [1]. Как видно из таблицы, доля полезной нагрузки в общей массе дрона сравнительно невелика и, следовательно, ее повышение является актуальной задачей.

Рассматривая возможные пути повышения полезной нагрузки, следует исходить из необходимости выполнения условия

$$F_t > P_o, \quad (4)$$

где $P_o = m_o g$ – полный (взлетный) вес МО, g – ускорение свободного падения, F_t – сила тяги, создаваемая вращающимися пропеллерами МО [15]. Поскольку дрон движется по горизонтали относительно земной поверхности достаточно медленно, то можно считать, что сила тяги F_t приблизительно равна подъемной силе. При выполнении условия $F_t > P_o$ дрон поднимается вверх; если $F_t = P_o$, то он зависает над землей на некоторой фиксированной высоте; если $F_t < P_o$, то он опускается вниз.

Таблица 1 - Технические характеристики мультикоптеров

№п/п	Модель, тип	$m_{пн}$, кг	m_o , кг	q ($m_{пн} / m_o$)	Целевая нагрузка
1	JT10L-404QC (4)	14	27	0,52	Рабочая жидкость
2	JT16L-404QC (4)	22	40	0,55	- // -
3	JT30L-606 (6)	38,5	67	0,57	- // -
4	A60-X (4)	17	55	0,31	- // -
5	A20-X (6)	10	21	0,48	СН
6	A10-X (4)	2	12	0,17	- // -
7	A9-X (4)	2,5	9	0,28	- // -

Примечания: 1. Условные обозначения: (4) – квадрокоптер; (6) – гексакоптер; СН – специальная нагрузка (мониторинговое оборудование); 2. Производство: Joyance Tech, Китай (№ = 1...3) и Китайско-Белорусское ЗАО АТК, Беларусь (№ = 4...7)

С учетом изложенного выше, можно указать два основных способа повышения полезной нагрузки $m_{пн}$: 1) за счет уменьшения m_o^* при сохранении неизменного значения F_t и 2) за счет увеличения F_t при сохранении неизменного значения m_o^* . Также возможно объединение обоих способов, а именно: повышение $m_{пн}$ за счет одновременного уменьшения m_o^* и увеличения F_t .

Уменьшение m_o^*

Значение m_o^* может быть уменьшено в результате уменьшения массы отдельных компонентов конструкции МО, прежде всего, рамы и системы управления.

Рама может быть облегчена благодаря использованию более легких, но вместе с тем достаточно прочных материалов, в частности, полимерных композитов [7]. Так, для изготовления рамы, а также некоторых других компонентов конструкции МО широко используется карбон. Также раму можно облегчить, если изготавливать ее не складной (что нередко делается для удобства транспортировки МО), а цельной.

Значительное уменьшение массы МО можно обеспечить, объединяя раму и бак в единый конструктивный компонент в соответствии с принципами фюзеляжного дизайна [4]. При этом стенки бака могут служить в качестве несущих элементов рамы, от которых отходят лучи для крепления двигателей. В этом случае можно отказаться от опорных стоек (шасси), так как их роль будет играть донная часть бака (при условии использования специальных площадок для взлета и посадки МО). Примером подобного подхода к оптимизации конструкции МО является проектирование малогабаритного квадрокоптера для борьбы с вредителями растений в теплицах, в котором для уменьшения общего веса дрона бак для жидкости служит в качестве фюзеляжа.

Система управления может быть облегчена благодаря оптимизации состава, а именно путем оснащения ее ограниченным набором элементов, необходимых для выполнения задач конкретных полетов МО [2]. Для снижения массы аккумуляторных батарей предлагается изготавливать их на



основе перспективных, в частности, литий-полимерных материалов, обеспечивающих повышение их электрической емкости [6]. Дополнительное снижение массы аккумуляторных батарей возможно за счет использования гибридных систем энергоснабжения, включающих не только аккумуляторные батареи, но и бензиновые двигатели внутреннего сгорания [6].

Следует заметить, что согласно (3) повышение $m_{пн}$ в принципе не исключает повышения массы m_0^* . Однако значительное повышение массы и, соответственно, объема конструкции МО может привести к ухудшению аэродинамических свойств, большому расходу энергии и, как следствие, меньшему полетному времени.

Увеличение F_t

Сила тяги МО определяется выражением $F_t = NF_t i$, (5)

где N – количество пропеллеров (равно количеству двигателей), $F_t i$ – сила тяги одного пропеллера [14]. Отсюда следует, что увеличение силы тяги МО можно обеспечить соответствующим увеличением количества пропеллеров. Так, гексакоптеры ($N = 6$) и октокоптеры ($N = 8$) обладают большей грузоподъемностью, чем квадрокоптеры ($N = 4$). Следует, однако, учитывать, что с увеличением количества пропеллеров растет не только тяга, но и общая масса МО.

Для увеличения силы тяги МО можно применять соосное расположение двигателей, что в случае квадрокоптера, например, даёт 8 моторов и 8 пропеллеров, расположенных попарно на четырех несущих лучах.

Значение $F_t i$ можно определить по формуле $F_t i = [2\pi R^2 \rho (c_p n v k)^2]^{1/3}$, (6)

где R – радиус пропеллера, ρ – плотность воздуха, c_p – константа пропеллера, v – число оборотов пропеллера в единицу времени, k – коэффициент мощности (отношение потребляемой двигателем мощности к полной мощности).

Число оборотов v рассчитывается на основе электрического напряжения U , подаваемого на двигатель от аккумулятора: $v = n U$, где n – число оборотов в минуту на единицу напряжения согласно характеристике двигателя. Константа пропеллера c_p зависит от размеров и формы пропеллера.

$F_t i$ увеличивается с увеличением количества лопастей [16]. Однако применение многолопастных пропеллеров ограничено из-за высокой стоимости их изготовления.

Также $F_t i$ увеличивается с увеличением диаметра пропеллера и угла наклона лопастей и скорости вращения: $F_t i = K_t \omega^2$, где K_t – коэффициент тяги, зависящий от формы пропеллера, ω – угловая скорость пропеллера [10]. Однако все это создает более высокую нагрузку на двигатель.

Кроме того, $F_t i$ зависит от формы лопастей (от формы профилей их поперечных сечений). Особое значение имеет форма оконечной части лопастей, влияющая не только на силу тяги, но и на уровень шума, создаваемого вращающимся пропеллером.

Учет полетного времени

При решении задач повышения полезной нагрузки МО в ходе проектирования важно учитывать полетное время t . С одной стороны, МО способен летать до тех пор, пока не разрядится аккумулятор (t_A). С другой стороны, полет МО целесообразно проводить до тех пор, пока не опорожнится бак с рабочей жидкостью (t_J). Соответственно, полетное время можно рассчитывать двумя способами:

$$t_A = C/W \quad (7)$$

$$\text{и } t_J = V/q, \quad (8)$$

где C – электрическая емкость аккумуляторной батареи МО, W – потребляемая электрическая мощность, V – начальный объем рабочей жидкости в баке МО, q – расход рабочей жидкости.

После разрядки аккумулятора или после опорожнения бака МО должен возвращаться на установленное место, где оператор проводит смену аккумулятора или бака, соответственно. При этом для повышения производительности работы МО желательно так организовать эту работу, чтобы смена и аккумулятора, и бака проводилась в одно и то же время. Для этого надо задавать такие значения параметров C , W , V и q , при которых значения времени t_A и t_J оказываются кратными. Например, при работе МО марки Agrab фирмы DJI (Китай) одного заряда батареи хватает примерно на две загрузки бака при опрыскивании с расходом 2 галлонов на акр [17]. Определяя оптимальное значение t_J путем соответствующего подбора параметров V и q , надо исходить из того, что значение t_A для аккумуляторов МО обычно не превышает 30-40 минут, а возможности увеличивать t_A за счет использования аккумуляторных батарей большей емкости не безграничны: чем больше C , тем тяжелее и дороже батарея [5].

Отличительной особенностью работы МО является уменьшение полезной нагрузки во времени (по мере опорожнения бака). Это обстоятельство следует учитывать при управлении полетом МО, в частности, для поддержания МО на постоянной высоте надо соответствующим образом регулировать скорость вращения пропеллеров.

Применение аддитивных технологий. Изготовление деталей дронов с помощью аддитивных технологий позволяет широко применять методы генеративного дизайна и топологической оптимизации при проектировании деталей, благодаря чему достигается значительное уменьшение их массы при обеспечении требуемой прочности [11]. При этом в конструкцию деталей можно вносить такие радикальные изменения, которые нельзя осуществить, изготавливая детали по традиционным технологиям.

Так, благодаря аддитивному изготовлению рама дронов может приобретать сверхлегкую конструкцию каркасного (скелетного) типа либо дискретную (ячеистую, решетчатую) внутреннюю структуру [13-18]. Кроме того, за счет использования аддитивных технологий можно делать раму в виде единой детали вместо обычного узла, состоящего из отдельных деталей, что приводит к сни-



жению массы за счет отказа от соединительных элементов [9]. В случае изготовления МО подобным образом можно объединять в единую деталь раму и бак, о чем упоминалось выше. Оптимизация конструкции с целью снижения массы проводится и в отношении других деталей дронов, например, шасси [12].

Особенно перспективно применять аддитивные технологии для изготовления пропеллеров дронов ввиду большой сложности формы их лопастей.

В аддитивном производстве важная роль отводится выбору исходных материалов. Для изготовления деталей дронов широко применяются пластики: ABS, PLA, полиамид, поликарбонат, нейлон, Ultem 9085 и др. [3, 9]. Соответственно, среди разных видов аддитивных технологий для изготовления деталей дронов наибольшее распространение получили технологии 3D-печати полимерных материалов. Это, прежде всего, FDM-технология [3], а также SLS-технология. На сегодняшний день набор полимерных материалов, служащих для 3D-печати деталей дронов, довольно ограничен, поэтому ведется поиск новых материалов, в частности, уделяется внимание использованию переработанных и биоразлагаемых пластиков.

Заключение

Существуют различные методические подходы к проектированию мультикоптеров-опрыскивателей, направленные на повышение их грузоподъемности. Среди них наиболее важными являются такие подходы, реализация которых обеспечивает возможности повышения полезной нагрузки мультикоптеров, что, в частности, достигается за счет уменьшения массы компонентов их конструкции и за счет увеличения силы тяги, создаваемая вращающимися пропеллерами. С учетом специфики работы мультикоптеров при решении задач повышения их полезной нагрузки (рабочей жидкости) следует учитывать фактор полетного времени.

Для изготовления мультикоптеров-опрыскивателей перспективно использовать аддитивные технологии, благодаря чему открываются широкие возможности по привлечению современных методов проектирования, позволяющих проводить оптимизацию их конструкции. С помощью аддитивных технологий можно особенно эффективно изготавливать малогабаритные мультикоптеры, предназначенные для работы с небольшим разовым запасом рабочей жидкости, например, в условиях ограниченного пространства теплиц. Следует заметить, что применение аддитивных технологий для изготовления дронов началось сравнительно недавно, в основном в последние 3-5 лет, так что можно ожидать, что в ближайшие годы оно существенно активизируется.

Список источников

1. Авиационные технологии и комплексы. [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://aerotexsys.by/kompaniya/>. – Дата доступа: 8.02.2023.

2. Брагин Н.И. Применение квадрокоптеров для систем оповещения в чрезвычайных ситуациях / Н.И. Брагин, А.С. Муженко, С.А. Химишев

// Студ. науч. весна – 2016: матер. регион. науч.-тех. конф. студ., асп. и молодых ученых вузов Ростов. области, г. Новочеркасск, 25–26 мая 2016 г. / Южно-Рос. гос. политех. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. – С. 5-6.

3. Жукова А.А. Возможности FDM-технологии для изготовления деталей беспилотных летательных аппаратов / А.А. Жукова, С.О. Стойко, А.К. Сухоцкий // Сб.: Авиация: история, современность, перспективы развития : матер. IV междунар. научно-практ. конф. уч. обр. Бел. гос. акад. авиации» Минск, 24 окт. 2019 г. Минск: Нац. библ. Беларуси, 2020. – С. 6-8.

4. Кривяков В.Б. Высокоманевренный мультикоптер / В.Б. Кривяков [и др.] // Сб.: Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : мат. ежег. науч.-практ. конф. Коломна, 2016 г. – С. 141-147.

5. Костин, А.С. Методы доставки грузов при помощи беспилотных летательных аппаратов / А.С. Костин, Д.В. Еленин // Системный анализ и логистика. СПб.: ГУАП. – 2019. – №1. – С. 55-64. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42492437&ysclid=led96syuem252646778>

6. Кузяков, Б.А. Система передачи оптических сигналов с ретрансляцией / Б.А. Кузяков // Науч. форум: Тех. и физ.-мат. науки: сб. ст. XXIX междунар. науч.-практ. конф. – № 10. – М.: Изд. «МЦНО», 2019. – С. 9-19.

7. Овечкин, А.В. Необходимость автоматизации проектирования квадрокоптеров для конкретной задачи / А.В. Овечкин [и др.] // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2018. – Т.1. – С. 36-40.

8. Толочко, Н.К. Проектирование и аддитивное производство деталей машин / Н.К. Толочко [и др.] // Агропанорама. – 2020. – №4. – С. 2-7. URL: <https://rep.bsatu.by/handle/doc/11122?ysclid=led99ez2tt691852545>

9. Additive manufacturing is helping accelerate the drone revolution. Bralco Advanced Materials. [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://www.amchronicle.com/insights/additive-manufacturing-is-helping-accelerate-the-drone-revolution/>. – Дата доступа: 8.02.2023.

10. Ahmad, F. Estimation of the thrust coefficient of a quadcopter propeller using computational fluid dynamics / F. Ahmad [et al] // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2021. – 1116 012095.

11. Agarwal, H. 3D printed quadcopter / H. Agarwal, A. Singhal, K. H. Raj // Springer Nature Singapore Pte Ltd. Adv. Syst. Eng. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021. – P. 491-499.

12. Anutha, M.A. Optimization of the UAV landing gear to minimize the weight / M.A. Anutha, M. Dheeraj, S.S. Lakshmi // Int. J. Innov. Sci., Eng. & Tech. –2019. –V. 6. – Iss.12. – P. 85-93.

13. Bright, J. Optimization of quadcopter frame using generative design and comparison with DJI F450 drone frame / J. Bright [et al] // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2021. – V.1012. – P. 1-11.

14. Dai X. An analytical design-optimization method for electric propulsion systems of multicopter UAVs with desired hovering endurance / X. Dai [et al]



// IEEE/ASME Trans. Mechatronics. – 2019. – V. 24. – No 1. – P. 228-239.

15. Dickey, J. Static thrust calculation. [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://quadcopterproject.wordpress.com/static-thrust-calculation/>. – Дата доступа: 8.02.2023.

16. D. Estimation of aerodynamic loads of a propeller through improved blade element and momentum theory and propeller design optimization. Master's Thesis. Ankara, Middle East Tech. Univ.,

2021. – 128 pp.

17. FAQ – Agri Spray Drones. [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://agrispraydrones.com/faq/>. – Дата доступа: 8.02.2023.

18. Guo, H. Lightweight and maintainable rotary-wing UAV frame from configurable design to detailed design / H. Guo [et al] // Adv. Mech. Eng. – 2021. –V. 13. – P. 1-10.

Вклад авторов:

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

References

1. Aviacionnye tekhnologii i kompleksy. [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://aerotexsys.by/kompaniya/>. – Data dostupa: 8.02.2023.

2. Bragin N.I. Primenenie kvadropteroz dlya sistem opoveshcheniya v chrezvychajnyh situacijah / N.I. Bragin, A.S. Muzhenko, S.A. Himishev // Stud. nauch. vesna – 2016: mater. region. nauch.-tekh. konf. stud., asp. i molodyh uchenyh vuzov Rostov. oblasti, g. Novoчерkassk, 25–26 maya 2016 g. / YUzhno-Ros. gos. politekh. un-t (NPI). – Novoчерkassk: YURGPU(NPI), 2016. – С. 5-6.

3. ZHukova A.A. Vozmozhnosti FDM-tekhnologii dlya izgotovleniya detalej bespilotnyh letatel'nyh apparatov / A.A. ZHukova, S.O. Stojko, A.K. Suhockij // Sb.: Aviaciya: istoriya, sovremennost', perspektivy razvitiya : mater. IV mezhdunar. nauchno-prakt. konf. uch. obr. Bel. gos. akad. aviatsii» Minsk, 24 okt. 2019 g. Minsk: Nac. bibl. Belarusi, 2020. – S. 6-8.

4. Krovjakov V.B. Vysokomanevrennyj mul'tikofter / V.B. Krovjakov [i dr.] // Sb.: Perspektivy razvitiya i primeneniya kompleksov s bespilotnymi letatel'nymi apparatami : mat. ezheg. nauch.-prakt. konf. Kolomna, 2016 g. – S. 141-147.

5. Kostin, A.C. Metody dostavki gruzov pri pomoshchi bespilotnyh letatel'nyh apparatov / A.S. Kostin, D.V. Elenin // Sistemnyj analiz i logistika. SPb.: GUAP. – 2019. – №1. – S. 55-64. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42492437&ysclid=led96syuem252646778>

6. Kuzyakov, B.A. Sistema peredachi opticheskikh signalov s retranslyaciej / B.A. Kuzyakov // Nauch. forum: Tekh. i fiz.-mat. nauki: sb. st. XXIX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – № 10. – M.: Izd. «MCNO», 2019. – S. 9-19.

7. Ovechkin, A.V. Neobhodimost' avtomatizatsii proektirovaniya kvadropteroz dlya konkretnoj zadachi / A.V. Ovechkin [i dr.] // Innovacionnye tekhnologii: teoriya, instrumenty, praktika. – 2018. – T.1. – S. 36-40.

8. Tolochko, N.K. Proektirovanie i additivnoe proizvodstvo detalej mashin / N.K. Tolochko [i dr.] // Agropanorama. – 2020. – №4. – S. 2-7. URL: <https://rep.bsatu.by/handle/doc/11122?ysclid=led99ez2tt691852545>

9. Additive manufacturing is helping accelerate the drone revolution. Bralco Advanced Materials. [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://www.amchronicle.com/insights/additive-manufacturing-is-helping-accelerate-the-drone-revolution/>. – Data dostupa: 8.02.2023.

10. Ahmad, F. Estimation of the thrust coefficient of a quadcopter propeller using computational fluid dynamics / F. Ahmad [et al] // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2021. – 1116 012095.

11. Agarwal, H. ZD printed quadcopter / H. Agarwal, A. Singhal, K. H. Raj // Springer Nature Singapoge Pte Ltd. Adv. Syst. Eng. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021. – P. 491-499.

12. Anutha, M.A. Optimization of the UAV landing gear to minimize the weight / M.A. Anutha, M. Dheeraj, S.S. Lakshmi // Int. J. Innov. Sci., Eng. & Tech. –2019. –V. 6. – Iss.12. – P. 85-93.

13. Bright, J. Optimization of quadcopter frame using generative design and comparison with DJI F450 drone frame / J. Bright [et al] // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2021. – V.1012. – P. 1-11.

14. Dai X. An analytical design-optimization method for electric propulsion systems of multicopter UAVs with desired hovering endurance / X. Dai [et al] // IEEE/ASME Trans. Mechatronics. – 2019. – V. 24. – No 1. – P. 228-239.

15. Dickey, J. Static thrust calculation. [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://quadcopterproject.wordpress.com/static-thrust-calculation/>. – Data dostupa: 8.02.2023.

16. D. Estimation of aerodynamic loads of a propeller through improved blade element and momentum theory and propeller design optimization. Master's Thesis. Ankara, Middle East Tech. Univ., 2021. – 128 pp.

17. FAQ – Agri Spray Drones. [Elektronnyj resurs]. – 2023. – Rezhim dostupa: <https://agrispraydrones.com/faq/>. – Data dostupa: 8.02.2023.

18. Guo, H. Lightweight and maintainable rotary-wing UAV frame from configurable design to detailed design / H. Guo [et al] // Adv. Mech. Eng. – 2021. –V. 13. – P. 1-10.



Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Толочко Николай Константинович, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры технологий и организации технического сервиса, Белорусский государственный аграрный технический университет, N.tolochko@hotmail.com

Романюк Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент, ректор, Белорусский государственный аграрный технический университет, romanyuk-nik@tut.by

Еднач Валерий Николаевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой механики материалов и деталей машин, Белорусский государственный аграрный технический университет, val-e@mail.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, vdv-rz@rambler.ru

Сазонкин Кирилл Дмитриевич, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, kirill.sazonkin@mail.ru

Author Information

Tolochko Nikolai K., Doctor of Science in Physics, Professor, Professor of the Department of Technology and Organization of Technical Service, Belarusian State Agrarian Technical University, N.tolochko@hotmail.com

Romaniuk Nikolai N., Candidate of Science tech., Associate Professor, Rector, Belarusian State Agrarian Technical University, romanyuk-nik@tut.by

Ednach Valery N., Candidate of Science tech., Associate Professor, Head of the Department of Mechanics of Materials and Machine Parts, Belarusian State Agrarian Technical University, val-e@mail.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Biol. in Science, Professor, Professor of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, vdv-rz@rambler.ru

Sazonkin Kirill D., Postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kirill.sazonkin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.02.2023; одобрена после рецензирования 20.02.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 07.02.2023; approved after reviewing 20.02.2023; accepted for publication 10.03.2023.





ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ РАСТВОРА КОЛЕБАНИЕМ КОРЗИНЫ С ДЕТАЛЯМИ В МОЮЩЕЙ УСТАНОВКЕ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ

**Александр Владимирович Шемякин¹, Иван Васильевич Фадеев²✉, Иван Александрович Юхин³,
Екатерина Ивановна Степанова⁴, Валентин Владимирович Зюба⁵**

^{1,3,4,5} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

² Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия

^{1,3}ivan.uspensckij@yandex.ru

²ivan-fadeev-2012@mail.ru

⁴stepanowastepanova@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В работе изучена зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут при активации моющего раствора колебанием корзины с обмываемыми деталями.

Методология. Для определения степени очистки образцов была изготовлена оригинальная моечная установка, в одном из режимов работы которой моющая жидкость (раствор «Темп-100» и тетрабората аммония (ТБА) концентрациями 7 % и 5 г/л соответственно) температурой 85-95° С активизировалась от колебания корзины с обмываемыми деталями. В экспериментах использованы образцы из стали 40Х в виде пластин размерами 30×100×2 (мм). Одну сторону пластин шлифовали, на нее наносили равномерным слоем загрязнение – смесь смолистых отложений из центрифуги и отработанного масла из двигателя при соотношении 1:2. Для определения массы образцов до и после мойки использовали весы ВЛА-200Г-М. Степень очистки образцов определена гравиметрическим методом, который предусматривает определение процента удаления загрязнений.

Результаты. Установлена рациональная длительность мойки деталей, составляющая 5 мин. Получено уравнение зависимости степени очистки пластин при активации раствора колебанием оmyвальной корзины с деталями от продолжительности мойки, с помощью которого расчетным путем можно определить продолжительность мойки для обеспечения требуемой степени очистки. Заключение. Зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут при активации моющего раствора колебанием корзины с обмываемыми деталями имеет полиномиальный характер. Из трех исследованных технологий мойки (струйное, активацией раствора центрифугой, колебанием оmyвальной корзины) большую эффективность имеет способ активации моющего раствора от колебания корзины с обмываемыми деталями (степень очистки 96,2 %, а при других способах – 84,0 % и 91,0 % соответственно).

Ключевые слова: ремонт машин, загрязнения, мойка деталей, способы активации моющего раствора

Для цитирования: Шемякин А.В., Фадеев И.В., Юхин И. А., Степанова Е. И., Зюба В.В. Влияние активации раствора колебанием корзины с деталями в моющей установке на степень очистки деталей // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 175-181 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.10.19.023>

Original article

INFLUENCE OF SOLUTION ACTIVATION BY OSCILLATION OF THE BASKET WITH PARTS IN THE WASHING PLANT FOR THE DEGREE OF CLEANING OF PARTS

Alexander V. Shemyakin¹, Ivan V. Fadeev²✉, Ivan A. Yukhin³, Ekaterina I. Stepanova⁴, Valentin V. Zyuba⁵

^{1,3,4,5} Ryazan State Agro-Technological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия

© Шемякин А.В., Фадеев И.В., Юхин И. А., Степанова Е. И., Зюба В.В. 2023 г.



^{1,3}ivan.uspensckij@yandex.ru

²ivan-fadeev-2012@mail.ru

⁴stepanowastepanowa@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The paper studied the dependence of the degree of cleaning of parts on the duration of washing 1, 2, 3, 4, 5, 6 minutes when the washing solution is activated on the vibration of the basket with the washed parts.

Methods. To determine the degree of purification of samples, an original washing plant was manufactured, in one of the operating modes of which the washing liquid (solution "Temp-100" and ammonium tetraborate (TBA) with concentrations of 7% and 5 g/l, respectively) at a temperature of 85-95°C was activated from vibrations of the basket with washed parts. In the experiments, samples of steel 40Kh were used in the form of plates with dimensions of 30 × 100 × 2 (mm). One side of the plates was polished, on which pollution was applied in a uniform layer - a mixture of resinous deposits from a centrifuge and used oil from an engine at a ratio of 1:2. A VLA-200G-M balance was used to determine the weight of the samples before and after washing. The degree of purification of the samples was determined by the gravimetric method, which involves determining the percentage of removal of contaminants.

Results. A rational duration of washing parts was established, which is 5 minutes. An equation is obtained for the dependence of the degree of cleaning of the plates when the solution is activated by the oscillation of the washing basket with parts on the duration of washing, with the help of which it is possible to calculate the duration of washing to ensure the required degree of cleaning.

Conclusion. The dependence of the degree of cleaning of parts on the duration of washing 1, 2, 3, 4, 5, 6 minutes when the washing solution is activated on the vibration of the basket with the washed parts has a polynomial character. Of the three washing technologies studied (jet, activation of the solution by a centrifuge, oscillation of the washing basket), the most effective method is the activation of the washing solution from the oscillation of the basket with the parts to be washed (the degree of purification is 96.2%, and with other methods - 84.0% and 91.0 % respectively).

Key words: repair of machines, pollution, washing of parts, methods of activating the washing solution

For citation: Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A., Stepanova E.I., Zyuba V.V. Influence of solution activation by oscillation of the basket with parts in the washing plant for the degree of cleaning of parts. Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P176-182 (in Russ.). [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2023.10.19.023](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.10.19.023)

Введение

Для мойки деталей в процессе ремонта агрегатов машин используются растворы синтетических моющих средств (СМС) [1, 2, 3]. Качественная мойка гарантирует увеличение эффективности и качества ремонтных операций, межремонтной наработки сборочных единиц и машины в целом, а также способствует снижению расходов материальных средств при ремонте машин [4, 5]. В последние годы ужесточились экологические и технологические требования к процессам ТО и ремонта автотракторной техники. Используемые при этом технологии мойки и СМС не вписываются в границы этих требований, что существенно снижает экологические и технологические показатели ремонтного производства и эксплуатации автотракторной техники [6, 7, 8]. В настоящее время для решения этой проблемы используют различные способы. К ним можно отнести оптимизацию технологических параметров процесса мойки, применение эффективных способов активации раствора в моющих машинах, повышение противокоррозионных и моющих способностей растворов СМС и другие [9-14].

Из вышеизложенного следует, что одной из самых актуальных и востребованных задач ремонтного производства предприятий АПК остается повышение эффективности процесса мойки деталей, от успешного решения которой зависит рост сельскохозяйственного производства страны в целом.

Целью исследования в работе является установление рациональной продолжительности процесса мойки деталей на основе изучения и анализа влияния способа активации раствора от колебания корзины с оmyаемыми деталями на степень удаления загрязнений.

Научной новизной работы является математическая зависимость степени очистки от продолжительности мойки при активации раствора от колебания корзины с деталями в объеме раствора.

Практическая значимость заключается в том, что с применением изготовленной нами универсальной моечной установки при активации моющего раствора от колебания оmyательной корзины с деталями установлена рациональная продолжительность мойки, равная 5 минутам.

Материалы и методы исследования

Изучена зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут при активации моющего раствора от колебания корзины с оmyаемыми деталями.

В 2021 г. нами был разработан и запатентован новый эффективный состав для мойки деталей [15], поэтому в качестве моющего раствора в работе использован раствор «Temp-100» и тетрабората аммония (ТБА) концентрациями 7 % и 5 г/л соответственно.

В экспериментах использованы образцы из стали 40Х в виде пластин размерами 30×100×2 (мм). Одну сторону пластин шлифовали, на нее наносили равномерным слоем загрязнение –



смесь смолистых отложений из центрифуги и отработанного масла из двигателя при соотношении 1:2 [16, 17, 18].

Степень очистки C образцов определена гравиметрическим методом, который предусматривает определение процента удаления загрязнений с поверхности детали [19, 20, 21]:

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%,$$

где M_1 и M_2 – массы образцов до и после мойки, г;

Условия и методики подготовки и проведения экспериментов были идентичны условиям и методикам, описанным в [22, 23], так как исследования в настоящей работе являются продолжением исследований, изложенных нами в [22, 23]. Эксперименты проведены с применением оригинальной моечной установки. Ее общий вид показан на рисунке 1, а схема установки – на рисунке 2.



Рис. 1 – Установка для мойки деталей собственного изготовления
(Fig.1 – Installation for washing parts of our own production)

ТЭН 22 (рис. 2) нагревает моющую жидкость в емкости установки 23 до температуры 100°C , что контролируется термометром 20.

Установка способна осуществлять мойку деталей в трех режимах, которые описаны в [7]. Результаты исследований режимов струйной мойки и мойки активацией моющего раствора центрифугой представлены в [22] и [23] соответственно.

В настоящей работе изучено влияние продолжительности мойки на степень очистки при работе установки в режиме активации раствора от колебания корзины с омываемыми деталями. При работе в этом режиме в установку заливается 20 л заранее приготовленного 7 %-го водного раствора «Темп-100» в смеси с ТБА в количестве 5 г/л и подогревается до температуры $85-95^\circ\text{C}$. Вращательное движение вала электродвигателя КФ 160-4/56R 6 кривошипно-шатунным механизмом (КШМ), включающим шатун 2 и кривошип 3, пре-

образуется в колебательное движение корзины 1 с деталями в объеме моющего раствора. Частоту колебания корзины можно регулировать с помощью редуктора ФШ-10/260Е 4. Детали в омывательной корзине прижимаются специальным зажимом в виде сетки. Таймер-выключателем можно запрограммировать продолжительность мойки.

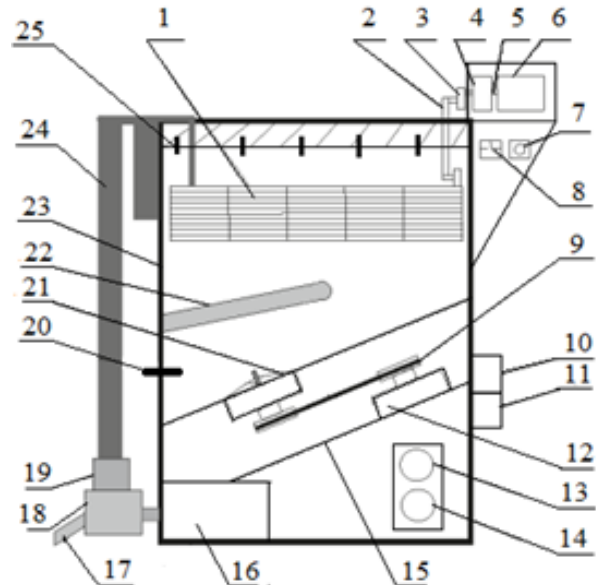


Рис.2– Схема установки для мойки деталей:
1 – корзина для размещения деталей; 2 – шатун привода корзины; 3 – кривошип; 4 – редуктор ФШ-10/260Е; 5 – соединительная муфта; 6 – двигатель КФ 160-4/56R; 7 – выключатель двигателя привода КШМ; 8 – выключатель двигателя помпы; 9 – клиноременная передача; 10 – автомат общего питания на 220V; 11 – автомат выключения ТЭНа; 12 – реверсивный электродвигатель; 13 – таймер-выключатель двигателя привода центрифуги; 14 – реверс-выключатель привода центрифуги; 15 – наклонная рама; 16 – двигатель привода насоса; 17 – сливной кран; 18 – насос; 19 – фильтр очистки моющего раствора; 20 – термометр; 21 – дисковый активатор моющего раствора; 22 – электроиндукционный нагреватель (ТЭН); 23 – емкость установки (20 л); 24 – система подачи жидкости под давлением; 25 – рамка с форсунками
(Fig.2 - Installation scheme for washing parts: 1 – basket for placing parts; 2 – basket drive connecting rod; 3 – crank; 4 – reducer FSh-10/260E; 5 – coupling; 6 – KF 160-4/56R engine; 7 – switch of the motor drive KShM; 8 – pump drive motor switch; 9 – V-belt transmission; 10 – automatic general power supply for 220V; 11 – automatic switch-off of the heating element; 12 – reversible electric motor; 13 – timer-switch of the centrifuge drive motor; 14 – reverse switch of the centrifuge drive; 15 – inclined frame; 16 – pump drive motor; 17 – drain valve; 18 – pump; 19 – filter for cleaning the washing solution; 20 – thermometer; 21 – disk activator of the washing solution; 22 – electric induction heater (EIH); 23 – installation capacity (20 l); 24 – system for supplying liquid under pressure; 25 – ramp with nozzles)

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице, а в виде графика показаны на рисунке 3.



Из рисунка 3 видно, что связь между степенью очистки и длительностью мойки образцов при активации моющего раствора колебанием оmyвальной корзины имеет полиномиальный характер, что определяется по значению коэффициента достоверности ($R^2 = 0,9772$) [22]. Степень очистки образцов с увеличением продолжительности мойки до 5 минут увеличивается. Дальнейшее увеличение продолжительности мойки к заметному эффекту не приводит. Это подтверждает, что мойка деталей при активации раствора от колебания оmyвальной корзины в течение 5 минут будет рациональной.

Полученное уравнение зависимости степени очистки от длительности мойки образцов

$y = -2,9114x^2 + 33,321x + 1,912$ позволяет определить продолжительность мойки с активацией моющего раствора колебанием оmyвальной корзины с деталями для обеспечения требуемой степени очистки деталей, а также проверить правильность определения рациональной продолжительности мойки экспериментальным методом.

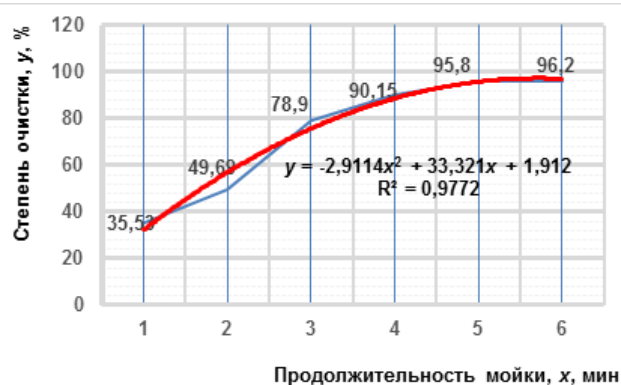


Рис. 3 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-95°C колебанием оmyвальной корзины (Fig.3 - Change in the degree of cleaning of samples depending on the duration of washing with the activation of the washing solution at a temperature of 85-95°C the fluctuation of the washing basket)

Таблица – Влияние длительности мойки на степень очистки образцов при активации моющего раствора колебанием корзины

Продолжительность мойки, х, м	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, у, %	
		образца		загрязнения $\Delta M_1 = M_1 - M_0$	образца после эксперимента M_2	загрязнения после эксперимента $\Delta M_2 = M_2 - M_0$	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого, M_0	с загрязнением, M_1					
1,0	1	45,2135	47,3255	2,1123	46,5707	1,3572	35,75	35,53
	2	45,6177	47,7357	2,1182	47,0282	1,4105	33,41	
	3	45,5311	47,5996	2,0685	46,8467	1,3156	36,40	
	4	46,1273	48,1094	1,9820	47,4455	1,3182	33,49	
	5	46,0630	48,0665	2,0035	47,3070	1,2440	37,91	
2,0	6	45,4003	47,4127	2,0124	46,3966	0,9963	50,49	49,69
	7	45,3139	47,3510	2,0317	46,3563	1,0370	48,96	
	8	46,1476	48,2182	2,0705	47,2377	1,0901	47,35	
	9	45,3800	47,1675	1,7875	46,2929	0,9129	48,93	
	10	45,7224	47,6271	1,9047	46,6511	0,9287	51,24	
3,0	11	45,3411	47,5451	2,2040	45,7656	0,4245	80,74	78,90
	12	46,1755	48,5789	2,4034	46,6300	0,4545	81,09	
	13	46,2284	48,3425	2,1141	46,6869	0,4585	78,31	
	14	46,1240	48,2470	2,1231	46,5911	0,4671	78,00	
	15	45,2286	47,2126	1,9842	45,6741	0,4455	77,55	
4,0	16	45,4586	47,3371	1,8785	45,6352	0,1766	90,60	90,15
	17	45,2036	47,2073	2,0037	45,3757	0,1721	91,41	
	18	45,2333	46,5323	1,2992	45,3576	0,1243	90,43	
	19	45,6791	47,7819	2,1027	45,8683	0,1892	91,00	
	20	45,9112	48,0143	2,1030	46,0725	0,1613	92,33	



5,0	21	45,9143	48,1536	2,2393	46,0159	0,1016	95,47	95,80
	22	46,1263	48,2608	2,1345	46,2159	0,0896	95,80	
	23	45,3324	47,4378	2,1054	45,4389	0,1065	94,94	
	24	46,2150	48,5490	2,3343	46,3130	0,0980	95,80	
	25	46,1570	48,3357	2,1787	46,2494	0,0924	95,76	
6,0	26	45,2621	47,1235	1,8614	45,3388	0,0767	95,88	96,20
	27	45,8166	48,1358	2,3192	45,9166	0,1000	95,69	
	28	45,2829	47,4967	2,2137	45,3769	0,9400	95,75	
	29	46,4532	48,2364	1,7833	46,5120	0,0588	96,70	
	30	46,3042	48,2985	1,9943	46,3663	0,0621	96,88	

На рисунке 4 для сравнения влияния способов активации моющего раствора (струйным воздействием [22], центрифугой [23], колебанием оmyвальной корзины) на степень очистки поверхностей образцов сведены графики результатов предыдущих исследований [22, 23] и исследований, проведенных нами в настоящей работе.

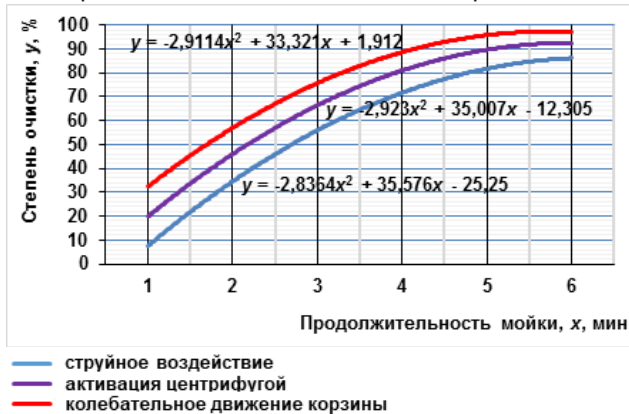


Рис. 4 – Графики влияния способов активации моющего раствора на степень очистки поверхностей образцов в оригинальной моечной установке (Fig.4 - Graphs of the influence of the methods of activation of the washing solution on the degree of cleaning of the surfaces of the samples in the original washing installation)

Заключение

Зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут при активации моющего раствора от колебания корзины с обмываемыми деталями имеет полиномиальный характер. Из трех исследованных технологий мойки (струйное, активацией раствора центрифугой, колебанием оmyвальной корзины) наибольшую эффективность имеет способ активации моющего раствора от колебания корзины с обмываемыми деталями (степень очистки 96,2 %, а при других способах – 84,0 % и 91,0 % соответственно).

Список источников

1. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. ...доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.

2. Бышов, Н.В. К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. – С. 23-29.

3. Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

4. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216с.

5. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

6. Быков, В.В. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 358-363.

7. Быков, В.В. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А. Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 249-255.

8. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17–20.

9. Воронов, В.П. Совершенствование мойки деталей автотракторной техники: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Воронов Владимир Петрович. – Рязань, 2022. – 125 с.

10. Митрохина, Е.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. – Рязань, 2021. – 128 с.

11. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии для рас-



творов синтетических технологических средств / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2019. – С. 411-417.

12. Тойгамбаев, С.К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки. – 2016. – № 3 (88). – С. 217–221.

13. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – №2. – С. 86-90.

14. Лебединский, К.В. Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеводородсодержащих производственных загрязнений / К.В. Лебединский, Н.Е. Курносков // Экологические проблемы современности. Пенза. – 2011. – С. 61 – 65.

15. Средство для мойки деталей транспортных средств [Текст]: пат. 2777442 Рос. Федерация: МПК С11D1/72, С11D1/02, С11D3/06, С11D3/08, С11D3/10/ Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Степанова Е.И. и др.; заявитель и патентообладатель ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – №2021130520; заявл. 19.10.21; опубл.03.08.2022, Бюл. №22.

16. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н.В. Бышов, С.Д. Полищук, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 2. – С. 257-262.

17. Фадеев, И.В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 54–56.

18. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидоборатных соединений на автомобильном транспорте / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – №.4 – С. 15-17.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Fadeyev, I.V. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa moyki pri remonte avtomobiley v sel'skom khozyaystve: diss. ...doktora tekhn. nauk: 05.20.03 / Fadeyev Ivan Vasil'yevich. – Ryazan', 2019. – 395 s.*

2. *Byshov N.V. K voprosu uluchsheniya svoystv sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley mobil'noy tekhniki / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Nauka, proizvodstvo, obrazovaniye: sostoyaniye i napravleniya razvitiya: sb. nauch. tr. po mater. Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGPU im. I.Ya. Yakovleva, 2019. – S. 23-29.*

3. *Byshov N.V. Povysheniye protivokorroziyonnykh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev, G.A. Aleksandrova, Sh.V. Sadetdinov // Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – № 45. – S. 20-24.*

4. *Kozlov, Yu.S. Ochistka avtomobiley pri remonte / Yu.S. Kozlov. – M.: Transport, 1975. – 216 s.*

5. *Kozlov, Yu.S. Ochistka izdeliy v mashinostroyenii / Yu.S. Kozlov, O.K. Kuznetsov, N.F. Tel'nov. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 264 s.*

6. *Bykov V.V. Povysheniye effektivnosti moyki detaley pri remonte avtomobiley / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, Sh.V. Sadetdinov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 358-363.*

7. *Bykov V.V. Vliyaniye temperatury rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv na ikh moyushchuyu sposobnost' / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, A. N. Rementsov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 249-255.*

8. *Fadeyev, I.V. Moyushchiye i protivokorroziyonnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya uzlov i detaley v poiskakh nekotorykh boratov / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, Sh.V. Sadetdinov // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17–20.*

9. *Voronov V.P. Sovershenstvovaniye moyki detaley avtotraktornoy tekhniki: diss. ...kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / Voronov Vladimir Petrovich. – Ryazan', 2022. – 125 s.9. Voronov, V.P. Sovershenstvovaniye moyki detaley avtotraktornoy tekhniki: diss. ...kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / Voronov Vladimir Petrovich. – Ryazan', 2022. – 125 s.*

10. *Mitrokhina Ye.V. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa moyki detaley pri remonte tekhniki v sel'skom khozyaystve: dis. ...kand. tekh. nauk : 05.20.03 / Mitrokhina Yekaterina Vladimirovna. – Ryazan', 2021. – 128 s.*

11. *Byshov N.V. Ingibitor korrozii dlya rastvorov sinteticheskikh tekhnologicheskikh sredstv / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i predprinimatel'skogo proizvodstva: materialy Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGSKHA, 2019. – S. 411-417.*

12. *Toygambayev, S.K. Sovershenstvovaniye protsessov ochistki detaley ot zagryazneniy pri remonte*



- mashin / S.K. Toygambayev // Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki. – 2016. – № 3 (88). – S. 217–221.
13. Fadeyev, I.V. Vliyaniye monoborotov litiya, natriya, kaliya na moyushchiye i protivokorroziionnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv [Tekst] / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2015. – №2. – S. 86-90
14. Lebedinskiy K.V. Resursosbergayushchiy metod ochistki mashinostroitel'noy produktsii ot uglevodorodsoderzhashchikh proizvodstvennykh zagryazneniy / K.V. Lebedinskiy, N.Ye. Kurnosov // Ekologicheskiye problemy sovremennosti. Penza. – 2011. – S. 61 – 65.
15. Sredstvo dlya moyki detaley transportnykh sredstv [Tekst]: pat. 2777442 Ros. Federatsiya: MPK S11D1/72, S11D1/02, S11D3/06, S11D3/08, S11D3/10/ Fadeyev I.V., Sadetdinov Sh.V., Stepanova Ye.I. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' CHGPU im. I.Ya. Yakovleva. – №2021130520; zayavl. 19.10.21; opubl.03.08.2022, Byul. №22.
16. Byshov N.V. Ingibitor korrozii metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktornoy tekhniki / N.V. Byshov, S.D. Polishchuk, I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2019. – № 2. – S. 257-262.
17. Fadeyev, I.V. Novyye moyushchiye sredstva dlya uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Avtotransportnoye predpriyatiye. – 2014. – № 6. – S. 54–56.
18. Fadeyev I.V. Povysheniye protivokorroziionnykh kachestv moyushchikh sredstv s primeneniym amidoborotnykh soyedineniy na avtomobil'nom transporte / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, Sh.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – №4 – S. 15-17.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, avtodor-dec@mail.ru

Фадеев Иван Васильевич, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой машиноведения, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, yuival@rambler.ru

Степанова Екатерина Ивановна, соискатель ученой степени кандидата технических наук по кафедре технической эксплуатации транспорта, stepanowastepanova@yandex.ru.

Зюба Валентин Владимирович, соискатель ученой степени кандидата технических наук по кафедре технической эксплуатации транспорта, ivan.uspensckij@yandex.ru

Author Information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, avtodor-dec@mail.ru

Fadeev Ivan V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

Stepanova Ekaterina I., applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, stepanowastepanova@yandex.ru.

Zyuba Valentin V., applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, ivan.uspensckij@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.02.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 15.02.2023; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.7.024
DOI: 10.36508/RSATU.2023.45.39.024ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ТОПЛИВНЫХ ЦИСТЕРН ПРИ ОЧИСТКЕ**Александр Владимирович Шемякин¹, Иван Васильевич Фадеев²✉, Иван Алексеевич Успенский³, Екатерина Ивановна Степанова⁴, Валентин Владимирович Зюба⁵**^{1,3,4,5}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия²Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия¹ivan.uspensckij@yandex.ru²ivan-fadeev-2012@mail.ru⁴stepanowastepanova@yandex.ru.**Аннотация.**

Проблема и цель. Для реализации цели исследования, а также получения ответов на интересующие вопросы были изучены скорость коррозии, коррозионно-электрохимическое поведение и коррозионная усталость образцов из стали марки Ст3 в 3 %-х растворах синтетического моющего средства (СМС) МЛ-51 без добавки и с добавкой тетрабората аммония (ТБА) в количестве 5 г/л.

Методология. Скорость коррозии стали в моющих растворах исследовали с использованием лабораторной установки по общеизвестным методикам исследования коррозии металлов. В экспериментах использованы образцы из стали марки Ст3 в виде пластин размерами 30×100×2 мм. Образцы взвешивали с точностью до 0,0001 г, погружали и выдерживали в моющих растворах в течение 8 часов. Растворы при этом перемешивали, а температуру поддерживали 80-85° С. Затем образцы извлекали из растворов и выдерживали в воздухе 16 часов. Этот интервал составлял один цикл. Эксперименты включали 5 циклов (120 часов). В каждом варианте экспериментов было по 5 образцов. После истечения цикла образцы снимали, обрабатывали и взвешивали. По массе образцов до и после эксперимента определяли скорость коррозии в коррозионных средах, коэффициент торможения и степень защиты образцов от коррозии. При электрохимических исследованиях с использованием потенциостата П-5848 записывали изменения потенциала во времени без поляризации исследуемого электрода и снимали анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые образцов из стали марки Ст³ в коррозионных средах. Коррозионно-усталостные испытания образцов осуществляли с использованием специальной установки. Подготовку образцов к экспериментам, электрохимические измерения и коррозионно-усталостные испытания образцов проводили по методикам, описанным в литературных источниках.

Результаты. Коррозионные испытания показали, что существенной ингибиторной активностью по сравнению с технической водой и 3 %-м раствором МЛ-51 обладает 3 %-й раствор МЛ-51 с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л. После 120 ч испытания скорость коррозии стали составила 0,1572 г/м²·ч – в технической воде; 0,0641 г/м²·ч – в 3 %-м растворе МЛ-51 и 0,0288 г/м²·ч – в 3 %-м растворе МЛ-51 с добавкой ТБА. Степень защиты колеблется от 44,4 до 81,7 %, а коэффициент торможения – от 1,8 до 5,45 раз. Электрохимические исследования потенциала во времени, анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые указывают на то, что при анодной поляризации металл в 3 %-м растворе МЛ-51 в присутствии ТБА концентрацией 5 г/л сразу переходит в пассивное состояние, что обосновывается перемещением потенциала металла в более положительную область относительно потенциала коррозии в фоновом электролите. Это доказывает, что раствор, содержащий ТБА в количестве 5 г/л, обладает лучшими ингибиторными свойствами, чем техническая вода и 3 %-й раствор МЛ-51. По результатам усталостных и коррозионно-усталостных испытаний образцов в 3 %-м растворе МЛ-51 без добавки и с добавкой ТБА концентрацией 5 г/л можно судить о том, что ТБА, снижая эффективность действия разрушающих факторов, увеличивают коэффициент запаса циклической прочности стали в исследуемой среде.

Заключение. Присутствие ТБА концентрацией 5 г/л в 3 %-м водном растворе МЛ-51 способствует снижению скорости коррозии стали в 6-7 раз, увеличению коэффициента торможения коррозии



в 5-6 раз, степени защиты от коррозии до 81 %. Это позволяет рекомендовать ТБА в качестве ингибиторной добавки в моющие растворы при очистке автомобильных цистерн для перевозки нефтепродуктов, что обеспечит надежную защиту внутренних поверхностей резервуаров от коррозионного разрушения.

Ключевые слова: очистка автомобильных цистерн, коррозия, ингибитор коррозии, коррозионная стойкость, тетраборат аммония

Для цитирования: Шемякин А.В., Фадеев И.В., Успенский И.А., Степанова Е.И., Зюба В. В. Повышение коррозионной стойкости внутренних поверхностей топливных цистерн при очистке // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 182-190 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.45.39.024>

Original article.

IMPROVING THE CORROSION RESISTANCE OF THE INTERNAL CONTENT OF FUEL TANKS WHEN CLEANING

Alexander V. Shemyakin¹, Ivan V. Fadeev²✉, Ivan A. Uspenskiy³, Ekaterina I. Stepanova⁴, Valentin V. Zyuba⁵

^{1,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

²Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia

¹ ivan.uspensckij@yandex.ru

² ivan-fadeev-2012@mail.ru

⁴ stepanowastepanova@yandex.ru.

Abstract.

Problem and purpose. For the purposes of implementing the research, as well as obtaining answers to questions of interest, the reaction rates, corrosion-electrochemical behavior and corrosion fatigue of samples made of steel grade St3 in 3% solutions of synthetic detergent (SD) ML-51 without additives and with the addition of tetraborate were identified ammonium (TBA) in the amount of 5 g/l.

Methods. The corrosion rate of steel in washing solutions was studied using a laboratory setup according to well-known methods for studying metal corrosion. In the experiments, samples of steel grade St3 were used in the form of plates with dimensions of 30 × 100 × 2 (mm). Samples were weighed to the nearest 0.0001 g, immersed and kept in washing solutions for 8 hours. The solutions were stirred while the temperature was maintained at 80–85° C. Then the samples were removed from the solutions and kept in air for 16 hours. This interval was one cycle. The experiments included 5 cycles (120 hours). In each version of the experiments, there were 5 samples. After the end of the cycle, the samples were removed, processed and weighed. The mass of the samples before and after the experiment was used to determine the corrosion rate in corrosive media, the braking coefficient, and the degree of protection of the samples against corrosion. In electrochemical studies using a P-5848 potentiostat, the changes in potential over time were recorded without polarization of the electrode under study, and the anodic and cathodic potentiodynamic polarization curves of St3 steel samples in corrosive media were recorded. Corrosion-fatigue testing of samples was carried out using a special setup. Preparation of samples for experiments, electrochemical measurements and corrosion-fatigue tests of samples were carried out according to the methods described in the literature.

Results. Corrosion tests have shown that a 3% solution of ML-51 with the addition of TBA at a concentration of 5 g/l has a significant inhibitory activity compared to technical water and a 3 % solution of ML-51. After 120 hours of testing, the steel corrosion rate was 0.1572 g/m² h - in technical water; 0.0641 g/m² h in a 3 % ML-51 solution and 0.0288 g/m² h in a 3 % ML-51 solution with the addition of TBA. The degree of protection ranges from 44.4 to 81.7 %, and the braking coefficient is from 1.8 to 5.45 times. Electrochemical studies of the change in potential over time, anodic and cathodic potentiodynamic polarization curves indicate that during anodic polarization, the metal in a 3% solution of ML-51 in the presence of TBA with a concentration of 5 g/l immediately passes into a passive state, which is justified by the movement of the metal potential to a more positive region relative to the corrosion potential in the supporting electrolyte. This proves that a solution containing TBA in an amount of 5 g/l has better inhibitory properties than industrial water and a 3 % solution of ML-51. According to the results of fatigue and corrosion-fatigue tests of samples in a 3 % solution of ML-51 without additives and with the addition of TBA at a concentration of 5 g/l, it can be judged that TBA, reducing the effectiveness of destructive factors in reducing cyclic strength, increases the safety factor cyclic strength of steel in the medium under study.

Conclusion. The presence of TBA with a concentration of 5 g/l in a 3 % aqueous solution of ML-51 contributes to a decrease in the corrosion rate of steel by 6-7 times, an increase in the corrosion inhibition coefficient in 5-6 times, corrosion protection up to 81 %. This allows us to recommend TBA as an inhibitor additive in cleaning solutions when cleaning tank cars for the transportation of petroleum products, which will provide reliable



protection of the internal surfaces of the tanks from corrosion damage.

Key words: tank car cleaning, corrosion, emission inhibitor, corrosion resistance, ammonium tetraborate

For citation: Shemyakin A.V., Fadeev I.V., Uspensky I.A., Stepanova E.I., Zyuba V.V. Improving the corrosion resistance of the internal content of fuel tanks when cleaning. Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; 15(1). P 182-190 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.45.39.024>

Введение

С целью предупреждения смешивания различных горючих веществ и недопущения снижения их качественных характеристик перед перевозкой другого вещества емкость промывается и пропаривается. Процедура проводится особенно тщательно, если ранее в цистернах перевозились темные нефтепродукты (минеральные масла, мазут, битум, нефть) и планируется доставка уже светлых нефтепродуктов (керосин, бензин, дизельное топливо, лигроин). Особой осторожности и подготовки цистерн требуют авиакеросины [1].

Очистка автомобильных цистерн от остатков перевозимых горюче-смазочных материалов (ГСМ) включает мойку внутренних поверхностей емкости синтетическими моющими средствами (СМС), что обеспечивает эксплуатационную надежность, повышение срока службы резервуаров и является неотъемлемой частью качественного технологического процесса нефтепродуктообеспечения [2].

Наиболее применяемыми для очистки автомобильных цистерн в настоящее время являются водные растворы СМС типа МЛ (МЛ-51, МЛ-52, МЛ-72), нагретые до 80-90° С [3, 4, 5], иногда применяется обычная горячая техническая вода.

Однако указанные моющие средства не обладают достаточными противокоррозионными свойствами для обеспечения защиты от коррозии поверхностей резервуаров в процессе очистки [6, 7], в связи с чем исследование, направленные на повышение противокоррозионных свойств растворов для мойки внутренних поверхностей автомобильных цистерн, являются актуальными и востребованными.

Целью настоящей работы является повышение коррозионной стойкости внутренних поверхностей топливных цистерн при их очистке добавкой тетрабората аммония (ТБА), как ингибитора коррозии, в используемый водный раствор моющего средства МЛ-51.

Для реализации цели работы исследовали:

– скорость коррозии и коррозионно-электрохимическое поведение образцов из стали марки Ст3 в технической воде, 3 %-м растворе МЛ-51 без добавки и в присутствии ТБА;

– коррозионную усталость образцов из стали марки Ст3 в 3 %-м растворе МЛ-51 без добавки и в присутствии ТБА.

Материалы и методы исследования

Автомобильные цистерны для перевозки нефтепродуктов изготавливаются из листового металла сварным методом. Как правило, в изго-

товлении современных резервуаров применяют низкоуглеродистую (сталь марки Ст3) или коррозионностойкую сталь [1].

Выбор материала экспериментальных образцов (сталь марки Ст3) обосновывается тем, что из группы малоуглеродистых сталей обыкновенного качества, производимых металлургической промышленностью по ГОСТ 380–88, широкое применение в изготовлении автомобильных цистерн находит сталь марки Ст3, которая производится кипящей (Ст3кп), полуспокойной (Ст3пс) и спокойной (Ст3сп).

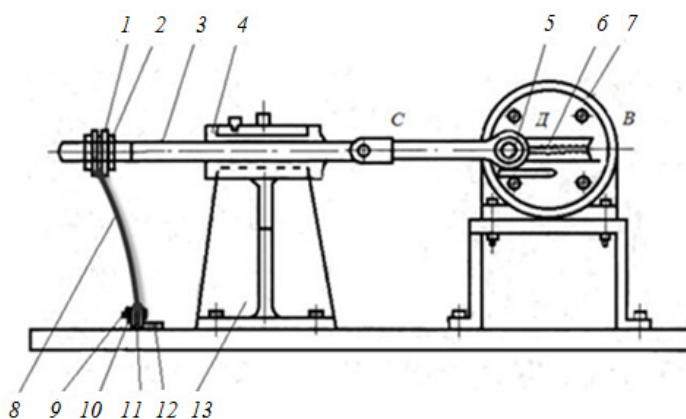
К классу коррозионностойких сталей относятся стали 300 серии. Это марки стали как AISI 304 (L), AISI 321, AISI 316 (L). Данные марки стали занимают лидирующие позиции при производстве различного технологического оборудования в пищевой, химической и других отраслях промышленности.

Скорость коррозии стали в моющих растворах исследовали с использованием лабораторной установки по общеизвестным методикам исследования коррозии металлов [8, 9]. В экспериментах использованы образцы из стали марки Ст3 в виде пластин размерами 30×100×2 мм.

Образцы взвешивали с точностью до 0,0001 г, погружали и выдерживали в моющих растворах в течение 8 часов. Растворы при этом перемешивали, а температуру поддерживали в пределах 80-85° С. Затем образцы извлекали из растворов и выдерживали в воздухе 16 часов. Этот интервал составлял один цикл. Эксперименты включали 5 циклов (120 часов). В каждом варианте экспериментов было по 5 образцов. После истечения цикла образцы снимали, обрабатывали и взвешивали. По массе образцов до и после эксперимента определяли скорость коррозии (ρ , г/м²·ч) в коррозионных средах, коэффициент торможения (γ , раз) и степень защиты образцов от коррозии (Z , %) [10].

При электрохимических исследованиях с использованием потенциостата П-5848 записывали изменения потенциала во времени без поляризации исследуемого электрода и снимали анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые образцов из стали марки Ст3 в коррозионных средах [11, 12].

Коррозионно-усталостные исследования стали марки Ст3 проводили с использованием специальной установки (рис. 1) по методике, приведенной в [13, 14].



1 – резиновая прокладка; 2 – кольцо; 3 – ползун; 4 – втулка; 5 – винт; 6 – измерительная шкала; 7 – маховик; 8 – испытуемый образец; 9 – болт; 10 – гайка; 11 – планка; 12 – угольник; 13 – стойка

Рис. 1 – Схема установки для испытания образцов на коррозионную усталость
(Fig. 1 - Scheme of installation for testing samples for corrosion fatigue:

1 – rubber gasket; 2 – ring; 3 – slider;
4 – bushing; 5 – screw; 6 – measuring scale; 7 – flywheel; 8 – test sample; 9 – bolt;
10 – nut; 11 – bar; 12 – square; 13 – rack)

Результаты исследований и их обсуждение

Защитные свойства ТБА как ингибитора коррозии оценивали, сравнивая скорости коррозии (ρ , г/м²·ч) образцов из стали марки Ст3 в различ-

ных коррозионных средах, и по значениям коэффициентов торможения (γ , раз) и степеней защиты (Z , %), рассчитанным по формулам [15, 16] (табл. 1 и рис. 2).

Таблица 1 – Скорость коррозии (ρ , г/м²·ч), коэффициент торможения (γ , раз) и степень защиты (Z , %) образцов из стали марки Ст3 в зависимости от продолжительности выдержки в технической воде, 3 %-м растворе МЛ-51 без добавки и в присутствии ТБА концентрацией 5 г/л

Растворы	Продолжительность выдержки образцов в растворах, ч	Скорость коррозии ρ г/м ² ·ч	Коэффициент торможения γ , раз	Степень защиты Z , %
Техническая вода	24	0,2073	1,0	0
	48	0,1922	1,0	0
	72	0,1835	1,0	0
	96	0,1747	1,0	0
	120	0,1572	1,0	0
3 %-й раствор МЛ-51	24	0,1152	1,80	44,4
	48	0,1015	1,89	47,2
	72	0,0886	2,07	51,8
	96	0,0655	2,67	62,5
	120	0,0641	2,45	59,2
3 %-й раствор МЛ-51+ 5 г/л ТБА	24	0,0856	2,42	58,7
	48	0,0714	2,69	62,8
	72	0,0542	3,38	70,5
	96	0,0393	4,44	77,5
	120	0,0288	5,45	81,7

Коррозионные испытания подтвердили, что большей ингибиторной активностью по сравнению с технической водой и 3 %-м раствором МЛ-51 обладает 3 %-й раствор МЛ-51 в присутствии ТБА концентрацией 5 г/л. Скорость коррозии образцов из стали марки Ст3 после 5-го цикла испытаний имеет значения: 0,1572 г/м²·ч – в технической воде; 0,0641 г/м²·ч – в 3 %-м растворе МЛ-51 и 0,0288 г/м²·ч – в 3 %-м растворе МЛ-51 с

добавкой ТБА концентрацией 5 г/л.

Степень защиты колеблется от 44,4 до 81,7 %, а коэффициент торможения – от 1,8 до 5,45 раз.

Ингибиторные свойства ТБА в 3 %-м растворе МЛ-51 также были изучены по изменению стационарного потенциала стали марки Ст3 во времени, результаты сведены в таблицу 2 и показаны на рисунке 3.

С введением ТБА повышение электродного по-



тенциала стали марки Ст3 в 3%-м растворе МЛ-51 выражается ярко, что можно заметить, сравнивая с электродным потенциалом стали в 3%-м растворе МЛ-51 без добавки бората, и после 24 часов нахождения стали марки Ст3 в растворе его рост замедляется (рисунок 3).

Электрохимические измерения (рисунок 3) указывают на то, что при анодной поляризации металл в изучаемом растворе сразу переходит в пассивное состояние. Присутствие ТБА концентрацией 5 г/л в 3%-м растворе МЛ-51 снижает скорость коррозии стали в сравнении с 3%-м раствором МЛ-51 без добавки ТБА. Пассивация металла объясняется смещением его потенциала в более положительную сторону [17]. По результатам электрохимических исследований можно утверждать, что присутствие ТБА в растворе СМС МЛ-51 повышает его противокоррозионные качества, при этом он является ингибитором универсального действия.

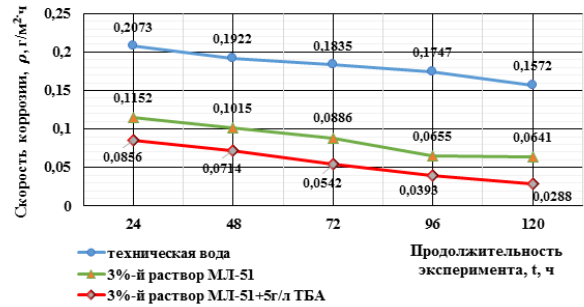


Рис. 2 – Зависимость скорости коррозии образцов из стали марки Ст3 от продолжительности выдержки в технической воде, 3%-м растворе МЛ-51 без добавки и в присутствии ТБА концентрацией 5 г/л (Fig. 2 - Dependence of the corrosion rate of specimens of steel grade St3 on the duration of soaking in technical water, 3% solution of ML-51 without additive and with the addition of TBA with a concentration of 5 g/l)

Таблица 2 – Изменение стационарного потенциала стали марки Ст3 в 3%-м растворе МЛ-51 во времени без добавки и с добавкой ТБА

Состав раствора	Время, час					
	0	24	48	72	96	120
3%-й раствор МЛ-51	0,44	-0,33	-0,32	-0,3	-0,29	0,28
3%-й раствор МЛ-51 +5 г/л ТБА	-0,44	-0,3	-0,27	-0,25	-0,23	-0,21

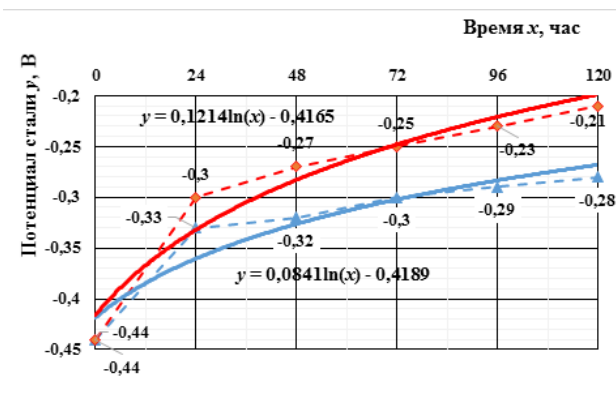


Рис. 3 – Изменение стационарного потенциала стали марки Ст3 во времени в 3 %-м растворе МЛ-51 без добавки и в присутствии ТБА (Fig. 3 - Change in the stationary potential of steel grade St3 over time in a 3 % solution of ML-51 without additive and with the addition of ATB)

Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые образцов из стали марки Ст3 приведены на рисунке 4.

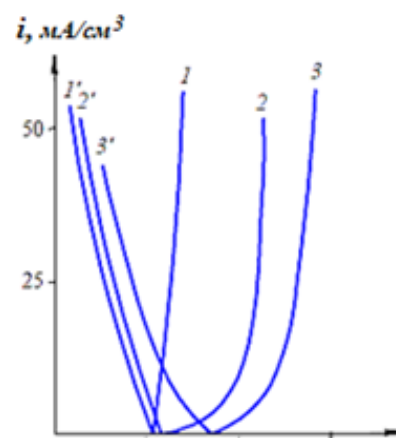


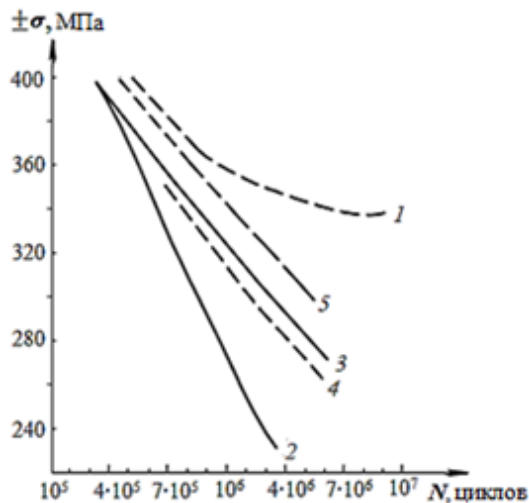
Рис. 4 – Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые образцов из стали марки Ст3: 1 и 1' – в технической воде; 2 и 2' – в 3%-м растворе МЛ-51; 3 и 3' в 3%-м растворе МЛ-51 + 5 г/л ТБА (Fig. 4 - Anode and cathode potentiodynamic polarization curves of samples made of St3 steel: 1 and 1' – in service water; 2 and 2' – in 3% ML-51 solution; 3 and 3' – in 3% solution of ML-51 + 5 g/l ATB)



В технической воде сталь интенсивно растворяется (кривые 1 и 1'). В растворе моющего средства МЛ-51 (кривые 2 и 2') и в том же растворе в присутствии ТБА (кривые 3 и 3') потенциалы растворения металла смещены в положительную сторону относительно потенциала коррозии ($E_{кор}$) в фоновом электролите. Анализ кривых 1 и 1', 2 и 2', 3 и 3' позволяет сделать вывод, что раствор, содержащий ТБА в количестве 5 г/л, имеет лучшие противокоррозионные свойства (кривые 3 и 3' смещены в более положительную область) в сравнении с технической водой и 3 %-м раствором МЛ-51. Результаты электрохимических исследований коррелируют с данными, полученными гравиметрическим методом.

Результаты усталостных и коррозионно-усталостных испытаний образцов из стали марки Ст3 в 3 %-м растворе МЛ-51 с добавкой и без добавки ТБА концентрацией 5 г/л представлены на рисунке 5 (кривые 1, 2, 3).

С целью уточнения природы разрушающих факторов, вызывающих уменьшение циклической прочности образцов из стали марки Ст3, снимали усталостные кривые в воздухе после предварительной выдержки образцов в коррозионных средах (кривые 4, 5). Приведенные данные указывают на то, что суммарная потеря циклической прочности ($\Delta\delta_N^{c.k.}$) исследуемых образцов в 3 %-м растворе МЛ-51 на базе испытания $N = 2 \cdot 10^6$ циклов составляет 58 МПа (кривые 1 и 2). Из них 72,4 % приходится на чисто коррозионные поражения ($\Delta\delta_N^{c.k.} = 42$ МПа) (кривые 1, 2 и 4).



1 – в воздухе; 2 – в 3%-м растворе МЛ-51; 3 – в 3%-м растворе МЛ-51+ 5 г/л ТБА; 4 – в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе МЛ-51; 5 – в воздухе после предварительной выдержки в 3%-м растворе МЛ-51+ 5 г/л ТБА

Рис. 5 – Кривые усталости и коррозионной усталости образцов из стали марки Ст3

(Fig. 5 - Fatigue and corrosion fatigue curves for specimens made of steel grade St3: 1 – in air; 2 – in 3% ML-51 solution; 3 – in 3% solution of ML-51+ 5 g/l ATB; 4 – in air after preliminary holding in 3% ML-51 solution; 5 – in air after preliminary holding in 3% solution of ML-51+ 5 g/l ATB)

Добавка ТБА в количестве 5 г/л в 3 %-й раствор МЛ-51 увеличивает циклическую прочность стали (сравнить кривые 2 и 3), что обусловлено снижением эффективности действия разрушающих факторов в уменьшении циклической прочности стали (кривые 1, 3, 5) [18]. На данной базе испытаний ТБА примерно в равной степени уменьшает разрушающий эффект чисто коррозионных и коррозионно-механических поражений ($\Delta\delta_N^{c.k.} = 20$ МПа, а $\Delta\delta_N^{c.m.} = 14$ МПа, что оставляет 58,8 и 41,2 % от $\Delta\delta_N^{c.k.}$ соответственно).

Результаты коррозионно-усталостных испытаний свидетельствуют о том, что ТБА, снижая эффективность действия разрушающих факторов в уменьшении циклической прочности, увеличивают коэффициент запаса циклической прочности стали в исследуемой среде.

Заключение

В результате проведенных исследований противокоррозионных свойств моющего средства МЛ-51 с тетраборатом аммония установлены следующие закономерности.

1. Присутствие ТБА концентрацией 5 г/л в 3 %-м водном растворе МЛ-51 способствует снижению скорости коррозии стали в 6-7 раз, увеличению коэффициента торможения коррозии в 5-6 раз, степени защиты от коррозии до 81 %.

2. Введение тетрабората аммония концентрацией 5 г/л в 3 %-й водный раствор МЛ-51 повышает ингибирующее действие раствора.

Вышеприведенное позволяет сделать вывод: при очистке автомобильных цистерн для перевозки нефтепродуктов в растворы СМС рекомендуется добавлять тетраборат аммония в качестве ингибитора коррозии концентрацией 5 г/л, что обеспечит надежную защиту внутренних поверхностей резервуаров от коррозионного разрушения.

Список источников

1. Межотраслевые правила к охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных АЗС, утверждены постановлением Минтруда РФ от 06.05.2002 г. №33.
2. Фадеев, И.В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 54–56.
3. Бышов, Н.В. К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. – С. 23-29.
4. Быков, В.В. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 358-363.
5. Быков, В.В. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А. Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжско-



го агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 249-255.

6. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. ...доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.

7. Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

8. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17-20.

9. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии для растворов синтетических технологических средств / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2019. – С. 411-417.

10. Бышов, Н.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н.В. Бышов, С.Д. Полищук, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 2. – С. 257-262.

11. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидоборатных соединений на автомобильном транспорте / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – №.4 – С. 15-17.

12. Средство для мойки деталей транспортных средств [Текст]: пат. 2777442 Рос. Федерация:

МПК С11D1/72, С11D1/02, С11D3/06, С11D3/08, С11D3/10/ Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Степанова Е.И. и др.; заявитель и патентообладатель ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – №2021130520; заявл. 19.10.21; опубл.03.08.2022, Бюл. №22.

13. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных свойств технических моющих средств с применением амидоборатных соединений / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – №4. – С. 13-16.

14. Фадеев, И.В. Разработка синтетических моющих средств на основе боратов для очистки поверхности металлов: монография [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, И.Е. Илларионов. Под общ. ред. И.Е. Илларионова. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2016. – 185 с.

15. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – №2. – С. 86-90.

16. Шемякин, А. В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, М. Б. Латышенко // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2016. – № 2. – С. 89-911.

17. Бышов, Н.В. Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В. Алексеев, И.В. Фадеев, // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 1. – С. 249-255.

18. Фадеев, И.В. Выбор рационального режима мойки деталей, узлов и агрегатов транспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 5. – С. 28-31.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Mezhotraslevyye pravila k okhrane truda pri ekspluatatsii neftebaz, skladov GSM, stacionarnykh i peredvizhnykh AZS, utverzhdeny postanovleniyem Mintruda RF ot 06.05.2002 g. №33.*
2. *Fadeyev, I.V. Novyye moyushchiye sredstva dlya uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Avtotransportnoye predpriyatiye. – 2014. – № 6. – S. 54–56.*
3. *Byshov, N.V. K voprosu uluchsheniya svoystv sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley mobil'noy tekhniki / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Nauka, proizvodstvo, obrazovaniye: sostoyaniye i napravleniya razvitiya: sb. nauch. tr. po mater. Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsii. – Cheboksary: CHGPU im. I.YA. Yakovleva, 2019. – S. 23-29.*
4. *Bykov V.V. Povysheniye effektivnosti moyki detaley pri remonte avtomobiley / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, Sh.V. Sadetdinov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 358-363.*
5. *Bykov V.V. Vliyaniye temperatury rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv na ikh moyushchuyu sposobnost' / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, A. N. Rementsov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 249-255.*
6. *Fadeyev, I.V. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsesssa moyki pri remonte avtomobiley v sel'skom khozyaystve: diss. ...doktora tekhn. nauk: 05.20.03 / Fadeyev Ivan Vasil'yevich. – Ryazan', 2019. – 395 s.*



7. Byshov, N.V. Povysheniye protivokorroziyonnykh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev, G.A. Aleksandrova, Sh.V. Sadetdinov // Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – № 45. – S. 20-24.
8. Fadeyev, I.V. Moyushchiye i protivokorroziyonnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya uzlov i detaley v prisutstvii nekotorykh boratov / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, Sh.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2017. – № 1. – S. 17–20.
9. Byshov, N.V. Ingibitor korrozii dlya rastvorov sinteticheskikh tekhnologicheskikh sredstv / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsii. – Cheboksary: ChGSHA, 2019. – S. 411-417.
10. Byshov, N.V. Ingibitor korrozii metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktornoy tekhniki / N.V. Byshov, S.D. Polishchuk, I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2019. – № 2. – S. 257-262.
11. Fadeyev, I.V. Povysheniye protivokorroziyonnykh kachestv moyushchikh sredstv s primeneniym amidoboratronnykh soyedineniy na avtomobil'nom transporte / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, Sh.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – № 4 – S. 15-17.
12. Sredstvo dlya moyki detaley transportnykh sredstv [Tekst]: pat. 2777442 Ros. Federatsiya: MPK S11D1/72, S11D1/02, S11D3/06, S11D3/08, S11D3/10/ Fadeyev I.V., Sadetdinov Sh.V., Stepanova Ye.I. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' ChGPU im. I.YA. Yakovleva. – №2021130520; zayavl. 19.10.21; opubl.03.08.2022, Byul. №22.
13. Fadeyev, I.V. Povysheniye protivokorroziyonnykh svoystv tekhnicheskikh moyushchikh sredstv s primeneniym amidoboratronnykh soyedineniy / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, Sh.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – №4. – S. 13-16.
14. Fadeyev, I.V. Razrabotka sinteticheskikh moyushchikh sredstv na osnove boratov dlya ochistki poverkhnosti metallov: monografiya [Tekst] / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov, I.Ye. Illarionov. Pod obshch. red. I.Ye. Illarionova. – Cheboksary: Izd-vo Chuvash. gos. un-ta, 2016. – 185 s.
15. Fadeyev, I.V. Vliyaniye monoboratov litiya, natriya, kaliya na moyushchiye i protivokorroziyonnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv [Tekst] / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. – 2015. – №2. – S. 86-90.
16. Shemyakin, A. V. Povysheniye effektivnosti protivokorroziyonnoy zashchity stykovykh i svarnykh soyedineniy sel'skokhozyaystvennykh mashin konservatsionnymi materialami / A. V. Shemyakin, V. V. Terent'yev, M. B. Latyshenok // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gos. un-ta. – 2016. – № 2. – S. 89-911.
17. Byshov, N.V. Izmeneniye kontaktnykh uglov smachivaniya pri dobavlenii v moyushchiye rastvory poverkhnostno-aktivnykh veshchestv / N.V. Byshov, I.A. Uspenskiy, V.V. Alekseyev, I.V. Fadeyev, // Inzhenernyye tekhnologii i sistemy. – 2019. – № 1. – S. 249-255.
18. Fadeyev, I.V. Vybor ratsional'nogo rezhima moyki detaley, uzlov i agregatov transportnykh sredstv / I.V. Fadeyev, Sh.V. Sadetdinov // Avtotransportnoye predpriyatiye. – 2016. – № 5. – S. 28-31.

Contribution of the authors:

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, avtdor-dec@mail.ru

Фадеев Иван Васильевич, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой машиноведения, Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, ivan.uspensckij@yandex.ru

Степанова Екатерина Ивановна, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, stepanowastepanova@yandex.ru

Зюба Валентин Владимирович, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, ivan.uspensckij@yandex.ru

Author Information

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, avtdor-dec@mail.ru

Fadeev Ivan V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical



Engineering, Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

Stepanova Ekaterina I., applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, stepanowastepanova@yandex.ru

Zyuba Valentin V., applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2023; одобрена после рецензирования 07.03.2023; принята к публикации 10.03.2023.

The article was submitted 20.02.2023; approved after reviewing 07.03.2023; accepted for publication 10.03.2023.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 635.21
DOI: 10.36508/RSATU.2023.14.42.02.001

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ КООРДИНАТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ**

Илья Станиславович Анисаров¹, Александр Игоревич Бойко²✉, Сергей Николаевич Борычев³

^{1,2,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия

¹ anisarovis@gmail.com

^{2,3} boitseva@inbox.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В настоящее время широко применяется координатное земледелие при выращивании картофеля, однако данная система, работающая на основе GPS и ГЛОНАСС, чувствительна к помехам в виде облачности или задымления. Поэтому при малейшей потере видимости объекта наблюдения она теряет работоспособность. Цель работы: повысить стабильность работы системы координатного земледелия, снизив зависимость от погодных явлений.

Методология. На протяжении 2020 года и по настоящее время нами отрабатываются элементы технологии координатного земледелия с применением квадрокоптера, оснащенного системами видео- и фотосъемки.

Результаты. Благодаря применению квадрокоптера система координатного земледелия не только стала более оперативной, но и практически независимой от погодных условий. В результате достигается высокий экономический эффект от применения перспективной концепции координатного земледелия, основанный на снижении затрат на химические и механические обработки посадок картофеля, снижаются потери картофеля при уборке за счет исключения избыточно выполняемых работ.

Заключение. Планируемый экономический эффект от внедрения предлагаемой нами перспективной концепции координатного земледелия (на основе взаимодействия квадрокоптера и систем GPS и ГЛОНАСС) составит свыше 120 тыс. руб. на гектар.

Ключевые слова: координатное земледелие, картофель, GPS, ГЛОНАСС, квадрокоптер, картограмма поля, десикация, потери картофеля

Для цитирования: Анисаров И.С., Бойко А.И., Борычев С.Н. Перспективная концепция координатного земледелия для возделывания картофеля // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023. Т15, №1. С 191-198 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.14.42.02.001>

Original article

PERSPECTIVE CONCEPT OF COORDINATE AGRICULTURE FOR POTATO CULTIVATION

Ilya S. Anisarov¹, Alexander I. Boyko²✉, Sergey N. Borychev³

^{1,2} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ anisarovis@gmail.com

^{2,3} boitseva@inbox.ru

Abstract.

Problem and purpose. Currently, coordinate farming is widely used in potato production, but this system, based on GPS and GLONASS, is sensitive to interference in the form of clouds or smoke. Therefore, at the slightest loss of visibility of the object of observation, it loses its operability. The purpose of the work: to increase the stability of the coordinate farming system, reducing dependence on weather events.

Methodology. Throughout 2020 and up to the present, we have been working out elements of coordinate farming technology using a quadcopter equipped with video and photography systems.

Results. Thanks to the use of a quadcopter, the coordinate farming system has not only become more operational, but also practically independent of weather conditions. As a result, a high economic effect is



achieved from the application of a promising concept of coordinate farming, based on reducing the costs of chemical and mechanical processing of potato plantings, but also reduces potato losses during harvesting, by eliminating overly performed work.

Conclusion. The planned economic effect of the introduction of the proposed perspective concept of coordinate farming (based on the interaction of the quadcopter and GPS and GLONASS systems) will amount to over 120 thousand rubles per hectare.

Key words: coordinate agriculture, potatoes, GPS, GLONASS, quadcopter, cartogram of the field, dissection, potato losses.

For citation: Anisarov I.S., Boyko A.I., Borychev S.N. Perspective concept of coordinate agriculture for potato cultivation // Herald of the Ryazan State Agro-Technical University named after P.A. Kostychev. 2023. T15, №1. С 191-198 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.14.42.02.001>

Введение

Картофель является одной из самых необходимых пищевых сельскохозяйственных культур, как в нашей стране, так и во всём мире. В наше время примерно 800 млн человек занимается его выращиванием, при этом картофель считается одной из самых трудоёмких культур. Нельзя не отметить, что из-за высокого потребления в таких странах как Россия, Китай, США и др. возделывание картофеля является очень прибыльной деятельностью.

С каждым годом заметно увеличение валового сбора картофеля, например, по данным FAOSTAT в 2022 году при средней урожайности 21,76 т/га было собрано 359 млн тонн. По валовому производству Россия стоит на третьем месте в мире, уступая Китаю и Индии. В 2022 году по данным Минсельхоза сбор товарного картофеля в России составил 7,2 млн т, в то время как в годом ранее – 6,6 млн т.

Рассмотрим современные перспективные направления в сельском хозяйстве, а точнее, в одной из его отраслей – растениеводстве. Итак, приведём в пример координатное земледелие, которое также имеет и другие названия: точное земледелие, земледелие по предписанию, топоориентированное земледелие и другое (рис. 1).

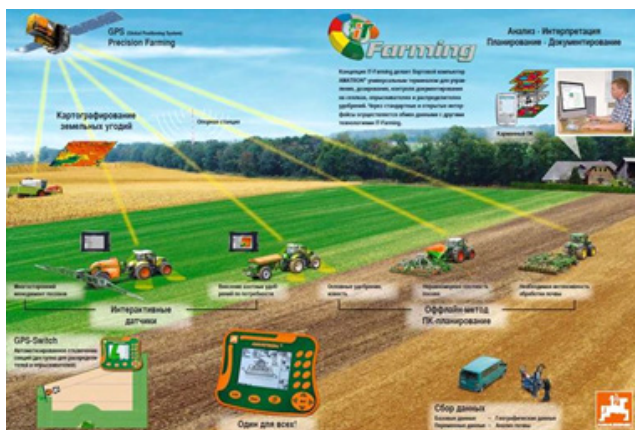


Рис. 1 – Концепция координатного земледелия на примере возделывания картофеля от компании «Amazon»

(Fig. 1 – The concept of coordinate farming on the example of potato cultivation from the company "Amazon")

В отличие от традиционных методов, координатное земледелие закреплено за определенными координатами, при этом рассматривается

не всё поле, а его части, т.е. каждый участок по отдельности. Здесь важную роль играют особенности рельефа, плодородие почвы, ее влажность, механический состав и многие другие факторы. Опираясь на полученные данные, на каждом участке поля подразумевается использовать только обоснованные и заранее определённые агротехнологические приёмы для выращивания какой-то конкретной культуры.

Одним из интересных решений в этом направлении является предложение английской фирмы KRM. Специалистами фирмы KRM предложено кардинальное решение в области координатного земледелия – оценка содержания в почве веществ, напрямую влияющих на урожайность (фосфора, азота и калия) путем анализа полей по фотографии, сделанной в инфракрасных лучах при помощи квадрокоптера или другого беспилотного летательного аппарата. В результате такого исследования строится картограмма поля. Агрехимическая картограмма – это карта, на которой обозначено штриховкой или разными цветами то, насколько слой почвы насыщен питательными веществами и насколько высока кислотность или щелочность участка. Для привязки координат каждого заштрихованного участка поля используют системы ГЛОНАСС и GPS. ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система) является российской системой для определения координат того или иного объекта. Данная система, как и американская GPS, позволяет наблюдать за ростом растений и строить карты почвенных условий при помощи многозональных спектральных космических изображений.

Материалы и методы исследования

На сегодняшний день считается, что современное сельское хозяйство находится на пятом технологическом укладе (волне). Здесь мы говорим о теории больших волн в понятии технологического уклада, сформированного С.Ю. Глазьевым. Технологический уклад характеризует набор технологий и технологических приемов, характерных для данного этапа развития производства. В ближайшей перспективе намечается переход от пятого технологического уклада к шестому, который основывается на повсеместном применении автоматизированных систем, в том числе массовом использовании беспилотных летательных аппаратов. По замыслу ученых, шестой технологический уклад позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшить потери при уборке и хранении при существенном снижении трудо-



затрат и материальных ресурсов.

Благодаря материалам картограмм (рис.2) в обрабатываемые поля сельскохозяйственные машины добавляют строго нормированные доли удобрений, воды, гербицидов и т.д. Это позволяет снизить загрязнения ландшафта химикатами, а также уменьшить расход последних.



Рис. 2 – Картограмма поля
(Figure 2 – Cartogram of the field)

Итак, координатное земледелие – система навигационных, телекоммуникационных, геоинформационных технологий и программно-аппаратных комплексов, которые позволяют сначала снимать, а затем обрабатывать и использовать информацию, привязанную к определённым координатам для оптимизации агротехнологических решений в области растениеводства.

На протяжении 2020 года и по настоящее время в Рязанском государственном агротехнологическом университете отрабатываются элементы технологии координатного земледелия с применением квадрокоптеров, оснащенных системами видео- и фотосъемки. Необходимость применения квадрокоптера обусловлена не только оперативностью получения достаточных данных о достижении (либо не достижении) целей проведенных химических и механических обработок, планировании ожидаемого объема агротехнологических операций. Однако, если мы исключим из предлагаемой нами системы точного земледелия квадрокоптер, то очевиден следующий ход событий: даже при незначительной облачности или задымлении (например, от лесных пожаров) системы GPS и ГЛОНАСС не смогут получить данные о посадках картофеля или другой сельскохозяйственной культуры. При этом "неблагоприятная" облачность может держаться в течение нескольких дней или даже недель. В этом случае не приходится говорить об оперативности получения важных агрономических показателей, что в дальнейшем будет способствовать снижению урожайности сельскохозяйственной культуры на рассматриваемом поле.

На рисунках 3,4 представлено совместное использование преимуществ современной системы координатного земледелия на основе систем GPS или ГЛОНАСС с системой оперативного сбора данных с поля на основе квадрокоптера, осна-

щенного видео- и фотокамерами со специальными светофильтрами.

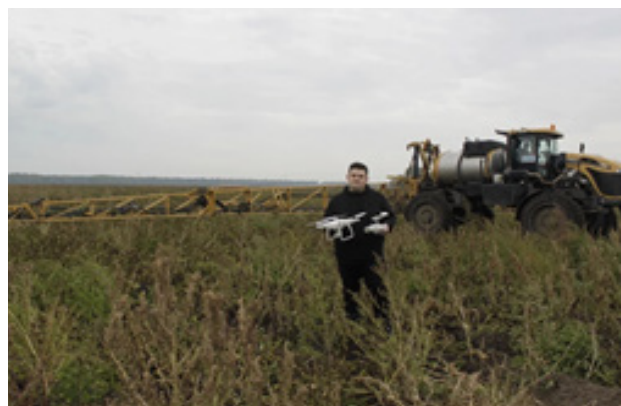


Рис. 3 – Пасмурная погода – не проблема, когда используется квадрокоптер, "привязанный" к GPS

(Fig. 3 – Cloudy weather is not a problem when using a quadrocopter "tied" to GPS)



Рис. 4 – Десикация картофеля по технологии координатного земледелия с применением квадрокоптера

(Fig. 4 – Potato dissection using coordinate farming technology using a quadrocopter)

Рассмотрим применение предлагаемого взаимодействия квадрокоптера и систем GPS и ГЛОНАСС на примере одной предуборочной операции – десикации. Десикация – это обезвоживание тканей растений путём обработки их химическими препаратами (десикантами). Данная химическая обработка производится для облегчения машинной уборки урожая. Отметим, что холодная и дождливая погода в августе и начале сентября может приводить к значительным потерям урожая, поэтому в таких условиях контроль влажности почвы необходим. Поэтому десикация особенно эффективна в дождливое лето. Кроме уже сказанного, десиканты позволяют облегчить работу специальным машинам для уборки ботвы: косилкам-измельчителям, например, таким как КИР-1,5М (рис.5). Удаление ботвы и рациональная влажность почвы необходимы для того чтобы ботва и переросшие сорняки (рис.2), а также переувлажненная почва не мешали работе картофелеуборочной техники.



Рис. 5 – Косилка-измельчитель роторная КИР-1.5 М в работе
(Fig. 5 – Rotary chopper mower KIR-1.5 M in operation)

На рисунках 3,4 изображен самоходный опрыскиватель фирмы AGCO Challenger ROGATOR 1300, оснащенный штангой шириной 30,5 м, используемый при проведении десикации. Его технические возможности позволяют в зависимости от расстояния между рядами посадок менять ширину колеи в диапазоне 3,05-3,86 м, при этом дорожный просвет составляет примерно 130 см, обеспечивая обработку высокорослых посадок, не опасаясь их повредить. Опрыскиватель имеет полноприводную гидростатическую трансмиссию с гидромоторами изменяемого рабочего объема и колесными редукторами с передаточным отношением 22,1:1. Масса снаряженной машины AGCO Challenger ROGATOR 1300 в исполнении – опрыскиватель со штангой 36 м – составляет не более 14465 кг. В базовой комплектации поставляется следующая конфигурация: опрыскиватель, оснащенный системой рециркуляции рабочего раствора, с точным заполнением и автоматическим смешиванием, имеет систему очистки форсунок с подачей моющего раствора из дополнительного бака, а также опцию отключения распылителей. Все системы данной машины имеют интеллектуальное дистанционное управление, встроенный приемник GPS, благодаря чему AGCO Challenger ROGATOR 1300 отлично подходит для использования в технологии координатного земледелия, и

Таблица 1 – Сравнительные параметры влияния давления на производительность форсунки с учетом скорости движения агрегата

Давление жидкости, атм.	Расход жидкости форсункой л/мин	Производительность форсунок типа IDKT, л/га. Калибр форсунки – 0,5 мм. Шаг расстановки форсунок на штанге полевого опрыскивателя – 0,5 м									
		5.0 км/ч	6.0 км/ч	7.0 км/ч	8.0 км/ч	10.0 км/ч	12.0 км/ч	16.0 км/ч	20.0 км/ч	25.0 км/ч	30.0 км/ч
1	1.14	274	228	195	171	137	114	86	68	55	46
1.5	1.39	334	278	238	209	167	139	104	83	67	56
2.0	1.61	386	322	276	242	193	161	121	97	77	64
2.5	1.80	432	360	309	270	216	180	135	108	86	72
3.0	1.97	473	394	338	296	236	197	148	118	95	79
4.0	2.28	547	456	391	342	274	228	171	137	109	91
5.0	2.55	612	510	437	383	306	255	191	153	122	102
6.0	2.79	670	558	478	419	335	279	209	167	134	112

позволяет выполнять работы с 10-сантиметровой точностью для снижения пропусков и перекрытий химических обработок. Кроме сказанного выше, благодаря дополнительному освещению рабочих органов и системе "параллельного вождения", являющейся неотъемлемой частью системы координатного земледелия, соблюдается одинаковая точность выполнения работ в любых условиях днем и ночью.

При выполнении работ по десикации фирма-производитель форсунок Lechler GmbH рекомендует использовать двухщелевые (двухфакельные) форсунки типа IDKT (рис.6), при расходе 200-300 л/га. Преимущество данного типа форсунок заключается в том, что растения опрыскиваются под различными углами 4 раза, что в 2 раза больше, чем у однофакельных. При обработке десикантами двухфакельные форсунки повышают эффективность обработки на 5-20 %.

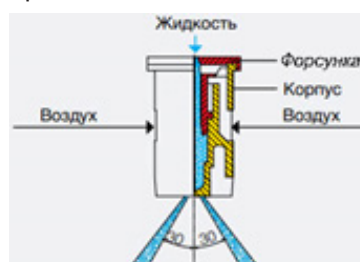


Рис. 6 – Двухфакельная форсунка типа IDKT фирмы Lechler, пр-во Германия [21]
(Fig. 6 – Two-flare nozzle type IDKT by Lechler, made in Germany)

Подберем параметры настройки опрыскивателя для эффективной обработки картофеля, поскольку при контроле обработанных делянок обнаружили участки с неподсушенной ботвой картофеля. Поэтому необходимо установить регулятор давления на новое значение (табл.1), что позволит изменить качество обработки картофеля. Кроме изменения производительности форсунок (при повышении давления) на качество обработки влияют скорость движения агрегата, скорость и направление приземного ветра.



Согласно данным фирмы Lechler, оптимальным давлением для форсунки типа IDKT считается 1,5-3,5 атм., при этом достигается формирование капель десиканта оптимального размера: не слишком маленьких (при более высоком давлении) – они сносятся ветром, и не слишком крупных – при давлении ниже 1,5 атм.

По полученным данным, указанным табл.1, в маловетренную и безветренную погоду целесообразно за счет более мелких капель и более высокой скорости движения агрегата (до 12 км/ч) поднять давление в магистрали опрыскивателя до 4,0 атм; а в случае встречной скорости ветра до 4 м/с рекомендуем понизить давление до 2,5 атм, при скорости до 8 км/ч.

На 11-й день с помощью фотоматериалов, полученных при контрольном облете квадрокоптером, были получены результаты оценки проведенной ранее десикации с настройкой опрыскивателя на 4,0 атм при скорости движения 12 км/ч. По результатам контрольного облета качество выполненной десикации хорошее: зеленой ботвы не обнаружено.

Можно добавить, что применение квадрокоптера необходимо для оперативного реагирования при выполнении химических обработок для срочной перенастройки и регулировки параметров опрыскивателя, что гармонично дополняет концепцию координатного земледелия. Например, если остались участки поля, на которых по

каким-то причинам недостаточно подсушена ботва картофеля, то в срочном порядке необходимо повторить десикацию в требуемой концентрации и количестве только на проблемном участке поля.

Исследования, проводимые в течение нескольких лет в других вузах, НИИ и на производстве, например в ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (г. Москва), подтвердили неоспоримое преимущество применения основных элементов технологии координатного земледелия перед традиционной технологией, например: при посадке картофеля, гребнеобразовании, обработках гербицидами посевов, косвенном определении содержания питательных веществ в почве, а также составлении цифровых карт урожайности полей. Таким образом, доказано, что при применении системы координатного земледелия расход гербицидов, пестицидов снижается на 25-30 %, а расход удобрений – на 20-30 % [20].

Результаты и обсуждение

Согласно результатам наших исследований, проведенных в 2021-22 гг. в картофелеводческих хозяйствах Шацкого и Спасского районов Рязанской области: ООО "Подсосенки" и ООО "Верея" (табл.2) было подтверждено, что технология координатного земледелия с применением квадрокоптера имеет наибольший экономический эффект, а, следовательно, и рекомендуется для дальнейших исследований в области ее скорейшего внедрения.

Таблица 2 – Сравнительные показатели использования технологий возделывания картофеля в картофелеводческих хозяйствах Шацкого и Спасского районов Рязанской области: ООО "Подсосенки" и ООО "Верея".

Тип технологии	Номер контрольной делянки	Площадь контрольной делянки поля, га	Фактическая урожайность, ц/га	Себестоимость производства 1 кг картофеля	Средняя урожайность по технологии, ц/га	Экономический эффект, от внедрения нов. технологии, тыс. руб./га
Традиционная технология на основе работы по маркерам	1	5,5	180,0	10,51	180,4	-
	2	6,2	181,7	10,33		
	3	7,3	179,4	10,57		
Координатное земледелие без использования квадрокоптера	1	4,8	235,6	9,21	235,5	51,6
	2	5,2	235,2	9,27		
	3	7,1	235,8	9,15		
Координатное земледелие с использованием квадрокоптера	1	3,4	245,6	9,05	245,9	66,9
	2	4,0	246,2	9,00		
	3	4,6	246,0	9,01		

Заключение

По полученным данным в маловетренную и безветренную погоду целесообразно за счет более мелких капель и более высокой скорости движения агрегата (до 12 км/ч) поднять давление в магистрали опрыскивателя до 4,0 атм; в случае скорости встречного ветра до 4 м/с рекомендуем понизить давление до 2,5 атм, при скорости до 8 км/ч.

Перспективная концепция координатного земледелия позволяет снизить затраты на химические обработки по уже эффективно обработанным площадям, минимизировать загрязнение окружающей среды избыточно использованными химикатами, а

также снизить затраты, связанные с нерациональным использованием опрыскивающих машин. И самое главное – снизить потери урожая от задержек, связанных с недостаточно оперативным использованием сельскохозяйственных машин (в отсутствие системы получения оперативной информации на основе взаимодействия квадрокоптера и систем GPS и ГЛОНАСС), что приводит к смещению уборки на более поздний срок – на период затяжных дождей и осенних холодов.

Планируемый экономический эффект от внедрения предлагаемой нами перспективной концепции координатного земледелия (на основе



взаимодействия квадрокоптера и систем GPS и ГЛОНАСС) составит свыше 66,9 тыс. руб на гектар.

Список источников

1. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля. / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К., Селиванов В.Г. // Техника и оборуд. для села.-2013.-№ 8.-с. 22-24.

2. Усовершенствованное устройство для сепарирования клубней картофеля [сепарирующие рабочие органы картофелеуборочных машин]. / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К., Голиков А.А. // Сел. механизатор.-2016.-№ 11.-с. 6-7.

3. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов / Рембалович Г.К.// Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. Рязань, 2014.

4. Повышение энергоэффективности дронов в сельскохозяйственном производстве / Симдянкин А.А., Борычев С.Н., Успенский И.А., Каширин Д.Е., Юхин И.А.// Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 380-390.

5. Особенности применения современного тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур/ Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д. и др.//Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 126. С. 180-198.

6. Пат. РФ №68847. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от ботвы Машины для уборки корнеклубнеплодов / С.В. Колупаев, Г.К.Рембалович, А.И.Бойко и др.– Оpubл. 13.06.2007; Бюл. № 34.

7. Современный взгляд на производство картофеля / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Симдянкин А.А., Колотов А.С., Колупаев С.В., Кирюшин И.Н. и др.//Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. С. 146-153.

8. Интерактивная диагностика мобильной техники в сельском хозяйстве / Акимов В.В., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Безносюк Р.В. //Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 106-111.

9. Повышение надёжности и долговечности ботвоудаляющих устройств при клубнещедящей

работе машин на уборке картофеля / Колупаев С.В., Костенко М.Ю., Кокорев Г.Д., успенский Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. и др.// Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 119. С. 834-864.

10. Уменьшение энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве (на примере картофеля) /Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К. и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 375-398

11. К вопросу о повреждениях картофеля при уборке и закладке на хранение / Борычев С.Н., Колошеин Д.В., Маслова Л.А. и др. //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 159. С. 280-293.

12. Маслова, Л.А. Теоретические предпосылки к обоснованию загрузки контейнера для хранения картофеля/ Л.А. Маслова, Д.В. Колошеин, С.Н. Борычев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). - 2020. - № 160 (06). - С. 39-49. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43128321>.

13. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - №89. - С. 488-498. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/58.pdf>.

14. Борычев, С.Н. Технологии и машины для механизированной уборки картофеля (обзор, теории, расчет): монография/ С.Н. Борычев. - Рязань: РГСХА, 2006. - 220 с.

15. Пат. РФ № 175783. Хранилище сельскохозяйственной продукции / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д., Успенский И.А., Колошеин Д.В. - Оpubл. 19.12.2017.

16. Пат. РФ № 183361. Хранилище сельскохозяйственной продукции / Борычев С.Н., Успенский И.А., Колошеин Д.В., Волков А.И., Маслова Л.А., Колотов А.С., Евдокимова Л.В. - Оpubл. 19.09.2018.

17. Пат. РФ № 158787. Хранилище сельскохозяйственной продукции / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д. и др. - Оpubл. 20.01.2016.

18. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Учебн пособие / , А.И. Беленков, Е.В. Березовский. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013 – 117 с.: ил.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Perspektivnyye napravleniya i tekhnicheskie sredstva dlya snizheniya povrezhdenij klubnej pri mashinnoj uborke kartofelya. / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Rembalovich G.K., Selivanov V.G. // *Tekhnika i oborud. dlya sela.*-2013.-№ 8.-s. 22-24.
2. Usovershenstvovannoe ustrojstvo dlya separirovaniya klubnej kartofelya [separiruyushchie rabochie organy kartofeleuborochnyh mashin]. / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Rembalovich G.K., Golikov A.A. // *Sel. mekhanizator.*-2016.-№ 11.-s. 6-7.
3. Povyshenie effektivnosti uborki kartofelya na tyazhelyh suglinistykh pochvah sovershenstvovaniem separiruyushchih organov kombajnov /Rembalovich G.K.// *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / nacional'nyj issledovatel'skij mordovskij gosudarstvennyj universitet im. N.P. Ogareva. Ryazan'*, 2014.
4. Povyshenie energoeffektivnosti dronov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve / Simdyankin A.A., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Kashirin D.E., YUhin I.A.// *Izvestiya nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie.* 2022. № 1 (65). S. 380-390.
5. Osobennosti primeneniya sovremennogo traktornogo transporta v tekhnologicheskikh processah po vozdeystviyu sel'skohozyajstvennyh kul'tur/ Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., YUhin I.A., Rembalovich G.K., Kokorev G.D. i dr.//*Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2017. № 126. S. 180-198.
6. Pat. RF №68847. Ustrojstvo dlya otdeleniya korneklubneplodov ot botvy Mashiny dlya uborki korneklubneplodov / S.V. Kolupaev, G.K.Rembalovich, A.I.Bojko i dr.– Opubl. 13.06.2007; *Byul.* № 34.
7. Sovremennyy vzglyad na proizvodstvo kartofelya / Byshov N.V., Borychev S.N., Simdyankin A.A., Kolotov A.S., Kolupaev S.V., Kiryushin I.N. i dr.//*Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2017. № 128. S. 146-153.
8. Interaktivnaya diagnostika mobil'noj tekhniki v sel'skom hozyajstve / Akimov V.V., Byshov N.V., Borychev S.N., Kostenko M.YU., Rembalovich G.K., Beznosyuk R.V. // *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal.* 2017. № 2. S. 106-111.
9. Povyshenie nadyozhnosti i dolgovechnosti botvoudalyayushchih ustrojstv pri klubneshchedyashchej rabote mashin na uborke kartofelya / Kolupaev S.V., Kostenko M.YU., Kokorev G.D., uspenskiy Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A. i dr.//*Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2016. № 119. S. 834-864.
10. Umen'shenie energeticheskikh zatrat v sel'skohozyajstvennom proizvodstve (na primere kartofelya) / Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Kokorev G.D., Kostenko M.YU., Rembalovich G.K. i dr. // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2016. № 120. S. 375-398
11. K voprosu o povrezhdeniyah kartofelya pri uborke i zakladke na hranenie / Borychev S.N., Koloshein D.V., Maslova L.A. i dr. // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* - 2020. - № 159. S. 280-293.
12. Maslova, L.A. Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu zagruzki kontejnera dlya hraneniya kartofelya/ L.A. Maslova, D.V. Koloshein, S.N. Borychev // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU).* - 2020. - № 160 (06). - S. 39-49. - Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43128321>.
13. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy primeneniya sovremennyh separiruyushchih ustrojstv so vstryahivatelyami v kartofeleuborochnyh mashinah / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* - 2013. - №89. - S. 488-498. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/58.pdf>.
14. Borychev, S.N. Tekhnologii i mashiny dlya mekhanizirovannoj uborki kartofelya (obzor, teorii, raschet): monografiya/ S.N. Borychev. - Ryazan': RGSKHA, 2006. - 220 s.
15. Pat. RF № 175783. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii / Byshov N.V., Borychev S.N., Lipin V.D., Uspenskij I.A., Koloshein D.V. - Opubl. 19.12.2017.
16. Pat. RF № 183361. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii / Borychev S.N., Uspenskij I.A., Koloshein D.V., Volkov A.I., Maslova L.A., Kolotov A.S., Evdokimova L.V. - Opubl. 19.09.2018.
17. Pat. RF № 158787. Hranilishche sel'skohozyajstvennoj produkcii / Byshov N.V., Borychev S.N., Lipin V.D. i dr. - Opubl. 20.01.2016.
18. Balabanov V.I. Navigacionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve. Koordinatnoe zemledelie. Uchebn posobie /, A.I. Belenkov, E.V. Berezovskij. – M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2013 – 117 s.: il.

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



Информация об авторах

Анисаров Илья Станиславович, аспирант кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, anisarovis@gmail.com

Бойко Александр Игоревич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, boitseva@inbox.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

Author Information

Anisarov Ilya S., Postgraduate student of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, anisarovis@gmail.com

Boiko Alexander I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, boitseva@inbox.ru

Borychev Sergey N., Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation, tel. +7(4912) 35-88-31, university@rgatu.ru.

Статья поступила в редакцию 02.12.2022; одобрена после рецензирования 11.12.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 02.12.2022; approved after reviewing 11.12.2022; accepted for publication 12.12.2022

