

Том 14, №3, '2022

ISSN 2077-2084

10.36508/RSATU.2022.79.68.001

12+

ВЕСТНИК

РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ
П.А. КОСТЫЧЕВА



ВЕСТНИК РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА имени П. А. КОСТЫЧЕВА

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

- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки)
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки)
06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки)
06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)
06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки)
06.02.05 – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (биологические науки)
06.02.05 – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (ветеринарные науки)
06.02.07 – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки)
06.02.07 – Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (биологические науки)
06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года
Выходит один раз в квартал
Том 14, № 3, 2022

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

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

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

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

Ф. А. Мусаев, д-р с.-х. наук, профессор
М. Г. Мустафаев, д-р аграрных наук, доцент
А. И. Новак, д-р биол. наук, доцент
М. Д. Новак, д-р биол. наук, профессор,
Г. В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
Е. Н. Правдина, канд. с.-х. наук, доцент
Г. К. Рембалович, д-р техн. наук, доцент
А. П. Савельев, д-р техн. наук, профессор
О. В. Савина, д-р с.-х. наук, профессор
В. Г. Семенов, д-р биол. наук, профессор
А. А. Симдянкин, д-р техн. наук, профессор
О. И. Соловьева, д-р с.-х. наук, доцент
Д. И. 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. Чивилёва.**

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1.,
ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Тираж 700. Первый завод 200. Заказ № 1524 Дата выхода в
свет 10.10.2022

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:

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

Scientific-Production Journal

Issued since 2009
issued once a quarter

Tom 14 # 3, 2022

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

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

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

Editor in Chief Deputies

L. N. Lazutkina,
Doctor of Pedagogical Science,
Associate Professor

Technical editor

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

Editorial Staff:

L. A. Antipkina, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
N. G. Baiboboev, Doctor of Technical Science, Full Professor
S. N. Borychev, Doctor of Technical Science, Full Professor
M. A. Gabibov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
G. V. Gavardashvili, Doctor of Technical Science, Full Professor
P. P. Gamayunov, Doctor of Technical Science, Full Professor
I. K. Danilov, Doctor of Technical Science, Associate Professor
K. N. Drozhzhin, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,
V. I. Zhelyazko, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
A. M. Zaitsev, Candidate of Agricultural Science
O. A. Zakharova, Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
V. V. Kalashnikov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
D. E. Kashirin, Doctor of Technical Science, Associate Professor
L. G. Kashirina, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
S. S. Kozak, Doctor of Biological Science
A. A. Korovushkin, Doctor of Biological Science, Full Professor
M. Y. Kostenko, Doctor of Technical Science, Associate Professor
Y. V. Kostin, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
K. K. Kulibekov, Candidate of Agricultural Science
V. I. Levin, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
N. V. Limarenko, Candidate of Technical Science
O. V. Lukyanova, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
Y. A. Mazhaysky, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. P. Maksimenko, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
N. I. Morozova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor

F. A. Musaev, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. G. Ogly. Mustafayev Doctor of Agrarian Sciences, Associate Professor
A. I. Novak, Doctor of Biological Science, Associate Professor
M. D. Novak, Doctor of Biological Science, Full Professor
G. V. Olgarenko, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
E. N. Pravdina, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
G. K. Rembalovich, Doctor of Technical Science, Associate Professor
A. P. Savelyev, Doctor of Technical Science, Full Professor
O. V. Savina, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
V. G. Semenov, Doctor of Biological Science, Full Professor
A. A. Simdyankin, Doctor of Technical Science, Full Professor
O. I. Solovyeva, Doctor of Agricultural Science, Associate Professor
D. I. Udavliev, Doctor of Biological Science
I. A. Uspenskiy, Doctor of Technical Science, Full Professor
R. N. Ushakov, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
G. N. Fadkin, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
O. A. Fedosova, Candidate of Agricultural Science
L. A. Khrabrova, Doctor of Agricultural Science, Full Professor
M. N. Chatkin, Doctor of Technical Science, Full Professor,
A. F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Science, 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. Chivilyova**

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1., RM. 103.,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. Order No. 1524 Date of publication
Date of publication. 10.10.2022

A record CMI PI № FS77-51956, registered by the Federal service for supervision in the sphere 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

КОЗУБОВ А.С., ХОРОШАЙЛО Т.А. Сравнительная оценка роста и развития молоди белуги и ее помесей со стерлядью	5
КУЗЬМИНА Н.Н., КУДРЯШОВ Л.С., МУСАЕВ Ф.А., ПЕТРОВ О.Ю., ДРОБОТ Г.П. Влияние основного рациона, содержащего дигидрокверцетин, на морфометрические параметры мышц цыплят-бройлеров	12
КУЛИНЦЕВ В.В., ШЕВХУЖЕВ А.Ф., ДОРОХИН Н.А. Качественные показатели мяса бычков симментальской породы, выращенных по разной технологии	20
ЛУКЬЯНОВА О.В., СТУПИН А.С., АНТОШИНА О.А., ВАВИЛОВА Н.В. Фитопатологическая экспертиза семян яровых зерновых культур	29
ПОПКОВА М.А., БУДНИКОВА Н.В. Оценка микробиологической обсемененности пыльцевой обножки	39
САДОВАЯ И.И., ЗАХАРОВА О.А. Анализ достоверных различий агрохимических показателей при расчете коэффициента Стьюдента	46
САДОВАЯ И.И., ЗАХАРОВА О.А., ЧЕРКАСОВ О.В. Моделирование на основе динамики всходов и энергии прорастания семян овса и озимой ржи при разных уровнях питания	58
САВИНА О.В., ПЛАТОНОВА О.В. Использование биологических мелиорантов для улучшения водно-физических свойств почвы и повышения урожайности картофеля	68

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЕНДИН С.В., САЕНКО Ю.В., ЛОБЫНЦЕВ П.А., УЛЬЯНОВ В.М. Результаты экспериментальных исследований по влиянию ультрафиолетового и инфракрасного излучения на всхожесть семян красного клевера	78
ГОРЯЧКИНА И. Н., ЛИКУЧЕВ А.И., ЮМАЕВ Д.М., РЕМБАЛОВИЧ Г. К., ЧАТКИН М.Н. Лабораторные исследования дисперсности аэрозоля для механизированной обработки растений	85
ЕФИМОВ Д.С., КРОВА О.Е., ПОРЫВАЕВ О.Н., ТУПОЛЬСКИХ Т.И., СТЕПАНОВ Д.А. Применение аспирационного оборудования для предотвращения загрязнения воздушного бассейна в районе строительства элеватора	94
ПОЛИЩУК С.Д. Девбалльный метод оценки технического состояния при ремонте двигателей внутреннего сгорания в условиях эксплуатации автомобилей АПК	105
ПОЛИЩУК С.Д. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники хромовым покрытием с применением наноматериалов	113
РЯДНОВ А.И., ФЕДОРОВ А.В. Снижение затрат труда при выгрузке рулонов сена из кузова транспортного средства	121
ФАДЕЕВ И.В., СТЕПАНОВА Е.И., КАЗАРИН А.С., ВОРОНОВ В.П. Зависимость степени очистки поверхностей деталей агрегатов автотракторной техники от продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой	130
ШЕМЯКИН А. В., ГОРЯЧКИНА И. Н., КОСТЕНКО М. Ю., РЕМБАЛОВИЧ Г. К., МУРОГ И.А. Анализ урожайности картофеля при обработке семян туманом биопрепаратов	139



Content

AGRICULTURAL SCIENCE

KOZUBOV A.S., KHOROSHAILO T.A. Comparative assessment of the growth and development of beluga fry and its hybrids with starlet	5
KUZMINA N.N., KUDRYASHOV L.S., MUSAIEV F.A., PETROV O.YU., DROBOT G.P. Effects of a basic diet containing dihydroquercetin on morphometric parameters of broiler chicken muscles.	12
KULINTSEV V.V., SHEVKHYZHEV A.F., DOROKHIN N.A. Qualitative indicators of meat of bulls of the Simmental breed, grown by different technologies	20
LUKYANOVA O.V., STUPIN A.S., ANTOSHINA O.A., VAVILOVA N.V. Phytopathological examination of spring grain seeds	29
POPKOVA M.A., BUDNIKOVA N.V. Evaluation of microbiological obsemination of bee pollen	39
SADOVAYA I.I., ZAKHAROVA O.A. Analysis of significant differences in agrochemical parameters using student's distribution quantiles.	46
SADOVAYA I.I., ZAKHAROVA O.A., CHERKASOV O.V. Modeling based on sprouting dynamics and germinating energy of oat and winter rye seeds at different nutrition levels.	58
SAVINA O. V., PLATONOVA O.V. The use of biological ameliorants to improve water-physical properties of soil and increase potato yield /	68

TECHNICAL SCIENCE

VENDIN S.V., SAENKO YU. V., LOBYNTSEV P.A., ULYANOV V.M. Results of experimental studies on the effect of ultraviolet and infrared radiation on the germination of red clover seeds	78
GORYACHKINA I. N., LIKUCHEV A. I., YUMAEV D. M., REMBALOVICH G. K., CHATKIN M.N. Laboratory studies of aerosol dispersion for mechanized processing of plants.	85
EFIMOV D.S., KROTOVA O.E., PORYVAEV O.N., TUPOLSKIKH T.I., STEPANOV D.A. Comparative efficiency of aspiration equipment for dust protection of elevator complexes.	94
POLISHCHUK S.D. The nine-score method for assessing the technical condition of operating diesel engines.	105
POLISHCHUK S.D. Restoration of agricultural machinery parts with chrome coating using nanocarbon	113
RYADNOV A.I., FEDOROV A.V. Reduction of labor costs when unloading hay rolls from the vehicle body	121
FADEEV I. V., STEPANOVA E .I., KAZARIN A. S., VORONOV V. P. Analysis of environmental cleaning and washing of affected parts in the process of repairing units of automotive and tractor equipment.	130
SHEMYAKIN A.V., GORYACHKINA I.N., KOSTENKO M.YU., REMBALOVICH G.K., MUROG I.A. Analysis of potato yield during seed treatment with biological mist	139



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГТУ, 2022, т 14, №3, с. 5-11
Vestnik RGATU, 2022, Vol 14, №3, pp 5-11

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 639.3.032
DOI: 10.36508/RSATU.2022.26.59.002

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РОСТА И РАЗВИТИЯ МОЛОДИ БЕЛУГИ И ЕЕ ПОМЕСЕЙ СО СТЕРЛЯДЬЮ

Алексей Сергеевич Козубов¹, Татьяна Анатольевна Хорошайло² ✉

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

¹lewakozubov@yandex.ru

²tatyana_zabai@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В настоящее время общей тенденцией мирового рыбного хозяйства является увеличение производства пищевой рыбопродукции не только за счет развития аквакультуры, но и биологических особенностей организма осетровых. Целью исследований явилось теоретическое обоснование и практическая реализация оценки роста и развития молоди белуги и ее помесей со стерлядью, в возрасте от 0+ до 2+ (сеголеток-трехлеток) в условиях промышленного производства.

Методология. Объект исследования – чистопородные особи белуги и ее помеси со стерлядью в возрасте от сеголетка до трехлетка, выращенные в условиях бассейна и прудового рыбоводного хозяйства Краснодарского края. Группы были сформированы из одного помета, особей различали по внешнему виду. Контрольное выращивание продолжалось с осени 2019 года до осени 2021 года. Весовой рост рыб определяли их взвешиванием, которое проводили на весах с точностью до 0,1 г в утренние часы. Все данные вносили в журнал биологического анализа в возрасте рыб 0+, 1 и 2+. В трехлетнем возрасте рыб взвешивали после отлова их из пруда методом случайной выборки. Особей в группах различали по внешнему виду. Определялись следующие меристические и пластические признаки: навеска рыбы, приросты живой массы, линейный рост. Точность навески и линейных промеров составляла 0,1 г и см. Данные обрабатывались с помощью программы «Microsoft office Excel 2010». Для определения достоверности разницы между группами использовали метод t-критерия Стьюдента.

Результаты. Выявлено, что в возрасте сеголетка, навеска особей контрольной группы составила 36,1 г, опытной – 38,3 г. К концу контрольного выращивания навеска рыб контрольной и опытной групп была 1728,3 и 2236,4 г, соответственно. Разница – 508,1 грамм. В опытной группе абсолютный прирост живой массы рыб был равен 2198,2 г, в то время как в контрольной группе составлял 1692,2 г. Разница в среднесуточных приростах была 0,71 г в пользу гибридов. Длина тела рыб в контрольной и опытной группах составляла 32,7 и 37,3 см, соответственно.

Заключение. Спаривание различных пород рыб одного семейства обусловило повышение продуктивности рыб в одинаковых условиях кормления и содержания. Положительно проявленный эффект гетерозиса благоприятно отразился на помесях первого поколения, полученных от белуги и стерляди.

Ключевые слова: помеси осетра, белуга, стерлядь, навеска, промеры, приросты.

Для цитирования: Козубов А.С., Хорошайло Т.А. Сравнительная оценка роста и развития молоди белуги и ее помесей со стерлядью // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №3. С 5- 11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.59.002>



Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF BELUGA JUVENILES AND THEIR HYBRIDS WITH STARLET

Aleksey S. Kozubov¹, Tatiana A. Khoroshailo² ✉

Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

¹lewakozubov@yandex.ru

²tatyana_zabai@mail.ru

Annotation.

Problem and purpose. Currently, the general trend of the global fishing industry is to increase the production of fish food products not only due to the development of aquaculture, but also the biological characteristics of the body of sturgeon. The aim of the study was the theoretical justification and practical implementation of the assessment of the growth and development of beluga juveniles and their hybrids with sterlet aged 0+ to 2+ (three-year-olds) in industrial production.

Methods. The object of the study: purebred beluga and its crossbreed with sterlet aged from one to three years, grown in the conditions of the basin-pond fish farming of the Krasnodar Territory. The groups were formed from the same litter, which differed in their appearance. The duration of the control cultivation lasted from autumn 2019 to autumn 2021. The weight gain of fish was determined by weighing them, which was carried out on a scale with an accuracy of 0.1 g in the morning. All data were entered into the journal of biological analysis at the ages of 0+, 1 and 2+. At the age of three, the fish was weighed after being caught from the pond by random sampling. Individuals in groups differed in their appearance. The following meristic and plastic characteristics were determined: fish mass, live weight gain, linear growth. The accuracy of weighing and linear measurements was 0.1 g and cm. The data was processed using the Microsoft office Excel 2010 program. The Student's t-test was used to determine the significance of the differences between the groups.

Results. It was revealed that at the age of one year, the weight of individuals in the control group was 36.1 g, the experimental group was 38.3 g. By the end of the control cultivation, the weight of fish in the control and experimental groups was 1728.3 and 2236.4 g, respectively. The difference is 508.1 grams. In the experimental group, the absolute increase in live weight of fish was 2198.2 g, while in the control group it was 1692.2 g. The difference in average daily gains was 0.71 g in favor of hybrids. The body length of the fish in the control and experimental groups was 32.7 and 37.3 cm, respectively.

Conclusion. The mating of different species of fish of the same family led to an increase in the productivity of fish under the same conditions of feeding and maintenance. The positive effect of heterosis had a positive effect on the first-generation crossbreeds obtained from beluga and sterlet.

Key words: sturgeon crossbreeds, belugas, sterlets, sample, measurements, increments

For citation: Kozubov A.S., Khoroshailo T.A. Comparative assessment of the growth and development of beluga fry and its hybrids with sterlet //Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T.14, No. 3. S 5- 11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.59.002>

Введение

Становление и развитие товарного рыбоводства в Краснодарском крае и Республике Адыгея происходит в условиях значительного истощения рыбных запасов водохранилищ по причине недостаточности их зарыбления. Восстановить запасы в водохранилищах и обеспечить рыбопосадочным материалом прудовые хозяйства региона возможно только за счет стабильной работы рыбопроизводных предприятий [10,13].

Промышленное осетроводство представляет собой систему мероприятий по выращиванию осетровых рыб до товарных кондиций, где все процессы выращивания управляются человеком.

Животноводство твердо стоит на этом пути развития и достигает больших успехов. Рыбоводство развивается по такому же пути. В современном хозяйстве человек создает такие же условия, которые позволяют ему наилучшим образом контролировать рост животного и направлять его обменные процессы в желаемую сторону [4,7].

Система рыбоводных мероприятий при выращивании осетровых обязана позволять разводить осетровых рыб в прудах, озерах, водохранилищах и специальных бассейнах. Причем уже в настоящее время выращивание надо производить в более контролируемых и более искусственных условиях [1,3].

По мере совершенствования биотехники удельный вес выращивания в прудах будет возрастать. В последних легче создавать оптимальные условия и автоматизировать многие звенья технологических процессов получения товарной рыбы, производителей или выращивания для получения товарной икры [2,8].

В одном из рыбоводных хозяйств в чистоте выращивают такие виды осетровых как: белуга, стерлядь, ленский осетр, русский осетр, а также практикуется спаривание особей разных пород, изменяя при этом продуктивные качества помесей. На основании чего была поставлена цель – оценить рост и развитие молоди белуги и



ее помесей со стерлядью, в возрасте от 0+ до 2+ (сеголеток-трехлеток) в условиях промышленного производства. Для достижения указанной цели ставились и были выполнены задачи: изучить рацион рыб разной навески; определить динамику живой массы рыб и приростов; сравнить длину тела подопытных рыб; рассчитать экономическую эффективность выращивания осетровых.

Материалы и методы исследования

Научно-производственные исследования проводили с осени 2019 года до осени 2021 года на 100 особях осетровых. Подопытная рыба содержалась в комбинированных условиях, т.е. от сеголетка до годовика находилась в бассейне в помещении; а с годовалого возраста была выпущена в пруд, где и находилась до трехлетнего возраста. В первую группу (контрольную) вошли сеголетки, полученные от производителей белуги; во вторую (Опытную) – от белуги и стерляди, по 50 голов в каждой. Группы были сформированы из одного помета, которых различали по внешнему виду. Сбор и обработка всего материала проводились по общепринятым рыбохозяйственным методикам Правдина И.Ф. [6,12].

Весовой рост рыб определяли взвешиванием, которое проводили на весах с точностью до 0,1 г в утренние часы. Все данные вносили в журнал биологического анализа в возрасте 0+, 1 и 2+. В трех-

летнем возрасте рыб взвешивали после отлова их из пруда методом случайной выборки. Определялись следующие меристические признаки: навеска рыбы, г; приросты живой массы, г. Линейный рост определяли по общей длине тела с помощью линейки-рыбомера. Точность линейных промеров составляла 0,1 см.

Результаты исследований и их обсуждение

Белуга является чрезвычайно редким видом семейства осетровых, который включен в Красную книгу Международного союза охраны природы (МСОП). Масса белуги может достигать значения около 1,5 тонн, в связи с чем белугу принято считать крупнейшей пресноводной рыбой, занимающей одну из лидирующих позиций по величине среди костных рыб [5,8].

Бестер – эвритермная рыба, которая является гибридом белуги и стерляди. Перспективы разведения именно этого гибрида базируются на том, что бестер успешно комбинирует высокий темп роста, взятый от белуги, и возможность обитать и развиваться в пресной воде, полученную от стерляди. Жизнедеятельность бестера возможна при температуре от 1 до 30° С, однако рост и развитие наиболее интенсивны при температуре от 18 до 25° С. Данный гибрид также крайне уникален тем, что, являясь осетровой рыбой, может созревать даже в прудовых хозяйствах с непроточной водой [2].

Таблица 1 – Основные показатели полнорационных продукционных кормов для кормления осетровых рыб разной массы

Показатели	Масса рыб, г			
	< 50		> 50	
	оптимум	эконом	оптимум	эконом
Массовая доля сырого протеина, %, не менее	35,0	30,0	30,0	26,0
Массовая доля сырого жира, %, не менее	7,0	5,0	5,0	3,5
Массовая доля сырой золы, %, не более	10,0	10	10,0	10,0
Массовая доля сырой клетчатки, %, не более	4,5	6,0	6,0	8,0
Массовая доля лизина, %, не менее	1,7	1,5	1,5	1,2
Массовая доля метионина и цистина, %, не менее	0,8	0,7	0,6	0,5
Массовая доля фосфора, % не менее	1,2	1,2	1,2	1,2
Кислотное число жира, мг КОН, не более	70,0	70,0	70,0	70,0
Перекисное число жира, % йода, не более	0,2	0,2	0,2	0,2

Для кормления осетровых рыб в промышленных условиях используют комбикорма, содержащие 26-35 % протеина, комплекс минеральных и витаминных добавок. Затраты корма при нормированном кормлении составляют 1,5-2,0 кг на 1 кг прироста рыбы. Эффективность кормления во многом зависит от тщательности контроля за

термическим и гидрохимическим режимом воды, ростом рыб, потреблением ими корма, а также от правильности и своевременности корректировки программы нормированного кормления с учетом меняющихся условий среды. Размеры гранул должны соответствовать массе рыб (табл. 2).

Таблица 2 – Размер гранул в зависимости от массы рыб

Масса рыб, г	Размер гранул, мм
10–40	3,2
40–150	4,5
150–500	6,0
>500	8,0



Осетровые при искусственном кормлении (аквариальные условия) и в прудовых хозяйствах довольно сильно различаются по показателю роста. Результаты роста рыб представлены в таблице 3.

Приведенные данные свидетельствуют, что гибридные осетровые показали наиболее высокую интенсивность роста, так как стерлядь дает скороспелость. Так, в возрасте сеголетка навеска особей контрольной группы составила $36,1 \pm 0,21$ г, опытной – $38,3 \pm 0,11$ г (разница между группами недостоверна). К годовалому возрасту разница в живой массе осетровых была в пользу опытной группы и составила в контрольной группе $36,1 \pm 0,21$ г, опытной – $38,2 \pm 0,11$ г (разница между группами недостоверна). К годовалому возрасту разница в живой массе осетровых была в пользу опытной группы и составила 39,8 г. К концу контрольного выращивания навеска рыб контрольной и опытной групп была $1728,3 \pm 0,36$ и $2236,4 \pm 0,48$ г, соответственно. Разница – 508,1 граммов.

Отсюда следует, что абсолютный прирост живой массы рыб также был закономерно выше в опытной группе и был на уровне 2198,2 граммов. В контрольной группе этот показатель составил 1692,2 грамма. Разница в среднесуточных приростах была 0,71 г в пользу гибридов, полученных от белуги и стерляди.

В наше время, при необходимости создания

диагностической характеристики рыб, а именно установления качественных и количественных признаков многих промеров тела предпочтение отдается биометрическому методу, в то время как раньше наиболее популярным являлся описательный [9].

Изучая внутривидовые закономерности низших таксономических единиц, исследователи используют биометрический метод, который дает возможность установить признаки племен, рас, экотипов и др. с использованием вариационной статистики. С помощью математического метода привели в порядок множество таксономических единиц в ихтиологии. Такая трудоемкая работа требует специальных схем измерений рыб, ведь применяющиеся в наше время схемы измерений, в связи с недоверием различных исследователей или исследовательских групп, трактуются по-разному. Для успешной работы в биологической систематике необходима общепринятая согласованность в методиках. При таком подходе результаты различных исследователей в рамках одного направления смогут быть обработаны и сопоставлены.

В ходе выполнения научно-производственного опыта был произведен анализ длины туловища подопытных рыб. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Показатели контрольного выращивания подопытных рыб

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса начальная (0+), г	$36,1 \pm 0,21$	$38,2 \pm 0,11$
Масса промежуточная (1), г	$218,3 \pm 0,12$	$258,1 \pm 0,41$
Масса конечная (2+), г	$1728,3 \pm 0,36$	$2236,4 \pm 0,48$
Абсолютный прирост, г	1692,2	2198,2
Среднесуточный прирост, г	2,35	3,06
Продолжительность эксперимента, сут.	718	718

Таблица 4 – Длина тела рыб, см, $M \pm m$

Возраст	Группа, n -10		Lim
	контрольная	опытная	
Сеголеток (0+)	$11,9 \pm 0,11$	$11,2 \pm 0,14^{***}$	10,8–14,2
Годовик (1)	$13,1 \pm 0,36$	$15,3 \pm 0,23^{**}$	18,5–28,5
Трехлеток (2+)	$32,7 \pm 0,22$	$37,3 \pm 0,81^{***}$	27,0–36,0

Из данных таблицы 4 видно, что темп роста длины тела рыб имел некоторые различия. В возрасте сеголетка группа белуги имела размер тела длиной $11,9 \pm 0,11$ см, а группа бестера – $11,2 \pm 0,14$ см с достоверной разницей по третьему порогу (*** – $P \geq 0,999$).

В годовалом возрасте разница между группами составила 2,2 см (** – $P \geq 0,99$), но находилась в пределах лимита. В конце контрольного выращивания длина тела рыб опытной группы составляла уже 4,6 см, и была в контрольной и опытной

группах $32,7 \pm 0,22$ и $37,3 \pm 0,81$ см ($P \geq 0,999$), соответственно.

Особенности производства продукции в прудовом рыбоводстве накладывают определенный отпечаток на организацию и характер производственных процессов и в значительной степени определяют специфику применяемых машин и механизмов. В наших исследованиях экономическая эффективность была рассчитана с учетом полученной выручки, чистой прибыли и затрат на выращивание (табл. 5).



Таблица 5 – Экономическая эффективность выращивания осетровых (в расчете на 1 голову)

Показатель	Группа		Опытная к контрольной, +/-
	контроль-ная	опытная	
Навеска в возрасте 3 лет, кг	1,728	2,236	0,508
Цена за 1 кг, руб.	800,0	800,0	–
Выручка от реализации, руб.	1382,4	1788,8	406,4
Затраты на выращивание, руб.	1012,0	1012,0	–
в т.ч. стоимость кормов, руб.	648,0	648,0	–
заработная плата, руб.	88,0	18,0	–
амортизация, руб.	21,0	11,0	–
топливо, руб.	18,0	18,0	–
текущий ремонт, руб.	56,0	56,0	–
прочие прямые затраты, руб.	112,0	112,0	–
накладные расходы, руб.	69,0	69,0	–
Прибыль, руб.	370,4	776,8	406,4
Уровень рентабельности, %	36,6	76,7	40,1

Анализ экономической эффективности выращивания особей семейства осетровых – белуги и ее помесей со стерлядью показал, что при одинаковых условиях кормления и содержания получили разные данные по рыбопродуктивности.

Так, в трехлетнем возрасте особи белуги весили 1728,3 г, а особи бестера – 2236,4 г. Разница между навеской составила 508 г. В рассматриваемом предприятии средняя цена реализации за 1 кг рыбы трехлетних особей семейства осетровых составила 800,0 руб. Отсюда выручка от реализации по контрольной и опытной группам обошлась в 1382,4 и 1788,0 руб., соответственно. Разница составила 406,0 руб. в пользу гибридов, полученных от белуги и стерляди. Затраты на выращивание состояли из стоимости кормов, заработной платы, амортизации, топлива, стоимости текущих ремонтных работ, накладных расходов и прочих прямых затрат. В наших исследованиях затраты на выращивание одной особи составили 1012,0 руб. При дальнейшем подсчете прибыли и затрат уровень рентабельности составил в контрольной группе – 36,6 %, в опытной – 76,1 %.

Закключение

Таким образом, на основании собственных исследований нам удалось выявить оптимальный способ увеличения рыбной продукции при одинаковых условиях кормления и содержания, используя биологические особенности разных видов рыб семейства осетровых. Исходя из этого, установили, что бестер быстрее набирает массу, чем белуга; это позволяет реализовывать большее количество осетрового мяса за производственный цикл, что способствует увеличению показателя выручки рыбных хозяйств.

Список источников

1. Карпов, Д.А. Влияние различных кормов на рост молоди осетровых рыб в условиях аквариума на примере стерляди (*Acipenser Ruthenus L.*) / Д.А. Карпов, М.А. Блинов, Е.И. Шомина // Матер. LIV студенч. Науч. конф.: Теория и практика научно-го развития АПК.– Воронежский государственный аграрный университет имени К. Д. Глинки. – 2003.

– С. 156–157: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28087848>

2. Коркош, В.В. Определение возраста и темпа роста осетровых рыб Азовского моря / В.В. Коркош, С.М. Проненко // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – 1996. – Т. 42. – С. 146–151: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26188972>

3. Маилкова, А.В. Сравнительная характеристика роста и развития гибридов осетровых рыб (ленский осетр х белуга и ленский осетр х русский осетр) при выращивании в тепловодной аквакультуре / А.В. Маилкова, А.Г. Новосадов, А.И. Никифоров / В сборнике: Теплопроводная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата. Международный симпозиум. Астрахань, 2007. – С. 333–335: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48054877>

4. Пономарев, С.В. Факторы, влияющие на рост осетровых рыб в индустриальной аквакультуре / С.В. Пономарев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2010. – № 4 (16). – С. 52-55: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17790304>

5. Пономарева, Е.Н. Особенности роста различных гибридных форм осетровых видов рыб / Е.Н. Пономарева [и др.] / Наука Юга России. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 81–88: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41026072>

6. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – 4-е изд. доп. и перераб. / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 267 с.

7. Хорошайло, Т.А. Влияние температурного режима на продуктивность молоди осетровых / Т.А. Хорошайло // Сб. ст. по матер. Междунар. науч.-практ. конф.: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. – пос. Персиановский, 2020. – С. 208–211: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45622424>

8. Хорошайло, Т.А. Состояние численности, уловов и искусственного воспроизводства русско-



го осетра Азовского бассейна / Т.А. Хорошайло, Г.В. Комлацкий, О.С. Цой // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (67). – С. 127–131: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47405596>

9. Чернышев, Е.В. Изменение показателей роста и развития молоди рыбы при скормливании в составе рациона активной угольной кормовой добавки / Е.В. Чернышов, Н.А. Юрина, Е.А. Максим / Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – № 3. – С. 85-90: [сайт] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26722851>

10. Komlatsky, V.I. Automation technologies for fish processing and production of fish products / V.I. Komlatsky, T.A. Podoinitsyna, V.V. Verkhoturov, Y.A. Kozub // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference «Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-2019». Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. – 2019. – С. 44050: [сайт] – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri>

<https://www.scopus.com/record/display.uri>

11. Khoroshailo, T.A. Influence of environmental factors on the development and conservation of sturgeon young / T.A. Khoroshailo, Y.A. Alekseeva, B.D. Garmaev, A.A. Martemyanova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk, 2021. – С. 42025: [сайт] – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri>

12. Podoinitsyna, T.A. Technological features of the cultivation of mirror and scaly carp / T.A. Podoinitsyna, V.V. Verkhoturov, Y.A. Kozub // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 42002: [сайт] – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri>

13. Краснодарский край производит свыше 30 % всей товарной рыбы в ЮФО: [сайт] – URL: <https://fish.gov.ru/tag/19/>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Karpov, D.A. Vliyaniye razlichnykh kormov na rost molodi osetrovyykh ryb v usloviyakh akvariuma na primere sterlyadi (*Acipenser ruthenus* L.) / D.A. Karpov, M.A. Blinov, Ye.I. Shomina // Mater. LIV studenchn. Nauch. konfer.: Teoriya i praktika nauchnogo razvitiya APK.– Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni K. D. Glinki. – 2003. – S. 156–157: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28087848>

2. Korkosh, V.V. Opredeleniye vozrasta i tempa rosta osetrovyykh ryb Azovskogo morya / V.V. Korkosh, S.M. Pronenko // Trudy Yuzhnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khozyaystva i okeanografii. – 1996. – T. 42. – S. 146–151: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26188972>

3. Mailkova, A.V. Sravnitel'naya kharakteristika rosta i razvitiya gibridov osetrovyykh ryb (lenskiy osetr kh beluga i lenskiy osetr kh russkiy osetr) pri vyrashchivani v teplovodnoy akvakul'ture / A.V. Mailkova, A.G. Novosadov, A.I. Nikiforov / V sbornike: Teploprovodnaya akvakul'tura i biologicheskaya produktivnost' vodoyemov aridnogo klimata. Mezhdunarodnyy simpozium. Astrakhan', 2007. – S. 333–335: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48054877>

4. Ponomarev, S.V. Faktory, vliyayushchiye na rost osetrovyykh ryb v industrial'noy akvakul'ture / S.V. Ponomarev [i dr.] // Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). – 2010. – № 4 (16). – S. 52-55: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17790304>

5. Ponomareva, Ye.N. Osobennosti rosta razlichnykh gibridnykh form osetrovyykh vidov ryb / Ye.N. Ponomareva [i dr.] / Nauka Yuga Rossii. – 2019. – T. 15. – № 3. – S. 81–88: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41026072>

6. Pravdin, I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh). – 4-ye izd. dop. i pererab. / I.F. Pravdin. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1966. – 267 s.

7. Khoroshailo, T.A. Vliyaniye temperaturnogo rezhima na produktivnost' molodi osetrovyykh / T.A. Khoroshailo // Sb. st. po mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: Aktual'nyye napravleniya innovatsionnogo razvitiya zhivotnovodstva i sovremennyye tekhnologii proizvodstva produktov pitaniya. – pos. Persianovskiy, 2020. – S. 208–211 : [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45622424>

8. Khoroshailo, T.A. Sostoyaniye chislennosti, ulovov i iskusstvennogo vosproizvodstva russkogo osetra Azovskogo basseyna / T.A. Khoroshailo, G.V. Komlatskiy, O.S. Tsoy // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 4 (67). – S. 127–131: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47405596>

9. Komlatsky, V.I. Automation technologies for fish processing and production of fish products / V.I. Komlatsky, T.A. Podoinitsyna, V.V. Verkhoturov, Y.A. Kozub // V sbornike: Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference «Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-2019». Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. – 2019. – S. 44050: [sayt] – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri>

10. Chernyshev, Ye.V. Izmeneniye pokazateley rosta i razvitiya molodi ryby pri skarmlivanii v sostave



ratsiona aktivnoy ugol'noy kormovoy dobavki / Ye.V. Chernyshov, N.A. Yurina, Ye.A. Maksim / Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya. – 2016. – № 3. – S. 85-90: [sayt] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26722851>

11. Khoroshailo, T.A. Influence of environmental factors on the development and conservation of sturgeon young / T.A. Khoroshailo, Y.A. Alekseeva, B.D. Garmaev, A.A. Martemyanova // V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk, 2021. – S. 42025: [sayt] – URL: <https://www.scopus.com/record/display>

12. Podoinitsyna, T.A. Technological features of the cultivation of mirror and scaly carp / T.A. Podoinitsyna, V.V. Verkhoturov, Y.A. Kozub // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – С. 42002: [sayt] – URL: <https://www.scopus.com/record/display>

13. Krasnodarskiy kray proizvodit svyshe 30% vsey tovarnoy ryby v YUFO: [sayt] – URL: <https://fish.gov.ru/tag/19/>

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

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

Козубов Алексей Сергеевич, магистрант факультета зоотехнии, lewakozubov@yandex.ru

Information about authors

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., master's student of the faculty of animal science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilina, lewakozubov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.5.033, 637.052
DOI: 10.36508/RSATU.2022.61.78.003

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОГО РАЦИОНА, СОДЕРЖАЩЕГО ДИГИДРОКВЕРЦЕТИН,
НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МЫШЦ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

Надежда Николаевна Кузьмина¹✉, Леонид Сергеевич Кудряшов², Фаррух Атауллович Мусаев³, Олег Юрьевич Петров⁴, Галина Павловна Дробот⁵

^{1,4,5}ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия

²ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹kuzmina221995@mail.ru

²lskudryashov@yandex.ru

³musaev@rgatu.ru

⁴tmspetrov@yandex.ru

⁵droga59@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, направленная на формирование здорового питания, предполагает не только расширение ассортимента, но и увеличение производства обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов с использованием безопасного в пищевом отношении сырья. Цель работы заключалась в морфометрической оценке грудной (*Pectoralis m.*) и бедренной (*Iliotibialis m.*) мышц цыплят бройлеров, основного рацион которых содержал дигидрокверцетин. Дигидрокверцетин не обладает цитотоксическим действием и мутагенной активностью, что делает его безопасным для человека и животных. При этом было установлено, что добавка дигидрокверцетина к основному рациону способствует не только быстрому росту птицы, но и улучшает качество получаемого мяса.

Методология. Микроструктурные исследования были проведены по общепринятой методике с использованием санного микроотома «МС-2» и светового микроскопа Micros MC-40 M, при проведении опытов была применена сетка Автандилова. В ходе исследований осуществлена количественная оценка площади и толщины мышечных волокон, которые обозначали как паренхиму. Остальные структуры, находящиеся между волокнами, рассматривали как строму.

Результаты. Установлено, что при добавлении к основному рациону цыплят-бройлеров дигидрокверцетина, в исследованных количествах, не обнаружено негативных морфологических изменений в паренхиме грудных и бедренных мышц. Кластерный анализ показал, что параметры грудных мышц всех опытных групп цыплят несколько отличаются от мышц контрольной группы. В группе цыплят-бройлеров, рацион которых содержал 0,75 г дигидрокверцетина на 100 г комбикорма, отмечено уменьшение толщины мышечных волокон. Однако надо принять во внимание, что небольшая выборка не позволила выявить более существенные различия.

Заключение. При добавлении дигидрокверцетина к основному рациону цыплят-бройлеров в изучаемых количествах существенных морфологических изменений в паренхиме не обнаружено.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, дигидрокверцетин, морфометрия, грудные и бедренные мышцы, мышечная паренхима

Для цитирования: Кузьмина Н.Н., Кудряшов Л.С., Мусаев Ф.А., Петров О.Ю., Дробот Г.П. Влияние основного рациона, содержащего дигидрокверцетин, на морфометрические параметры мышц цыплят-бройлеров// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №3. С 12 -19 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.61.78.003>

Original article

**EFFECTS OF A BASIC DIET CONTAINING DIHYDROQUERCETIN
ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF BROILER CHICKEN MUSCLES**

Nadezhda N. Kuzmina¹✉, Leonid S. Kudryashov², Farrukh A. Musaev³, Oleg Yu. Petrov⁴, Galina P. Drobot⁵



^{1,4,5} FSBEI HE "Mari State University", Yoshkar-Ola, Russia

² FSBRI "FRC of Food Systems Named after V.M. Gorbатов", Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹kuzmina221995@mail.ru

²Iskudryashov@yandex.ru

³musaev@rgatu.ru

⁴tmspetrov@yandex.ru

⁵droga59@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The doctrine of food security of the Russian Federation, aimed at a healthy diet, involves not only expanding the range, but also increasing the production of enriched, dietary and functional foods using food-safe raw materials. The purpose of the work was to morpho-metrical assessment of pectoral (Pectoralis m.) and femoral (Iliotibialis m.) muscles of broiler chickens, the main diet of which contained dihydroquercetin. Dihydroquercetin did not have any cytotoxic effect and mutagenic activity, which made it safe for humans and animals. At the same time, it was found that the addition of dihydroquercetin to the main diet not only contributed to the rapid growth of poultry, but also improved the quality of meat.

Methodology. Microstructural studies were carried out according to the generally accepted methodology using MS-2 sledge microtome and Micros MC-40 M light microscope. Avtandilov's grid was used during the experiments. In the course of the research, a quantitative assessment of the area and thickness of muscle fibers, which were designated as parenchyma, was carried out. The remaining structures located between the fibers were considered as stroma.

Results. It was established that when the studied quantities of dihydroquercetin were added to the basic diet of broiler chickens, no negative morphological changes were found in the parenchyma of pectoral and femoral muscles. Cluster analysis showed that parameters of the pectoral muscles of all experimental groups of chickens differed from the muscles of the control group. In the group of broiler chickens, the diet of which contained 0.75 g of dihydroquercetin per 100 g of compound feed, some decrease in the thickness of muscle fibers was noted. However, it should be taken into account that a small sample did not allow revealing more significant differences.

Conclusion. When adding dihydroquercetin to the basic diet of broiler chickens in the studied quantities, no significant morphological changes in the parenchyma were found.

Key words: broiler chickens, dihydroquercetin, morphometry, pectoral and femoral muscles, muscle parenchyma.

For citation: Kuzmina N.N., Kudryashov L.S., Musaev F.A., Petrov O.Yu., Drobot G.P. Effects of a basic diet containing dihydroquercetin on morphometric parameters of broiler chicken muscles. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 3, P 12-19 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.61.78.003>

Введение

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации направлена на формирование здорового питания и предполагает не только расширение ассортимента, наращивание производства обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов, но и улучшение их качества, а также сроков годности [1].

Одной из важных задач является использование различных добавок к основному рациону, способствующих не только выживаемости и быстрому росту промышленной птицы, но и улучшению качества получаемого мяса [3]. К таким добавкам можно отнести дигидрокверцетин – биофлавоноид, снижающий проницаемость и ломкость капилляров и сосудов, обладающий антиоксидантной активностью [4, 5, 6]. По имеющимся данным [7, 8], дигидрокверцетин не обладает цитотоксическим действием и мутагенной активностью, что делает его безопасным для человека и животных [16, 17, 18, 19]. Установлено [9], что нарушения пролифе-

ративной и анаболической активности различных клеточных популяций новорожденных крыс могут быть скорректированы введением этого антиоксиданта в неонатальном периоде. Однако дигидрокверцетин не корректирует нарушения структурного гомеостаза в большинстве исследованных клеточных популяций половозрелых белых крыс. Кроме того, реакция анаболических процессов на воздействие антиоксиданта дигидрокверцетина носит отчетливый тканеспецифический характер и имеет выраженные онтогенетические особенности [10]. В то же время, использование дигидрокверцетина в кормлении бычков выявило его существенное влияние на количественные и качественные характеристики мясной продуктивности животных: на выход туши, ее морфологический и химический состав, пищевую и энергетическую ценность мякоти, а также на технологические свойства мышечной ткани [11].

Цель работы заключалась в морфометрической оценке мышечной ткани: грудной (Pectoralis



м.) и бедренной мышц (Iliotibialis m.) цыплят-бройлеров кросса КОББ-500, в основной рацион которых был добавлен дигидрокверцетин.

Объекты и методы

Объектами исследования служили грудные и бедренные мышцы цыплят-бройлеров, имеющие различные морфо-биохимические показатели [12]. Все цыплята-бройлеры были распределены на 4 группы: 1-я – контрольная, выращивалась на основном рационе. Опытные группы получали основной рацион с добавкой дигидрокверцетина в количестве: 2-я группа – 0,5 г на 100 г комбикорма, 3-я группа – 0,75 г на 100 г комбикорма, 4-я – 1 г на 100 г комбикорма.

Микроструктурные исследования проводили по общепринятой методике [13] с использованием санного микротомы «МС- 2» и светового микроскопа Micros MC-40 M (Австрия; объектив $\times 10$, окуляр $\times 15$), применяя сетку Автандилова [14]. В ходе исследований проведена количественная оценка площади и толщины мышечных волокон, которые обозначали как паренхиму. Остальные структуры, находящиеся между волокнами, рассматривали как строму.

Для определения толщины волокон применяли окуляр-микрометр МОВ-1-15Х ГОСТ 7865-56. У каждой особи на гистологическом препарате выделяли 10 случайно выбранных продольно срезаемых волокон и измеряли их толщину (мкм). Затем устанавливали среднее значение величины для данных волокон всех типов исследуемых мышц (грудных и бедра) в каждой группе птиц.

Для анализа площадей паренхимы и стромы изучали поперечные срезы мышц, используя в сетке Автандилова поле, которое содержит 25 точек. В каждом микроскопическом препарате в 20 полях зрения для каждой особи учитывали, сколько из 25 точек сетки пришлось на паренхиму, а остальные точки относили к строме (соединительная ткань). Далее производили расчет среднего арифметического значения данных для площадей паренхимы и стромы отдельно, в условных единицах (у.е.). Затем подсчитали коэффициент отношения площади паренхимы к площади стромы, выражая его также в условных единицах.

Полученные результаты обрабатывали статистически, используя компьютерную программу STATISTICA 10 и программу Microsoft Excel. Применяли следующие методы: непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (выборки для всех исследуемых параметров были небольшими), кластерный анализ и корреляционный анализ [15].

Результаты и обсуждение

На первом этапе изучали морфометрические показатели грудных мышц цыплят-бройлеров. Полученные значения площадей паренхимы логарифмировали и в дальнейшем эти данные подвергали анализу. Как показали расчеты, статистически значимых различий этого показателя между сравниваемыми группами цыплят-бройлеров не было выявлено (критерий Краскела-Уоллиса $N=6,25$; $p>0,09$) (рис. 1).

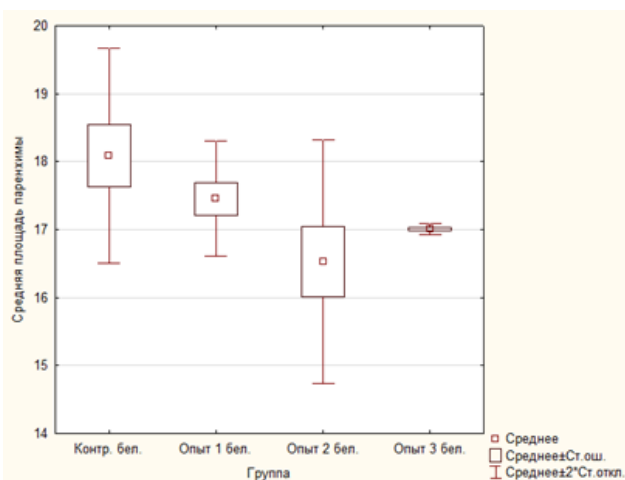
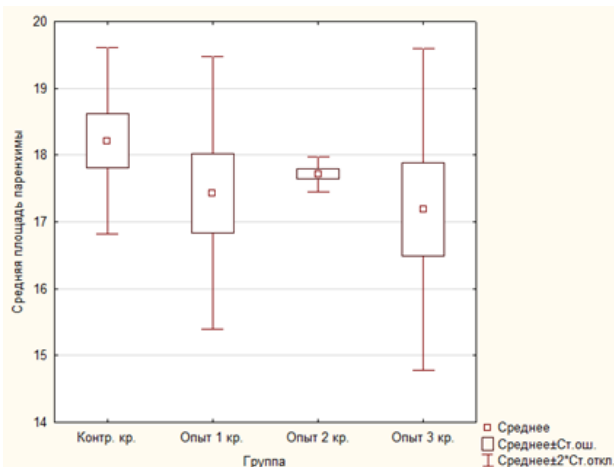


Рис. 1 – Диаграмма размаха средней площади паренхимы в условных единицах, (у.е.) грудных мышц цыплят-бройлеров различных групп
(The diagram of the average area of the parenchyma in conditional units (c. u.) of the pectoral muscles of various broiler chicken groups)

Примечание: здесь и далее: Контр. бел. – цыплята контрольной группы; Опыт 1-3 бел. – цыплята опытных групп; Ст. ош. – стандартная ошибка; Ст. откл. – стандартное отклонение.



РРис. 2 – Диаграмма размаха средней площади паренхимы (у.е.) бедренных мышц цыплят-бройлеров различных групп
(The diagram of the average area of the parenchyma (c. u.) of thigh muscles of various broiler chicken groups)

Из рисунка 1 видно, что значение средней площади паренхимы грудных мышечных волокон у контрольной группы птиц имеет некоторую тенденцию к увеличению по сравнению с аналогичными значениями площадей паренхимы этих же мышц опытных групп цыплят-бройлеров.

На следующем этапе определяли площадь паренхимы в бедренных мышцах (рис. 2). Статистическая обработка полученных данных показала, что значимых различий площадей паренхимы во



всех исследованных мышечных волокнах цыплят-бройлеров также не было установлено (критерий Краскела-Уоллиса $H=1,71$; $p>0,06$)

В исследуемых группах цыплят-бройлеров не установлено статистических различий площадей стромы как в грудных, так и бедренных мышцах цыплят-бройлеров.

По результатам определения площадей паренхимы и стромы в грудных мышцах цыплят-бройлеров вначале рассчитывали коэффициент их соотношения (в условных единицах). Полученные значения коэффициентов логарифмировали и подвергали статистической обработке. Значимых различий коэффициентов соотношения паренхимы к строме в грудных мышцах не установлено (рис. 3; критерий Краскела-Уоллиса $H=6,25$; $p=0,09$).

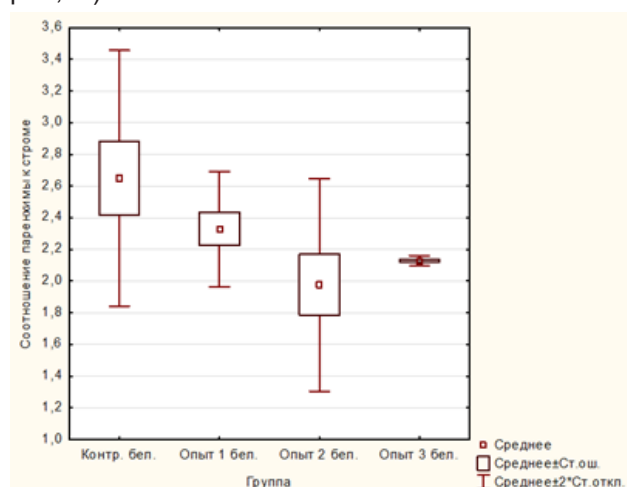


Рис. 3 – Диаграмма размаха коэффициента соотношения площади паренхимы к строме (у.е.) в грудных мышцах цыплят-бройлеров различных групп
(The diagram of the ratio of the parenchyma area to stroma (c. u.) in the pectoral muscles of various broiler chicken groups)

Аналогичные исследования были проведены и для бедренных мышц. В результате выполненных исследований также не выявлено значимых различий соотношения площади паренхимы к строме (рис. 4; критерий Краскела-Уоллиса $H=1,71$; $p=0,63$).

Таким образом, на основании морфометрических исследований не выявлено различий площадей, занятых мышечными волокнами (паренхима мышц) как в грудных, так и в бедренных мышцах всех исследованных цыплят-бройлеров. Можно предположить, что введение дигидрокверцетина не оказывает непосредственного и существенного влияния на морфометрические параметры мышечной ткани, оценка которых произведена на поперечных срезах мышц. На первый взгляд, этот факт свидетельствует об отсутствии какого-либо негативного влияния используемого препарата на гистологическую структуру изученных мышц.

Однако, для более точного анализа, на наш взгляд, необходимо провести непосредственное

определение толщины мышечных волокон, для чего удобнее было использовать продольные срезы мышц. Поэтому на следующем этапе изучали толщину волокон грудных и бедренных мышц цыплят-бройлеров с использованием окуляр-микрометра.

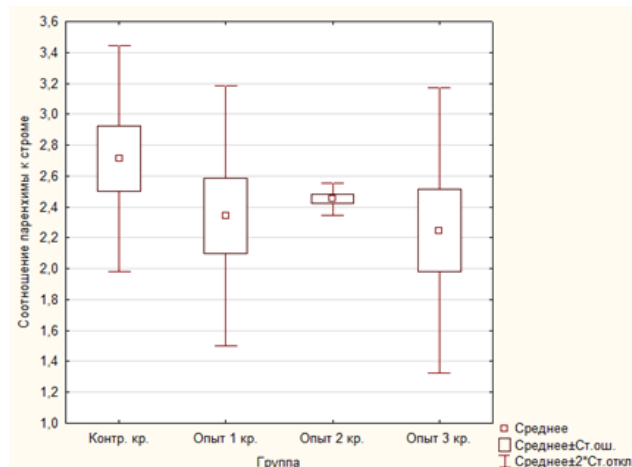


Рис. 4 – Диаграмма размаха коэффициента соотношения площади паренхимы к строме (у.е.) в бедренных мышцах цыплят-бройлеров различных групп

(The diagram of the ratio of the parenchyma area to stroma (c. u.) in femoral muscles of various broiler chicken groups)

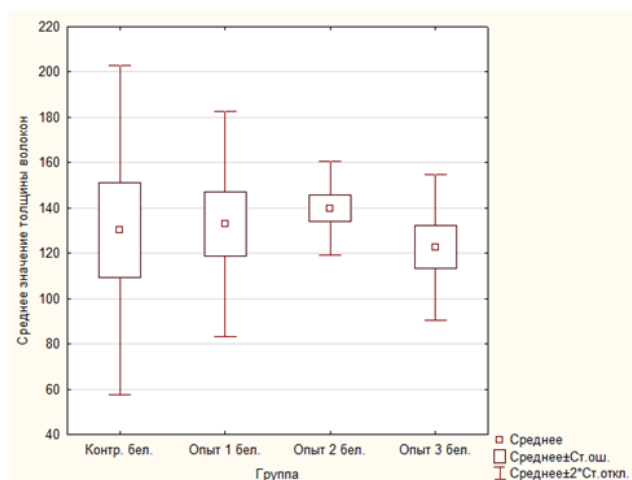


Рис. 5 – Диаграмма размаха среднего значения толщины грудных мышечных волокон цыплят-бройлеров различных групп

(The diagram of the average thickness of pectoral muscle fibers of various broiler chicken groups)

Из рисунка 5 видно, что статистически значимых различий в грудных мышцах по данному показателю у всех исследуемых групп птиц не выявлено (критерий Краскела-Уоллиса $H=1,05$; $p<0,78$).

В то же время, при морфометрическом исследовании бедренных мышц было установлено (рис. 6), что толщина мышечных волокон у исследованных групп цыплят-бройлеров статистически различается. При этом, наименьшая толщина во-



локон обнаружена в бедренных мышцах 3-й опытной группы (критерий Краскела–Уоллиса $H=7,41$; $p=0,039470$).

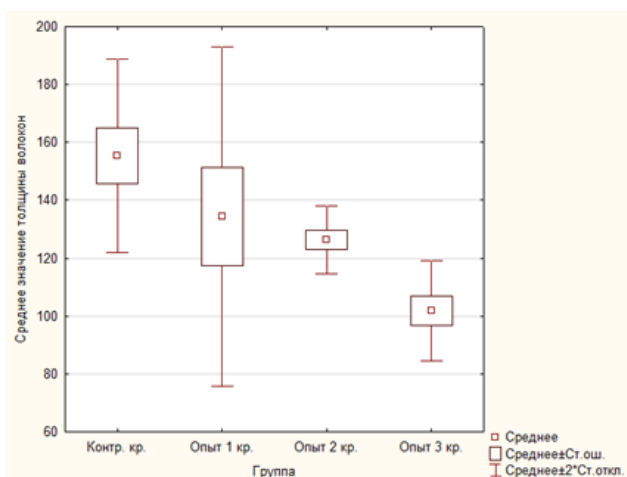


Рис. 6 – Диаграмма размаха среднего значения толщины бедренных мышечных волокон цыплят-бройлеров различных групп
(The diagram of the average thickness of femoral muscle fibers of various broiler chicken groups)

В дальнейшем нами была проведена попытка возможного распределения всех изученных групп птиц по морфометрическим параметрам их мышц. Для этого использовали кластерный анализ, результаты которого приведены на рисунках 7, 8.

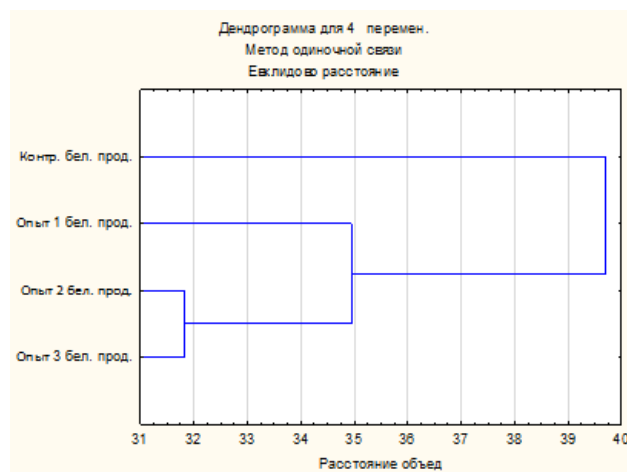


Рис. 7 – Вертикальная кластерная диаграмма параметров грудных мышц цыплят-бройлеров различных групп
(Vertical cluster diagram of pectoral muscle parameters of various broiler chicken groups)
Примечание: Расстояние объединяет – расстояние объединения объектов, которые исследуются

На рисунке 7 по характеристикам грудных мышечных волокон можно выделить 2 кластера: первый кластер включает параметры контрольной группы цыплят-бройлеров, во второй кластер вошли морфометрические значения грудных мышц цыплят опытных групп: 1, 2 и 3. Полученные

результаты свидетельствуют о том, что дигидрокверцитин не оказывает неблагоприятного влияния на грудные мышцы опытных групп птиц. Все эти группы составляют единый кластер и между собой не различаются.



Рис. 8 – Вертикальная кластерная диаграмма параметров бедренных мышц цыплят-бройлеров различных групп.
(Vertical cluster diagram of femoral muscle parameters of various broiler chicken groups)
Примечание: обозначения, как и на рисунке 7

В результате кластерного анализа параметров бедренных мышечных волокон, представленного на рисунке 8, было установлено также наличие двух кластеров. Однако первый из них объединил данные контрольной и опытных 1 и 2 групп цыплят-бройлеров, второй кластер составила 3-я опытная группа.

Учитывая, что при кластеризации ориентировались на параметр «толщина мышечных волокон», полученные результаты подтверждают и выполненные ранее гистологические исследования (неопубликованные данные), где для бедренных мышц 3-й опытной группы птиц наблюдали наряду с участками гипертрофии и распада мышечной ткани, еще и очаги ее атрофии. Также результаты кластерного анализа волокон бедренных мышц хорошо согласуются с их морфометрическим исследованием, где у птиц 3-й опытной группы толщина бедренных мышечных волокон характеризовалась наименьшими значениями, а сама группа птиц составила отдельный кластер.

В результате корреляционного анализа изученных параметров грудных и бедренных мышц цыплят-бройлеров не выявлено каких-либо взаимосвязей между ними.

Заключение

На основании полученных данных установлено, что при добавлении к основному рациону цыплят-бройлеров в изучаемых количествах существенных морфологических изменений в паренхиме не обнаружено. Возможно, что небольшая выборка не позволила выявить более существенные различия.

В то же время бедренные мышцы 3-й опытной



группы цыплят отличаются от таких же мышц всех птиц других групп, что хорошо согласуется с нашими гистологическими и морфометрическими исследованиями, где показано уменьшение толщины мышечных волокон.

Мы полагаем, что для понимания механизмов возможной атрофии мышечных волокон, особенно у цыплят-бройлеров 3-й опытной группы, а также механизмов, приводящих к нарастанию объемов изученных мышц, что наблюдалось визуально при забое, в дальнейшем необходимо подробное морфометрическое исследование участков развития белой жировой ткани, которые были обнаружены в ходе нашего гистологического исследования.

Список источников

1. Сковцова, Л.Н. Эффективность использования функциональных кормовых добавок в питании цыплят-бройлеров / Л.Н. Сковцова, А.А. Свистанов // Сельскохозяйственный журнал. - 2013. - № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-funktsionalnyh-kormovyh-dobavok-v-pitanii-tsyplyat-broylerov>
2. Нифантьев, Э.Е. К вопросу об идентификации флавоноида дигидрокверцетина / Э.Е. Нифантьев, М.П. Коротеев, Г.З. Казиев [и др.] // Журнал общей химии. - 2006. - Т. 76 - № 1. - С. 164-166. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17774873>
3. Шагаева, Н.Н. Изучение влияния дигидрокверцетина на микроструктуру мясных рубленых полуфабрикатов / Н.Н. Шагаева, С.В. Колобов, В.А. Пчелкина // Ползуновский вестник. - № 4. - 2018. - С.95-99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-digidrokvertsetina-na-mikrostrukturu-myasnyh-rublenyh-polufabrikatov>
4. Гистология, эмбриология, цитология: учебник / Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, Е.Ф. Котовский и др.; под ред. Ю.И. Афанасьева, Н.А. Юриной. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 800с. URL: http://vmede.org/sait/?page=4&id=Gistologiya_embriol_cit_afanasev_2012&menu=Gistologiya_embriol_cit_afanasev_2012
5. Автандилов, Г.Г. Введение в количественную патологическую морфологию / Г.Г. Автандилов // АМН СССР. - М.: Медицина, 1980. - 216 с. URL: <https://rusist.info/book/6213612>
6. Трубочева, В.С. Большой практикум по гистологической технике (методические указания) / В.С. Трубочева, Г.П. Дробот, Л.И. Абдрушевич // Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 2003. - 48 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009475924>
7. Юнкеров, В.М. Математико-статистическая обработка, данных медицинских исследований / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев. - СПб.: ВМедА, 2002. - 266 с. URL: <https://ug1lib.org/book/3236681/4fd226>
8. Фомичев, Ю.П. Дигидрокверцетин и арабиногалактан - природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных / Ю.П. Фомичев, В.И. Дорожкин, Л.А. Никанова // ИД Научная библиотека, 2017. - 702 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32726359>
9. Куркин, В.А. Флавоноиды лекарственных растений: прогноз антиоксидантной активности / В.А. Куркин, В.В. Поройков, А.В. Куркина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - N 2-2. - С. 517-524. URL: <https://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=171>
10. Омаров, М.О. Влияние биофлавоноидов (дигидрокверцетина и арабиногалактана) в продукционных кормах на формирование химический состав мышечной массы тела Русского осетра (*Acipenser Guldenstadti*) / М.О. Омаров, О.А. Слепачева // Сборник научных трудов КНЦЗВ. - 2019. - Т. 8. - № 3. - С.51-54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41413046>
11. Краснова, О.А. Повышение молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота при использовании биологически активных веществ / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. - Москва, 2017. - 43с. URL: <https://www.disscat.com/content/povyshenie-molochnoi-i-myasnoi-produktivnosti-krupnogo-rogatogo-skota-pri-ispolzovanii-biolo>
12. Pirgozliev VR, Mansbridge SC, Westbrook CA, Woods SL, Rose SP, Whiting IM, Yovchev DG, Atanasov AG, Kljak K, Staykova GP, Ivanova SG, Karakeçili MR, Karadaş F, Stringhini JH. Feeding dihydroquercetin and vitamin E to broiler chickens reared at standard and high ambient temperatures. Arch Anim Nutr. 2020 Dec;74(6):496-511. doi: 10.1080/1745039X.2020.1820807. Epub 2020 Sep 24. PMID: 32967440.
13. Fomichev Yu. Flavonoid-Dihydroquercetin in Nutrition of Man and Animals, Safety of Agricultural Products. Agri Res & Tech: Open Access J. 2018; 15(1): 555941. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.15.555941.
14. Bhutto ZA, He F, Zloh M, Yang J, Huang J, Guo T, Wang L. Use of quercetin in animal feed: effects on the P-gp expression and pharmacokinetics of orally administered enrofloxacin in chicken. Sci Rep. 2018 Mar 13;8(1):4400. doi: 10.1038/s41598-018-22354-1. PMID: 29535328; PMCID: PMC5849680.
15. Yang JX, Maria TC, Zhou B, Xiao FL, Wang M, Mao YJ, Li Y. Quercetin improves immune function in Arbor Acre broilers through activation of NF-κB signaling pathway. Poult Sci. 2020 Feb;99(2):906-913. doi: 10.1016/j.psj.2019.12.021. Epub 2020 Jan 24. Erratum in: Poult Sci. 2020 Apr;99(4):2305. PMID: 32029167; PMCID: PMC7587811.
16. Rokaityte A., Zaborskiene G., Gunstiene S., Raudonis R., Janulis V., Garmiene G., Stimbirys A. (2019): Effect of taxifolin on physicochemical and microbiological parameters of dry-cured pork sausage. Czech J. Food Sci., 37: 366-373. doi: [org/10.17221/57/2018-CJFS](https://doi.org/10.17221/57/2018-CJFS)
17. ГОСТ 33504-2015 Добавки пищевые «Дигидрокверцетин» Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126898>
18. Дигидрокверцетин: Производство, свойства, область применения URL: <http://www.fitopanacea.ru/substance/dihydroquercetin>
19. Яковенко, Д.В. Закономерности изменения анаболических процессов при окислительном стрессе и его коррекции дигидрокверцетином у белых крыс / Д.В. Яковенко // Диссерт. на соискание ученой степени кандидата биологических наук.



наук. Хабаровск, 2021. – 165 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/zakonomernosti-izmeneniya-anabolicheskikh-protsessov-pri-okislitelnom-stresse-ego-korrekt>

20. Указ Президента Российской Федерации

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

«Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» от 21 января 2020 года № 20. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425>

References

1. Skvorcova, L.N. *Effektivnost' ispol'zovaniya funkcional'nyh kormovyh dobavok v pitanii cyplyat-brojlerov* / L.N. Skvorcova, A.A. Svistunov // *Sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. - 2013. - № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-ispolzovaniya-funktsionalnyh-kormovyh-dobavok-v-pitanii-tsyplyat-brojlerov>
2. Nifant'ev, E.E. *K voprosu ob identifikacii flavonoida digidrokvercetina* / E.E. Nifant'ev, M.P. Koroteev, G.Z. Kaziev [i dr.] // *ZHurnal obshchej himii*. - 2006. - T. 76 – № 1. – S. 164–166. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17774873>
3. SHagaeva, N.N. *Izuchenie vliyaniya digidrokvercitina na mikrostrukturu myasnyh rublennyh polufabrikatov* / N.N. SHagaeva, S.V. Kolobov, V.A. Pchelkina // *Polzunovskij vestnik*. - № 4. - 2018. – S.95-99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-digidrokvertsetina-na-mikrostrukturu-myasnyh-rublennyh-polufabrikatov>
4. *Gistologiya, embriologiya, citologiya: uchebnik* / YU.I. Afanas'ev, N.A. YUrina, E.F. Kotovskij i dr.; pod red. YU.I. Afanas'eva, N.A. YUrinoj. - 6-e izd., pererab. i dop. - M.: GEOTAR-Media, 2016. – 800s. URL: http://vmede.org/sait/?page=4&id=Gistologiya_embriol_cit_afanasev_2012&menu=Gistologiya_embriol_cit_afanasev_2012
5. Avtandilov, G.G. *Vvedenie v kolichestvennyu patologicheskuyu morfologiyu* / G.G. Avtandilov // *AMN SSSR*. – M.: Medicina, 1980. – 216 s. URL: <https://rusist.info/book/6213612>
6. Trubacheva, V.S. *Bol'shoj praktikum po gistologicheskoy tekhnike (metodicheskie ukazaniya)* / V.S. Trubacheva, G.P. Drobot, L.I. Abdrushevich // *Joshkar-Ola: Izd-vo MarGU*, 2003. - 48 s. URL: <https://search.rsl.ru/record/01009475924>
7. YUnkerov, V.M. *Matematiko-statisticheskaya obrabotka, dannyh medicinskih issledovaniy* / V.I. YUnkerov, S.G. Grigor'ev. - SPB.: VMedA, 2002. - 266 s. URL: <https://ug1lib.org/book/3236681/4fd226>
8. Fomichev, YU.P. *Digidrokvercetin i arabinogalaktan - prirodnye bioregulyatory v zhiznedeyatel'nosti cheloveka i zhivotnyh* / YU.P. Fomichev, V.I. Dorozhkin, L.A. Nikanova // *ID Nauchnaya biblioteka*, 2017. – 702 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32726359>
9. Kurkin, V.A. *Flavonoidy lekartvennyh rastenij: prognoz antioksidantnoj aktivnosti* / V.A. Kurkin, V.V. Porojkov, A.V. Kurkina [i dr.] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2015. – N 2-2. – S. 517–524. URL: <https://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=171>
10. Omarov, M.O. *Vliyanie bioflavonoidov (digidrokvercetina i arabinogolaktana) v produkcionnyh kormah na formirovanie himicheskij sostav myshechnoj massy tela Russkogo osetra (Acipenser Guldenstadti)* / M.O. Omarov, O.A. Slesareva // *Sbornik nauchnyh trudov KNCZV*. - 2019. - T. 8. - № 3. – S.51-54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41413046>
11. Krasnova, O.A. *Povyshenie molochnoj i myasnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota pri ispol'zovanii biologicheski aktivnyh veshchestv* / *Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora sel'skohozyajstvennyh nauk*. - Moskva, 2017. - 43s. URL: <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-molochnoi-i-myasnoi-produktivnosti-krupnogo-rogatogo-skota-pri-ispolzovanii-biolo>
12. Pirgozliev VR, Mansbridge SC, Westbrook CA, Woods SL, Rose SP, Whiting IM, Yovchev DG, Atanasov AG, Kljak K, Staykova GP, Ivanova SG, Karakeçili MR, Karadaş F, Stringhini JH. *Feeding dihydroquercetin and vitamin E to broiler chickens reared at standard and high ambient temperatures*. *Arch Anim Nutr*. 2020 Dec;74(6):496-511. doi: 10.1080/1745039X.2020.1820807. Epub 2020 Sep 24. PMID: 32967440.
13. Fomichev Yu. *Flavonoid-Dihydroquercetin in Nutrition of Man and Animals, Safety of Agricultural Products*. *Agri Res & Tech: Open Access J*. 2018; 15(1): 555941. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.15.555941.
14. Bhutto ZA, He F, Zloh M, Yang J, Huang J, Guo T, Wang L. *Use of quercetin in animal feed: effects on the P-gp expression and pharmacokinetics of orally administered enrofloxacin in chicken*. *Sci Rep*. 2018 Mar 13;8(1):4400. doi: 10.1038/s41598-018-22354-1. PMID: 29535328; PMCID: PMC5849680.
15. Yang JX, Maria TC, Zhou B, Xiao FL, Wang M, Mao YJ, Li Y. *Quercetin improves immune function in Arbor Acre broilers through activation of NF-κB signaling pathway*. *Poult Sci*. 2020 Feb;99(2):906-913. doi: 10.1016/j.psj.2019.12.021. Epub 2020 Jan 24. Erratum in: *Poult Sci*. 2020 Apr;99(4):2305. PMID: 32029167; PMCID: PMC7587811.
16. Rokaityte A., Zaborskiene G., Gunstiene S., Raudonis R., Janulis V., Garmiene G., Stimbirys A. (2019): *Effect of taxifolin on physicochemical and microbiological parameters of dry-cured pork sausage*. *Czech J. Food Sci.*, 37: 366-373. doi.org/10.17221/57/2018-CJFS



17. GOST 33504-2015 Dobavki pishchevye «Digidrokvercetin» Tekhnicheskie usloviya. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126898>

18. Digidrokvercetin: Proizvodstvo, svojstva, oblast' primeneniya URL: <http://www.fitopanacea.ru/substance/dihydroquercetin>

19. YAkovenko, D.V. Zakonomernosti izmeneniya anabolicheskikh processov pri okislitel'nom stresse i ego korrrekcii digidrokvercetinom u belyh kryz / D.V. YAkovenko // Dissert. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk. Habarovsk, 2021. – 165 s. URL: <https://www.dissercat.com/content/zakonomernosti-izmeneniya-anabolicheskikh-protsessov-pri-okislitel'nom-stresse-i-ego-korrekt>

20. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii «Ob utverzhenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii» ot 21 yanvarya 2020 goda № 20. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425>

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

Кузьмина Надежда Николаевна, старший преподаватель кафедры технологии мясных и молочных продуктов ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», kuzmina221995@mail.ru

Кудряшов Леонид Сергеевич, д-р техн. наук, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, lskudryashov@yandex.ru

Мусаев Фаррух Атауллахович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», musaev@rgatu.ru

Петров Олег Юрьевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии мясных и молочных продуктов ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», tmspetrov@yandex.ru

Дробот Галина Павловна, канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой биохимии, клеточной биологии и микробиологии ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», droga59@mail.ru

Information about the authors

Kuzmina Nadezhda N. Senior Lecturer of the Department of Technology of Meat and Dairy Products of the Mari State University, kuzmina221995@mail.ru

Kudryashov Leonid S. Doctor of Technical Sciences, V. M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, lskudryashov@yandex.ru

Musaev Farrukh A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, musaev@rgatu.ru

Petrov Oleg Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Products of the Mari State University, tmspetrov@yandex.ru

Drobot Galina P., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Biochemistry, Cell Biology and Microbiology of the Mari State University, droga59@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №3, с. 20-28
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №3, pp 20-28

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.033
DOI: 10.36508/RSATU.2022.52.49.004

**КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА БЫЧКОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ,
ВЫРАЩЕННЫХ ПО РАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Валерий Владимирович Кулинцев¹, Анатолий Феофанович Шевхужев²✉, Николай Александрович Дорохин³

^{1,2,3} ФГБНУ "Северо-Кавказский ФНАЦ"

¹retnec. canf@ofni

²shevkhuzhevaf@yandex.ru

³dorokhin.2012@inbox.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью данного исследования являлось изучение и оценка качественных показателей мяса бычков-кастратов симментальской породы при разных уровнях кормления.

Методология. Для решения поставленных задач использовали зоотехнические и аналитические методы исследования. Научно-исследовательские работы проводились в СПК ПЗ «Заря-1» Карачаево-Черкесской Республики.

Результаты. Бычки I-й группы израсходовали кормов по сравнению с бычками II-й группы на 28 % больше, и соответственно они росли более интенсивно в первые 9 месяцев, а к 12-месячному возрасту энергия роста уравнивается. Однако в 12-18 месяцев бычки II-й группы превосходили по живой массе бычков I-й группы. Разница в среднесуточных приростах снизилась от 20-25 % (6-12 месяцев) до 9 % (12-18 месяцев). В 18-ти месячном возрасте бычки I-й группы превосходили бычков II-й группы по выходу туши на 0,92 % (52,9 % и 50,5 % соответственно) по убойному выходу – на 1,46 % (55,9 % и 52,9 % соответственно). Туши бычков I-й группы содержали больше съедобных частей, чем туши бычков II-й группы, а также отношение массы мяса к массе костей с возрастом повышалось при улучшенном питании. В поясничной и грудной частях туш бычков II-й группы меньше мякоти. Масса мякоти в поясничной части у бычков II-й группы по отношению к массе ее у бычков I-й группы составляет 67,8 %, масса грудной части – 72,5 %, в то время как масса мякоти передних конечностей бычков II-й группы составляет 81 % и шейной части – 78 % от массы мякоти этих частей у бычков I-й группы. При анализе сортовой разрубке туш установили, что у бычков второй группы получен более низкий выход первых сортов мяса при высоком содержании в них костей по сравнению с выходом у бычков первой группы. В абсолютной массе у туш бычков I-й группы превышение мяса 1 сорта по сравнению с этим показателем у бычков II-й группы составило 16,95 кг или 34,2 %.

Заключение. Таким образом, повышенный уровень кормления благотворно влияет на показатели роста и развития бычко-кастратов симментальской породы и, соответственно, на показатели мясной продуктивности.

Ключевые слова: симментальская порода, бычки-кастраты, уровень кормления, туши бычков, качество мяса, мясная продуктивность, сортовая разрубка туш.

Для цитирования: Кулинцев В.В., Шевхужев А.Ф., Дорохин Н.А. Качественные показатели мяса бычков симментальской породы, выращенных по разной технологии // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №3. С 20-28 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.52.49.004>

Original article

**QUALITATIVE INDICATORS OF MEAT OF BULLS OF THE SIMMENTAL BREED, GROWN
ACCORDING TO DIFFERENT TECHNOLOGIES**

Valery V. Kulintsev¹, Anatoly F. Shevkhuzhev²✉, Nikolai A.I. Dorokhin³

^{1,2,3} Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC"

¹retnec. canf@ofni

²shevkhuzhevaf@yandex.ru



³dorohin.2012@inbox.ru

Annotation.

Problem and purpose. The purpose of this study was to study and evaluate the quality indicators of the meat of Simmental steers-castrates at different levels of feeding.

Methodology. To solve the tasks set, zootechnical and analytical research methods were used. Research work was carried out in the SPK PZ "Zarya-1" of the Karachay-Cherkess Republic.

Results. Gobies of group I consumed feed compared to bulls of group II by 28% more and, accordingly, they grew more intensively in the first 9 months, and by 12 months of age, the growth energy is equalized. However, at 12-18 months, the bulls of group II were superior in live weight to bulls of group I. The difference in average daily gains decreased from 20-25% (6-12 months) to 9% (12-18 months). At the age of 18 months, the bulls of group I exceeded the bulls of group II in carcass yield by 0.92% (52.9% and 50.5%, respectively) in slaughter yield by 1.46% (55.9% and 52.9%, respectively). Carcasses of bulls of group I contained more edible parts than carcasses of bulls of group II, and the ratio of meat mass to bone mass increased with age even with improved nutrition. In the lumbar and thoracic parts of the carcasses of bulls of group II, there is less pulp. The mass of the pulp in the lumbar part of the bulls of the control group to its mass in the bulls of the experimental group is 67.8%, respectively, the mass of the chest part is 72.5%, while the mass of the pulp of the forelimbs of the bulls of group II is 81% and the neck part is 78% the masses of the pulp of these parts in bulls of group I. When analyzing the varietal cutting of carcasses, it was found that the bull-calves of the second group had a lower yield of the first varieties of meat with a high content of bones in them compared to the yield of the bull-calves of the first group. In the absolute weight of carcasses of bulls of group I, the excess of meat of grade 1 compared to bulls of group II was 16.95 kg or 34.2%.

Conclusion. Thus, an increased level of feeding has a beneficial effect on the growth and development of Simmental steers and, accordingly, on meat productivity.

Key words: Simmental breed, steers-castrates, level of feeding, carcasses of steers, meat quality, meat productivity, pulp, bones, lumbar and chest parts of carcasses, varietal cutting of carcasses

For citation: Kulintsev V.V., Shevkhezhev A.F., Dorokhin N.A. Qualitative indicators of meat of bulls of the Simmental breed, grown by different technologies // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No. 3. With 20-28 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.52.49.004>

Введение

Актуальной проблемой на современном этапе развития мясного скотоводства в России, которую должен решить агропромышленный комплекс страны, является повышение конкурентоспособности производства мяса крупного рогатого скота [1,2,3]. В условиях санкций против России и мирового экономического кризиса проблема продовольственной безопасности приобрела особую актуальность. Выход качественного и доступного мяса и мясoproductов для населения является приоритетной задачей пищевой и сельскохозяйственной промышленности нашей страны [3,4,6].

Правительством РФ неоднократно предпринимались попытки разработки эффективных программ развития скотоводства, одной из которых является Постановление Правительства РФ от 3 сентября 2021 г. № 1489 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы». Наиболее научно обоснованной и экономически эффективной является подпрограмма "Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород". Реализация данной подпрограммы предполагает внедрение новых и совершенствование существующих технологий селекции и выращивания скота, с использованием наилучших мировых практик, позволяющих обеспечить непрерывное получение высококачественной говядины в объемах, обеспечивающих нужды и нормы потребления говядины [7].

Говядина является незаменимым источником питания человека, а оценка потребляемой продукции является эффективным способом измерения уровня жизни населения страны. Для отечественного сельхозтоваропроизводителя это дает мощный стимул для интенсификации производства мяса и внедрения научно и экономически эффективных технологий выращивания скота [8].

Однако эффективное развитие скотоводства предполагает более интенсивное и рациональное использование скота различных направлений, то есть для повышения производства говядины возможно использование животных молочного и комбинированного направлений продуктивности.

На качество мяса решающее влияние оказывают возраст животного, уровень кормления, а также порода. Многочисленными исследованиями доказано, что при полноценном и высоком уровне кормления животных с момента рождения и до убоя повышается мясная продуктивность и качество мяса. Поэтому необходимо использовать все методы, способствующие получению высококачественной говядины, начиная от выбора породы и заканчивая уровнем выращивания и откорма животных [9,10,11].

Материал и методы исследования

Научно-исследовательские работы проводились в СПК ПЗ «Заря-1» Карачаево-Черкесской Республики. Опытные бычки в 6-месячном возрасте были распределены по принципу аналогов на две группы. В I-й группе – опытной – (повышен-



ный уровень кормления) было 15 бычков и во II-й группе – контрольной – 15 бычков (установленный в хозяйстве уровень кормления). Различия в уровне кормления соблюдали как в молочный период, так и во все последующее время. В летний период обе группы телят находились на одних и тех же пастбищах. Условия содержания и ухода, а также качество кормов в обеих группах были одинаковыми. Расход и учет несъеденных остатков грубых и сочных кормов по группам определяли по двум смежным дням с последующим снятием остатков ежемесячно. В молочный период телята находились в индивидуальных клетках, а с 6 месяцев – на привязи. Животные в зимний период находились в помещении с выгульной площадкой, а в летний период выпасались на пастбищах.

Для изучения особенностей роста и развития бычков взвешивали при рождении, затем ежемесячно; брали по 12 промеров в 6, 12 и 18 месяцев.

Контрольные убой подопытных бычков проведены в 7, 12 и 18 месяцев в соответствии с «Методологией научных исследований в животноводстве и кормопроизводстве» [12]. Убой осуществляли на мясокомбинате ОАО РАОП «Кавказ-мясо». Определяли химический состав мяса в туше и в отдельных отрубках бычков при разном уровне кормления в 18-месячном возрасте.

Морфологический состав определяли путем обвалки полутуши, охлажденной в течение 24 часов при температуре от 0° С до +4° С. На основании обвалки и жиловки вычисляли абсолютное и относительное содержание костей, мякотной части, сухожилий и хрящей, а также индекс мясности (выход мякотной части на 1 кг костей), массу и выход естественно-анатомических частей туши.

Достоверность полученных результатов и обработку данных проводили в программе Microsoft Excel и в программе IBM SPSS Statistics 26.

Результаты исследования

Бычками I-й группы израсходовано кормов на 28 % больше, чем бычками II-й группы, соответственно, и протеина на 45 % больше. В рационах телят I-й группы в молоке содержалось 13,3 % кормовых единиц, в концентратах – 30,0 %, в сочных и грубых кормах – 56,7 %; во II-й группе за тот

же период в молоке – 10,9 % кормовых единиц, в концентратах – 13,92 %, в сочных и грубых кормах – 75,2 %. При указанном кормлении молодняк первой группы рос более интенсивно, чем во второй.

Высокая энергия роста была у бычков первой группы в первые девять месяцев жизни, затем к 12 месяцам происходит уравнивание, но в 12-18 месяцев относительная скорость роста (по живой массе) у бычков II-й группы превосходит таковую у животных I-й группы. Этот период совпадает с выходом на пастбище и здесь рост бычков II-й группы ускоряется за счёт более благоприятных летних кормовых условий, а возможно, и более полного использования кормов. Если разница в среднесуточных приростах до 6 и 12 месяцев составляла 20-25 %, то в возрасте от 12 до 18 месяцев она снизилась до 9 % (среднесуточный прирост 775 и 710 г).

Наибольшая разница по большинству промеров отмечена в годовалом возрасте, к 18 месяцам эта разница снизилась.

В 18-месячном возрасте бычки I-й группы превосходили бычков II-й группы по выходу туши на 0,92 % (52,6 % и 50,5 % соответственно) по убойному выходу – на 1,46 % (55,9 % и 52,9 % соответственно). При изучении химического состава мяса установлено, что в мясе бычков I-й группы содержалось в 1,5 раза больше жира, чем в мясе бычков II-й группы. Содержание жира в спинной части туши бычков I-й группы в 2,2 раза больше, чем в спинной части бычков II-й группы, в филе – в 1,6, в костреце – в 1,8 и огузке – в 1,7 раза. Отсюда следует, что повышенный уровень кормления благотворно влияет на химические показатели мясной продукции симментальской породы и, соответственно, на показатели мясной продуктивности.

Оценка морфологического состава туш

Для оценки мясных качеств бычков-кастратов, выращенных при разных уровнях кормления, проведена обвалка туш в 7, 12 и в 18-месячном возрасте, а также сортовой разруб по две полутуши из каждой группы забитых бычков в 18-месячном возрасте (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты обвалки туш подопытного молодняка

Показатели	I-я группа (опытная)			II-я группа (контрольная)		
	7 мес.	12 мес.	18 мес.	7 мес.	12 мес.	18 мес.
	3	3	3	3	3	3
Масса остывшей туши (кг)	98,30±2,1*	159,70±2,85*	237,10±2,89*	79,80±1,52*	125,0±2,03*	194,0±3,02*
Мясо (мышцы и жир) (кг)	82,63±1,09*	137,47±1,40*	210,63±1,62*	64,22±0,97*	102,85±1,29*	166,13±1,44*
Кости (кг)	18,17±1,26*	29,71±1,32*	38,97±1,58*	16,40±1,31*	26,25±1,28*	36,27±1,41*
Сухожилия (кг)	3,93±0,07*	5,85±0,15*	7,27±0,17*	4,70±0,1*	5,17±0,18*	5,59±0,21*
Потери (кг)	1,78±0,05*	1,49±0,01*	0,90±0,04*	2,20±0,06*	1,87±0,04*	0,93±0,1*
Относительная масса (в % к массе туши)						
Мясо (мышцы и жир)	84,06	86,08	88,84	80,48	82,28	85,63



Кости	18,48	18,60	16,44	20,55	21,00	18,70
Сухожилия	4,00	3,66	3,07	5,89	4,14	2,88
Потери	1,81	0,93	3,80	2,76	1,5	0,48

Из таблицы 1 следует, что с возрастом относительное содержание в туше костей и сухожилий падает, а содержание мяса возрастает. В тушах бычков первой группы содержалось больше съедобных частей, чем в тушах бычков второй группы. Поскольку упитанность молодняка была невысокой, можно считать, что преобладающей частью мяса забитых бычков-кастратов была мускулатура. Поэтому изменения в теле животных приходится относить не столько к влиянию откорма, сколько к особенностям собственного роста органов и тканей в связи с возрастом и уровнем кормления. В частности, необходимо отметить, что с возрастом отношение массы мяса к массе костей повышается, а при улучшенном питании это повышение еще более значительно [13,14].

Следовательно, улучшенное питание резко стимулирует развитие мускулатуры. Поскольку наиболее пышное развитие последней происходит в первый год жизни животного, то формирующая роль кормления в этот период имеет особенно важное значение.

А.Ф. Шевхужев и др. [14], обобщая материалы по откорму скота, указывают, что в зависимости от упитанности молодняка выход костей может варьировать от 21 до 26 %. Сопоставление этих данных с нашими показывает, что за счёт хорошего развития мускульной ткани у бычков первой группы в возрасте 12 и 18 месяцев выход костей был значительно ниже (18,6 и 16,4 %), а у бычков второй группы – 21,0 и 18,7 % к массе туши.

Для анализа соотношения мяса и костей в различных частях туши при разном уровне кормления нами проведена дифференцированная обвалка туш, расчлененных на 7 частей – шея, 2 передние конечности, грудная клетка, поясница (вместе с пашиной) и две задние (тазовые) конечности.

В таблице 2 приведена относительная масса мяса (мышцы и жир), костей и сухожилий в отдельных частях туш бычков-кастратов в возрасте 7 и 18 месяцев. Из таблицы 2 видно, что с повышением возраста животных в обеих группах имеет место повышение относительной массы мяса (мышцы и жир) и снижение массы костей и сухожилий. При этом во всех частях туши у бычков II-й группы процент содержания костей выше, чем в тушах бычков I-й группы. Особенно заметно отставание в содержании мякоти в туше бычков второй группы в поясничной и грудной частях. Так, масса мякоти (мышцы и жир) поясничной части у бычков второй группы по отношению к массе ее у бычков первой группы составляет 67,8 %, масса грудной части – 72,5 %, в то время как масса мякоти передних конечностей бычков второй группы составляет 81 % и шейной части 78 % от массы мякоти этих частей у бычков I-й группы.

Из этого следует, что поясница и грудная клетка, как поздно развивающиеся части туши, при хозяйственном уровне кормления отстают в развитии больше, чем рано развивающиеся части тела [15,16].

Таблица 2 – Содержание мяса, костей и сухожилий в различных частях туши бычков-кастратов в зависимости от уровня кормления (в % от общей массы)

Части туши	7 месяцев			18 месяцев		
	мясо	кости	сухожилия и жилки	мясо	кости	сухожилия и жилки
I-я группа						
Шея	74,9	21,4	3,7	76,4	19,7	3,9
Передние конечности (плечелопаточная часть)	71,7	22,8	5,5	75,5	20,8	3,7
Грудная клетка	74,8	23,4	1,8	77,7	21,1	1,2
Поясница с пашиной	83,7	10,5	5,8	82,6	12,2	5,2
Задние (тазовые) конечности	77,8	17,2	5,0	80,4	15,6	4,0
Вся туша	76,5	19,3	4,2	78,7	17,9	3,4
II-я группа						
Шея	63,2	28,2	8,6	73,5	22,7	3,8
Передние конечности (плечелопаточная часть)	62,1	29,8	8,1	74,3	23,3	2,4
Грудная клетка	64,4	30,3	5,3	72,9	25,0	2,1



Продолжение таблицы 2

Поясница с пашиной	74,6	15,7	9,7	77,6	17,8	4,6
Задние (тазовые) конечности	71,2	24,0	4,8	78,5	17,5	4,0
Вся туша	66,4	26,1	7,5	75,4	21,1	3,3

Сортовая разрубка туш

В результате неравномерного изменения соотношений отдельных частей туши, а также наличия некоторой задержки в развитии мускулатуры и худшего отложения жира у бычков II-й группы, у них получен более низкий выход первых сортов мяса при высоком содержании в них костей по сравнению с выходом у бычков I-й группы (табл.3).

Масса мяса первого сорта в тушах бычков первой группы была равна 61,1 %, а во второй группе – 53 % от массы туши. При этом процентное содержание костей в мясе первого сорта в первой группе составило 15,1 %, а во второй группе – 17,7 %.

Опытный уровень кормления бычков способ-

ствовал увеличению выхода коммерчески привлекательных частей в отрубях первого сорта в 18-месячном возрасте в значительно большей степени, чем в отрубях второго, третьего и четвертого сорта.

Выход мякоти в отрубях первого сорта, полученных от бычков I-й группы, увеличился в сравнении с выходом мякоти от бычков второй группы на 36 %, в том числе в филейной части на 67 %, костреце на 68 %, спинной части (толстый и тонкий край) – на 41 %. Выход мякоти отрубей второго сорта у бычков первой группы увеличился на 2 %. Разницы по выходу мякоти в отрубях 3 и 4 сорта между группами не было.

Таблица 3 – Выход мяса по сортам

Отруба	I-я группа						II-я группа					
	масса		в том числе				Всего		в том числе			
	(кг)	в % к массе полутуши	мякоть		кости		масса (кг)	в % к массе полутуши	мякоть		кости	
			(кг)	в % к массе от-руба	(кг)	в % к массе от-руба			(кг)	в % к массе полу-туши	(кг)	в % к массе от-руба
Первый сорт												
Спин-ная часть	9,63±0,23*	8,9	7,63±1,0*	79,2	2,00±0,08*	20,8	6,95±1,7	8,14	5,40±1,5	77,7	1,55±0,2	22,3
Че-лыш-ко	13,52±1,1*	12,5	10,97±1,2*	81,1	2,55±0,1*	18,9	8,50±2,2	9,95	6,55±1,55	80,4	1,95±0,25	19,6
Филей	8,48±0,9*	7,8	7,25±0,5*	85,5	1,23±0,05*	14,5	5,20±1,1	6,09	4,35±1,2	83,7	0,85±0,06	16,3
Око-валок	7,87±0,3*	7,2	7,01±0,8*	89,0	0,86±0,01*	11,0	6,45±1,87	7,55	5,41±0,9	86,2	1,04±0,04	13,8
Ко-стрец	10,85±1,4*	10,0	8,60±0,7*	79,2	2,25±0,07*	20,8	6,80±2,0	7,96	5,13±1,6	75,5	1,67±0,09	24,5
Огу-зок	16,10±1,7*	13,9	14,92±1,5*	92,7	1,18±0,1*	7,3	15,60±3,8	18,27	13,90±2,47	89,1	1,70±0,1	10,9
Всего 1 со-рта	66,45±8,6*	61,1	56,38±5,5*	84,9	10,07±1,4*	15,1	49,50±6,3	57,96	40,74±5,85	82,3	8,76±2,3	17,7
Второй сорт												
Ло-патка с под-плеч-ным краем	18,08±1,7*	17,4	15,23±2,0*	84,2	2,85±0,4*	15,8	15,55±2,6	18,20	12,37±3,0	80,6	3,18±0,7	19,4



Продолжение таблицы 3

Грудинка	6,80±0,6*	6,3	5,47±0,4*	80,5	1,33±0,08*	19,5	5,03±0,7	5,90	3,76±0,6	74,8	1,27±0,03	25,2
Пашина	1,85±0,06*	1,7	1,85±0,06*	100,0	-	-	1,75±0,06	2,04	1,75±0,06	100,0	-	-
Подбедерок	4,62±0,1*	4,3	3,35±0,5*	72,5	1,27±0,07*	27,5	3,02±0,06	3,54	2,15±0,1	71,0	0,87±0,06	29,0
Всего 2 сорта	30,35±4,2*	28,8	25,90±4,8*	82,6	5,45±1,6*	17,4	25,35±4,6	29,68	20,03±2,5	79,0	5,32±1,76	21,0
Третий сорт												
Шейная часть	3,07±0,2*	2,8	2,61±0,2*	85,0	0,46±0,02*	15,0	3,43±0,8	4,01	3,05±1,1	88,9	0,38±0,01	11,1
Рулька	1,8±0,05*	1,7	1,36±0,04*	75,6	0,44±0,02*	24,4	1,70±0,03	2,00	1,25±0,2	73,5	0,45±0,01	26,5
Всего 3 сорта	4,87±0,23*	4,6	3,97±0,02*	81,5	0,90±0,03*	18,5	5,13±1,0	6,01	4,30±0,86	83,8	0,83±0,06	16,2
Четвертый сорт												
Зарез	1,89±0,07*	1,7	1,45±0,07*	76,7	0,44±0,01*	23,3	1,63±0,02	1,91	1,17±0,01	71,8	0,46±0,02	28,2
Голяжка передняя	1,43±0,03*	1,3	0,50±0,09*	35,0	0,93±0,07*	65,0	1,68±0,01	1,97	0,70±0,01	41,7	0,98±0,04	58,3
Голяжка задняя	2,68±0,1*	2,4	1,00±0,07*	37,3	1,68±0,1*	62,7	2,12±0,04	2,47	0,70±0,02	33,0	1,42±0,2	67,0
Всего 4 сорта	6,00±0,3*	5,5	2,95±0,09*	49,2	3,05±0,6*	50,8	5,43±1,3	6,35	2,57±0,3	47,3	2,86±0,3	52,7
Всего в полутоше	108,67±11,8	100	89,20±9,45*	82,07	19,47±3,2*	17,93	85,41±6,4	100	67,64±8,4	79,2	17,77±5,1	20,8

Примечание: * – разница достоверна между опытной и контрольной группами; $P < 0,05$.

Уменьшение выхода мяса первых сортов во II-й группе связано с тем, что при недостаточном кормлении задержка в росте отдельных частей туши различная. Для демонстрации этого сравним развитие отдельных частей туши у симментальского молодняка 18-месячного возраста, выра-

щенного в разных условиях кормления.

При повышенном уровне кормления наряду с увеличением живой массы и массы туши повышается выход наиболее ценных частей туши и одновременно с этим в них возрастает относительная масса мякотной части (табл. 4).

Таблица 4 – Масса мякотной части в % к массе костей в разных частях туши у бычков – кастратов в 18 месячном возрасте при разном уровне кормления

Части туши	I-я группа (опытная)	II-я группа (контрольная)	Относительная масса, II-й гр. в % к I-й группе
Шея	408	342	83,8
Передние конечности (плечелопаточная часть)	380	330	86,9
Грудная клетка	374	301	80,5



Поясница с пашиной	715	462	64,6
Задние (тазовые) конечности	540	470	87,0
Вся туша	416	378	90,9

При недостаточном кормлении в наибольшей степени задерживается рост мякоти (мышцы и жир) в частях туши, интенсивно растущих в постэмбриональный период. Так, коэффициент роста мякоти у бычков II-й группы в области поясницы составляет только 38,4 % от коэффициента роста мякоти у молодняка I-й группы; в грудной части – 42 %, задних (тазовых) конечностях – 50 %, тогда как в области шеи задержка роста мякоти была наименьшей. Коэффициент роста здесь был равен 6,5 или 58 % от коэффициента роста мякоти у бычков I-й группы.

Высокая биологическая способность растущего молодняка увеличивать живую массу за счет развития мускулатуры и костяка, а также за счет отложения жира не могла проявиться при хозяйственном уровне кормления. И в том и в другом случаях наблюдается низкая мясная продуктивность и пониженное качество мяса [3,14,16]. Отсюда вытекает крайне важный для практики вывод: для повышения мясной продуктивности необходимо так кормить молодняк, чтобы получать высокую живую массу и наиболее быстрый рост мускулатуры, костяка и других тканей.

Заключение

При проведении дифференцированной обвалки туш установлено, что с возрастом у животных обеих групп наблюдается повышение относительной массы мякоти: в первой группе – с 76,5 (в 7 мес.) до 78,7 % (в 18 мес.) и во II-й группе – с 66,4 до 75,4 %. Однако за этот же период снижается содержание костей в туше бычков и I-1 и II-й групп соответственно на 1,4 % (с 19,3 до 17,9 %) и на 5 % (с 26,1 до 21,1 %). Большой процент содержания костей имели бычки опытной группы в сравнении с бычками из группы контроля, который особенно заметен в поясничной и грудной частях. Отсюда следует, что повышенный уровень кормления благотворно влияет на показатели роста и развития бычков симментальской породы и, соответственно, на показатели мясной продуктивности [17,18]. Вышеизложенное свидетельствует о благоприятном влиянии повышенного уровня питания у молодняка симментальской породы на показатели мясной продуктивности.

Список источников

1. Производство говядины: состояние и перспективы / Г. И. Шичкин, С. В. Лебедев, Р. В. Костюк, Д. Г. Шичкин // Молочное и мясное скотоводство. – 2021. – № 8. – С. 2-5. – DOI 10.33943/MMS.2021.33.85.001.
2. McAuliffe G. A., Takahashi T., Lee M. R. F. Framework for life cycle assessment of livestock production systems to account for the nutritional quality of final products // Food and Energy Security. – 2018. – Т. 7. – №. 3. – С. e00143. <https://doi.org/10.1002/fes3.143>

3. Шахмурзов, М. М. Современные проблемы и перспективы развития мясного скотоводства / М. М. Шахмурзов, А. Ф. Шевхужев, О. О. Гетиков // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 октября 2021 года. – г. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. – С. 194-197. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47204356>

4. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеров [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 2. – С. 2-7. – DOI 10.33943/MMS.2020.40.30.001.

5. Baco S. et al. The body condition and reproduction performances of Bali cattle cows through the improved feeding in the intensive management system // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2020. – Т. 492. – №. 1. – С. 012101. doi:10.1088/1755-1315/492/1/012101

6. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации / С.Е. Тяпугин и [др.] М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2021. С.3-16. – URL: <https://anyflip.com/ezqyi/pdvw/basic>

7. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы. Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»: постановление Правительства РФ от 3 сентября 2021 г. № 1489 // Официальный интернет-портал правовой информации: [сайт]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012>

8. Шагалиев, Ф. М. Мясная продуктивность и качественные показатели мяса бычков разных генотипов / Ф. М. Шагалиев // Зоотехния. – 2022. – № 2. – С. 34-38. – DOI 10.25708/ZT.2022.94.37.009.

9. Шичкин, Г.И. Мясной скот: проекты и риски/ Г.И. Шичкин, С.В. Лебедев, Р.В. Костюк // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. 2021. № 6. С.14—17 <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/a69/a693e0c1f4b5536308d59de347a6a1f6.pdf>

10. Ибрагимов, С.С. Мясная продуктивность бычков различных генотипов //Зоотехния. 2019. №8. С.23-25. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41130806>



11. Hocquette J. F. et al. Current situation and future prospects for beef production in Europe—A review //Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2018. – Т. 31. – №. 7. – С. 1017. doi: 10.5713/ajas.18.0196

12. Методология научных исследований в животноводстве и кормопроизводстве (методическое пособие) / под ред. А.И. Сурова. – Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставрополь-Сервис-Школа, 2022. 364 с.

13. Особенности морфологического состава туш и анатомических частей симментальских бычков различной генетической принадлежности / С. Д. Тюлебаев, С. С. Польских, М. Д. Кадышева [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 4. – С. 117-122. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36736493>

14. Шевхужев, А.Ф. Эффективность производства говядины при различных технологиях выращивания симментальского скота /А.Ф. Шевхужев и [др.] СПб: СПбГАУ. 2019. 165 с.

15. Приступа, В. Н. Производство говядины

при интенсивном доращивании бычков молочных и мясных пород //Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56. – №. 1. – С. 54-60. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37164807>

16. Текеев, М.А. Системы выращивания, доращивания и откорма скота/ М.А. Текеев, Х.Э. Текеева, Р. К. Ржиев//Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – №. 4 (44). – С. 77-87. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-vyraschivaniya-doraschivaniya-i-otkorma-skota>

17. Tal A. Making conventional agriculture environmentally friendly: moving beyond the glorification of organic agriculture and the demonization of conventional agriculture //Sustainability. – 2018. – Т. 10. – №. 4. – С. 1078. <https://doi.org/10.3390/su10041078>

18. Nogalski Z. et al. Effects of rearing system and feeding intensity on the fattening performance and slaughter value of young crossbred bulls //Annals of Animal Science. – 2018. – Т. 18. – №. 3. – С. 835. doi: 10.3390/ani12070933

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Proizvodstvo govjadiny: sostoyanie i perspektivy* / G. I. SHichkin, S. V. Lebedev, R. V. Kostyuk, D. G. SHichkin // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. – 2021. – № 8. – С. 2-5. – DOI 10.33943/MMS.2021.33.85.001.

2. McAuliffe G. A., Takahashi T., Lee M. R. F. Framework for life cycle assessment of livestock production systems to account for the nutritional quality of final products //Food and Energy Security. – 2018. – Т. 7. – №. 3. – S. e00143. <https://doi.org/10.1002/fes3.143>

3. SHahmurzov, M. M. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya myasnogo skotovodstva* / M. M. SHahmurzov, A. F. SHEvhuzhev, O. O. Getokov // *Nauka, obrazovanie i biznes: novyy vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya : Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki Valeriya Muhamedovicha Kokova, Nal'chik, 14–15 oktyabrya 2021 goda*. – g. Nal'chik: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni V.M. Kokova", 2021. – S. 194-197. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47204356>

4. *Sostoyanie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii: realii i perspektivy* / I. M. Dunin, S. E. Tyapugin, R. K. Meshcherov [i dr.] // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. – 2020. – № 2. – С. 2-7. – DOI 10.33943/MMS.2020.40.30.001.

5. Baco S. et al. The body condition and reproduction performances of Bali cattle cows through the improved feeding in the intensive management system //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2020. – Т. 492. – №. 1. – С. 012101. doi:10.1088/1755-1315/492/1/012101

6. *Ezhegodnik po plemennoj rabote v myasnom skotovodstve v hozyajstvakh Rossijskoj Federacii* /S.E. Tyapugin i [dr.] M.: FGBNU VNIIplem. 2021. S.3-16. - URL: <https://anyflip.com/ezqyi/pdvw/basic>

7. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы. Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»: постановление Правительтва РФ от 3 сентября 2021 г. № 1489 // *Официальный интернет-портал правовой информации*: [сайт]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012>

8. SHagaliev, F. M. *Myasnaya produktivnost' i kachestvennye pokazateli myasa bychkov raznyh genotipov* / F. M. SHagaliev // *Zootekhnika*. – 2022. – № 2. – С. 34-38. – DOI 10.25708/ZT.2022.94.37.009.

9. SHichkin, G.I. *Myasnoj skot: proekty i riski*/ G.I. SHichkin, S.V. Lebedev, R.V. Kostyuk // *Informacionnyy byulleten' Ministerstva sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii*. 2021. № 6. S.14—17 <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/a69/a693e0c1f4b5536308d59de347a6a1f6.pdf>

10. Ibragimova, S.Z. *Myasnaya produktivnost' bychkov razlichnyh genotipov* // *Zootekhnika*. 2019. №8. S.23-25. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41130806>

11. Hocquette J. F. et al. Current situation and future prospects for beef production in Europe—A review //Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2018. – Т. 31. – №. 7. – С. 1017. doi: 10.5713/ajas.18.0196

12. *Metodologiya nauchnyh issledovanij v zhivotnovodstve i kormoproizvodstve (metodicheskoe posobie)* / pod red. A.I. Surova. – Stavropol': FGBNU «Severo-Kavkazskij FNAC», Stavropol'-Servis-SHkola, 2022. 364 s.



13. Osobennosti morfologicheskogo sostava tush i anatomicheskikh chastej simmental'skih bychkov razlichnoj geneticheskoy prinadlezhnosti / S. D. Tyulebaev, S. S. Pol'skih, M. D. Kadysheva [i dr.] // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. – 2018. – T. 101. – № 4. – S. 117-122. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36736493>
14. Shevhuzhev, A.F. *Effektivnost' proizvodstva govyadiny pri razlichnykh tekhnologiyah vyrashchivaniya simmental'skogo skota* / A.F. Shevhuzhev i [dr.] SPb: SPbGAU. 2019. 165 s.
15. Pristupa, V. N. *Proizvodstvo govyadiny pri intensivnom dorashchivanii bychkov molochnykh i myasnykh porod* // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – T. 56. – №. 1. – S. 54-60. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37164807>
16. Tekeev, M.A. *Sistemy vyrashchivaniya, dorashchivaniya i otkorma skota* / M.A. Tekeev, H.E. Tekeeva, R. K. Rzhiev // *Molochnohozyajstvennyj vestnik*. – 2021. – №. 4 (44). – S. 77-87. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-vyrashchivaniya-dorashchivaniya-i-otkorma-skota>
17. Tal A. Making conventional agriculture environmentally friendly: moving beyond the glorification of organic agriculture and the demonization of conventional agriculture // *Sustainability*. – 2018. – T. 10. – №. 4. – S. 1078. <https://doi.org/10.3390/su10041078>
18. Nogalski Z. et al. Effects of rearing system and feeding intensity on the fattening performance and slaughter value of young crossbred bulls // *Annals of Animal Science*. – 2018. – T. 18. – №. 3. – S. 835. doi: 10.3390/ani12070933

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

Кулинцев Валерий Владимирович, д-р с.-х. наук, директор ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», retnec.canf@ofni

Шевхужев Анатолий Феофанович, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», shevkhezhevaf@yandex.ru

Дорохин Николай Александрович, младший научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства ВНИИОК - филиала ФГБНУ "Северо-Кавказский ФНАЦ", dorohin.2012@inbox.ru.

Information about the authors

Kulintsev Valery V. Doctor of Agricultural Sciences Sci., Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC", retnec.canf@ofni

Shevkhezhev Anatoly F., Doctor of Agricultural Sciences Sci., Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Industrial Technology for the Production of Animal Production VNIIOK - Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC", shevkhezhevaf@yandex.ru

Dorokhin Nikolai A., junior researcher of the laboratory of industrial technology for the production of livestock products, VNIIOK - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasian FNAC", dorohin.2012@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 632:633.1
DOI: 10.36508/RSATU.2022.32.77.005

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА СЕМЯН ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Ольга Викторовна Лукьянова¹✉, Александр Сергеевич Ступин², Ольга Алексеевна Антошина³, Наталья Владимировна Вавилова⁴

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

¹ovluk74@mail.ru

²stupin32@yandex.ru

³olgaantoshina@bk.ru

⁴nvavilova23@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель: В структуре посевных площадей Рязанской области зерновые культуры занимают наибольшую долю, которая в среднем за 5 лет составила 57,5 % с тенденцией к увеличению (2017 год – 500,3 тыс. га, в 2021 – 628,1 тыс. га). Насыщенность зерновыми культурами способствует накоплению инфекции и ухудшению фитосанитарного состояния посевов. Потери урожая зерновых культур от болезней могут составлять от 20 % до 70 %, при этом более 60 % видов патогенов передаются через семена. Действенным методом снижения распространения и развития патогенов является протравливание семян, эффективность которого, в первую очередь, зависит от правильного выбора препаратов. Принятие решения о целесообразности проведения предпосевной обработки семян и подбора протравителя необходимого спектра действия возможно только при наличии информации о зараженности семян. Цель исследования – проведение фитопатологической экспертизы семян для определения видового состава возбудителей и степени зараженности посевного материала яровых зерновых культур семенной инфекцией с целью повышения их посевных и фитосанитарных качеств и, как следствие, урожая зерна в Рязанской области.

Методология: Объекты исследования – семена яровой пшеницы, ярового ячменя, овса. Фитозэкспертиза была проведена в 2017- 2021 гг. в Рязанской области в объеме 112,04 тыс. тонн, что составило 46,11 % от общего количества семенного материала. Оценку фитосанитарного состояния семян яровых зерновых культур в Рязанской области 2017-2021 гг. с использованием методик, отраженных в ГОСТе 12044-93 "Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями" осуществляли сотрудники отдела защиты растений филиала ФГБУ "Россельхозцентр" по Рязанской области и ФГБОУ ВО РГАТУ.

Результаты: Анализ уровня инфицирования семян яровых зерновых культур отдельными патогенами в 2017-2021 гг. в Рязанской области показывает, что наибольшее распространение получили альтернариоз и гельминтоспориоз. Зараженность семян яровых зерновых культур альтернариозом за годы исследований составила 109,1 тыс. тонн, а гельминтоспориозом – 84,51 тыс. тонн от объема фитозэкспертизы. Процент пораженности семян альтернариозом варьировал у яровой пшеницы от 28,99 % до 62,31 %, у ярового ячменя от 36,62 % до 68,23 %, у овса от 41,55 % до 49,25 %. Пораженность семян гельминтоспориозом была ниже, чем альтернариозом – 6,5 %-32,82 % в зависимости от года и культуры. В меньшей степени семена зерновых культур были подвержены инфицированию фузариозом. Общий средневзвешенный процент заражения болезнями семян яровых зерновых культур за исследуемый период составил 78,21 %. Максимальный средневзвешенный процент отмечался в 2021 году и составил 85,26 %, а минимальный средневзвешенный процент в 2018 году – 61,14 %. Наиболее подвержен различным патогенам семенной материал ярового ячменя.

Заключение: Анализ семенного материала зерновых культур в Рязанской области, показал, что уровень зараженности семян достаточно высокий. Для защиты семян и всходов от поражения фитопатогенными грибами, находящимися на (в) семен(ах) и обитающими в почве, необходима обработка семян. Применение системных препаратов для обработки семян средней степени инфицированности патогенами позволяет сохранить 11-22 % урожая; биопрепаратов – 4-11 %.

Ключевые слова: фитопатологическая экспертиза, семена, яровые зерновые культуры, яровая пшеница, яровой ячмень, овёс, диагностика, возбудители болезней

Для цитирования: Лукьянова О.В., Ступин А.С., Антошина О.А., Вавилова Н.В. Фитопатологическая экспертиза семян яровых зерновых культур // Вестник Рязанского государственного агротех-



Original article

PHYTOPATHOLOGICAL EXAMINATION OF SPRING GRAIN SEEDS

Olga V. Lukyanova¹✉, Alexander S. Stupin², Olga Alekseevna A.³, Natalya V. Vavilova⁴^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ovluk74@mail.ru²stupin32@yandex.ru³olgaantoshina@bk.ru⁴nvavilova23@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The largest share in the structure of sown areas of Ryazan region is occupied by grain crops, which on average over 5 years amounted to 57.5% with a tendency to increase (500.3 thousand hectares in 2017 and 628.1 thousand hectares in 2021). Saturation with grain crops contributes to accumulation of infection and deterioration of the phyto-sanitary state of crops. Losses in crop yields from disease can range from 20% to 70%, with more than 60% of pathogen species transmitted through seeds. An effective method of reducing the spread and development of pathogens is seed dressing, the effectiveness of which, first of all, depends on the correct choice of preparations. The decision on the advisability of pre-sowing seed treatment and selection of a disinfectant with the required spectrum of action is possible only if there is information about seed contamination. The purpose of the study was to conduct a phyto-pathological examination of seeds to determine the species composition of pathogens and the degree of seed infestation of spring crops with seed infection in order to improve their sowing and phyto-sanitary qualities, and as a result, grain yield.

Methodology. The objects of study were seeds of spring wheat, spring barley, and oats. Phyto-expertise was carried out in 2017-2021 in Ryazan region and concerned 112.04 thousand tons, which accounted for 46.11% of the total amount of seed material. Assessment of the phyto-sanitary state spring crop seeds was carried out in Ryazan region in 2017-2021 using the methods reflected in GOST 12044-93 "Seeds of agricultural crops. Determining the infestation with diseases was carried out by employees of the plant protection department of the branch of Federal State Budgetary Institution "Rosselkhozcenter" in Ryazan region and Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education RSATU.

Results. Analysis of the level of infestation of seeds of spring grain crops with individual pathogens in 2017-2021 in Ryazan region showed that *Alternaria* blight and *Helminthosporium* disease were most widespread. Infection of seeds of spring grain crops with *Alternaria* blight over the years of research amounted to 109.1 thousand tons, and that with *Helminthosporium* disease was 84.51 thousand tons of the volume of phyto expertise. The percentage of seed infestation with *Alternaria* blight varied in spring wheat from 28.99% to 62.31%, in spring barley from 36.62% to 68.23% and in oats from 41.55% to 49.25%. Seed infestation with *Helminthosporium* disease was lower than with *Alternaria* blight - 6.5% -32.82%, depending on the year and crop. To a lesser extent, seeds of grain crops were susceptible to fusarium infection. The total weighted average percentage of infection with diseases of spring grain crops for the study period was 78.21%. The maximum weighted average percentage was observed in 2021 and amounted to 85.26%, and the minimum weighted average percentage in 2018 was 61.14%. The seed material of spring barley was most susceptible to various pathogens.

Conclusion. Analysis of the grain crop seed materials in Ryazan region showed that the level of infestation of seeds was quite high. Seed treatment is necessary to protect seeds and seedlings from damage by phytopathogenic fungi located on (in) the seed (s) and living in the soil. The use of systemic preparations to treat seeds of an average degree of infestation with pathogens allows to save 11-22% of the crop and biological products save 4-11%.

Key words: phytopathological examination, seeds, spring crops, spring wheat, spring barley, oats, diagnostics, pathogens.

For citation: Lukyanova O.V., Stupin A.S., Antoshina O.A., Vavilova N.V. Phytopathological examination of spring grain seeds // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.3. With 29-38 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.32.77.005>

Введение

Качество посевного материала – важное звено в современных технологиях возделывания зерновых и зернобобовых культур. Особое внимание уделяется их фитосанитарному состоянию, так как семена являются источниками инфекции большого количества болезней, распространен-

ных в посевах, что приводит к существенным потерям урожая [1- 4].

Семена в период формирования, уборки и хранения заселяются многочисленными эпифитными и сапрофитными грибами родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor* и др. Плесневые грибки интенсивно развиваются при повышенной



влажности зерна (15-16 %) и снижают полевую всхожесть семян [4, 5]. В зерне при 18 % содержания влаги и уравнивающей относительной влажности воздуха 85 % создаются оптимальные условия для максимального роста данных видов грибов. В свою очередь, развитие плесенных грибов вызывает подогревание зерна, что благоприятно сказывается на возникновении вредителей зерна. Такое зерно резко теряет семенные и товарные качества, что влечет за собой большие потери. Даже при соблюдении всех регламентов хранения не исключаются потери продукции от данных вредных организмов в размере 10 %. От-

носительная микробиологическая стабильность в насыпи зерна обеспечивается условиями хранения, когда влажность воздуха ниже 65 % и температуры ниже 20° С [6, 7].

При заражении семян выше допустимых параметров, указанных в таблице 1, рекомендуется их обязательное протравливание. Минимальные индексы инфицированности берутся при возделывании восприимчивых сортов или неблагоприятной фитосанитарной ситуации, а максимальные – для толерантных сортов и при благоприятных для роста растений условиях среды [4].

Таблица 1 – Критические параметры инфицированности семян возбудителями болезней

Культура	Болезнь	Объект мониторинга	Допустимая зараженность
Пшеница	пыльная головня	семена: мицелий	0,3-0,5 %
	твердая головня	семена: телиоспоры	100-500 шт.
	твердая, карликовая и пыльная головня	пораженность колосьев в поле	0,1-0,5 %
	гельминтоспориоз	семена	5-10 %
	фузариоз	семена	5-15 %
	септориоз	семена	5-10 %
Ячмень	каменная головня	семена: телиоспоры	75-100 шт.
	пыльная головня	семена: мицелий	0,5-1 %
	все виды головни	пораженность колосьев в поле	до 1 %
	гельминтоспориоз	семена	5-10 %
Овёс	покрытая и пыльная головня	семена: телиоспоры	75-100 шт./зерно
Все культуры	плесневение	семена	5-10 %

Квалифицированная диагностика возбудителей болезней семенного материала позволяет дифференцированно подходить к выбору протравителей, использовать наиболее эффективные из них против определенного вида или комплекса патогенов. С целью установления степени инфицированности семенного материала проводится фитопатологическая экспертиза (фитоэкспертиза) – это метод определения зараженности семян патогенной и сапрофитной микрофлорой [8, 9, 10].

Фитоэкспертиза позволяет выявить поверхностную и внутреннюю инфекцию у зерновых культур: возбудителей корневых гнилей и фузариоза колоса; потемнение зародыша семян; листовых болезней (септориоз, сетчатую пятнистость, ринхоспориоз); сапрофитную микрофлору (пеницилл, аспергилл, мукор, ризопус, трихотециум и др.). Разумеется, перечисленные виды возбудителей – это не все патогены, сохраняющиеся с семенным материалом. Семена зерновых культур являются источниками инфекции головневых грибов, а в виде примеси присутствуют склероции (рожки) спорыньи [11, 12].

Материалы и методы исследования

Фитоэкспертизу семян яровых зерновых куль-

тур в Рязанской области 2017-2021 гг. осуществляли сотрудники отдела защиты растений филиала ФГБУ "Россельхозцентр" по Рязанской области и ФГБОУ ВО РГАТУ.

Зараженность семян зерновых культур поверхностной или внутренней инфекцией (гельминтоспориоз, фузариоз, альтернариоз, плесневение) определяют методом влажной камеры с применением бумажных рулонов. Образец семян отбирают согласно ГОСТа 12037-88. Из этого образца берут навеску 200 г и отсчитывают 2 пробы по 100 семян. Для проращивания семян одной пробы берут полоску фильтровальной бумаги шириной 12-15 см и длиной 100 см. Вдоль этой полоски на расстоянии 2-3 см от верхнего края карандашом проводят линию. Вверху записывают характеристику образца и дату посева. Затем бумагу смачивают до полного увлажнения, кладут ее на полиэтиленовую пленку такой же длины и шириной 10 см. По очерченной линии раскладывают семена зародышем вниз (расстояние между семенами 1 см) по 100 шт. на каждую ленту. Семена закрывают полоской бумаги, смоченной в воде. Уложенную полоску скатывают в рулон вместе с пленкой, ставят вертикально в стеклянный стакан

вместимостью 200-250 мл семенами вверх, на дно наливают немного воды. Семена проращивают 7 дней в термостате при температуре 20-22° С (или на столе при такой же комнатной температуре). Затем ножницами обрезают корешки, которые находятся ниже фильтровальной бумаги, разворачивают рулон и приступают к анализу [ГОСТ 12044-93]. Подсчитывают число проростков, пораженных гельминтоспориозом, фузариозом, альтернариозом или другими микроорганизмами, по баллам. Если на проростках два или несколько видов заболеваний, относят их к смешанной инфекции.

Грибы рода фузариум проявляются в виде слегка пушистого налета белого или розового оттенка. Грибница окрашивает в розовый цвет также бумагу. Гельминтоспориозная инфекция отчетливо видна в зерновках в виде черного бархатистого налета. Болезнь проявляется и в виде побурения корешков и колеоптиля у основания. Семена, пораженные альтернариозом, покрываются налетом от серого до почти черного цвета, визуально похожим на грибку гельминтоспориума. Для точного определения необходимо микроскопирование. Споры гельминтоспориума значительно крупнее и имеют веретеновидную форму. Бактериальная инфекция проявляется в виде слизистых образований и пузырьков на корнях или ростках и побурении тканей в местах внедрения фитопатогенных бактерий. Плесневые грибы проявляются в виде зелено-сизого или желтого налета [ГОСТ 12044-93]. Зараженность семян патогенами (Р) и развитие болезней (R) определяют по соответствующим формулам.

На основании результатов фитозэкспертизы делается заключение о возможности использования конкретной партии для семенных целей и о необходимости защиты семенного материала [10, 13].

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно Федеральному закону «О семеноводстве» для производства семян должны использоваться семена, сортовые и посевные качества которых соответствуют требованиям государственных стандартов и иных нормативных документов в области семеноводства.

При фитозэкспертизе семян пшеницы учитываются патогенные грибы: фузариум, гельминтоспориоз, альтернария; сапрофиты – мукор, ризопус, аспергилл, пеницилл, трихотециум.

Наиболее важно выявить патогенную микрофлору, установить видовую принадлежность возбудителя. Сапрофиты обычно относят к комплексу плесневой инфекции, которая не требует идентификации. Наличие большого количества плесневых грибов свидетельствует о нарушении режима хранения семенного материала, в первую очередь, не кондиция по влажности [14-17].

В последние годы в РФ отмечается рост заболеваний зерновых культур. В хозяйствах Нечерноземной зоны здоровых семян практически нет, что подтверждается результатами фитопатологической экспертизы, проведенной в Рязанской области в 2017-2021 гг.

Фитозэкспертиза была проведена в объеме

112,04 тыс. тонн, что составило 46,11 % от общего количества семенного материала. Было проанализировано 80,82 тыс. тонн (72,1 %) ярового ячменя, 23,87 тыс. тонн (21,3 %) яровой пшеницы, 7,35 тыс. тонн (6,6 %) овса, что обусловлено объемами производства яровых зерновых культур в Рязанской области [18].

Анализ уровня инфицирования семян яровых зерновых культур отдельными патогенами показывает, что наибольшее распространение получили альтернариоз (*Alternaria sp.*) и гельминтоспориоз (*Bipolaris sorokiniana*). По данным болезням отмечены максимальные показатели зараженности семенного материала. Альтернариоз проявлялся в зародышевой части семени в виде черного налета и черной пигментации на фильтровальной бумаге, что вызывало плесневение семян и приводило к резкому снижению всхожести. При гельминтоспориозе на колеоптиле и у основания проростка отмечались точечные темно-бурые некрозы, в результате чего корни загнивали и отмирали (рис. 1). Фузариоз (*Fusarium graminearum*) был выявлен в основном на семенах яровой пшеницы и ярового ячменя в виде тонкого пушистого розово-белого мицелия и побурения у проростков колеоптиля, в дальнейшем приводящее к загниванию корней и основания стебля. Больше всего фузариоз проявился на яровой пшенице.



Яровая пшеница

Яровой ячмень

Рис. 1 – Фитозэкспертиза семян яровой пшеницы и ярового ячменя в Рязанской области
(Phyto examination of seeds of spring wheat and barley in Ryazan region)

По данным таблицы 2, зараженность семян яровых зерновых культур альтернариозом за годы исследований составила 109,1 тыс. тонн, инфицирование гельминтоспориозом – 84,51 тыс. тонн от объема фитозэкспертизы, в том числе соответственно 22,77 тыс. тонн и 16,93 тыс. тонн яровой пшеницы; 79,23 тыс. тонн и 62,23 тыс. тонн ярового ячменя; 7,1 тыс. тонн и 5,35 тыс. тонн овса.

Процент пораженности семян альтернариозом варьировал у яровой пшеницы от 28,99 % до 62,31 %, у ярового ячменя от 36,62 % до 68,23 %, у овса от 41,55 % до 49,25 %. Поражен-



ность семян гельминтоспориозом была ниже, чем альтернариозом, и в зависимости от года и культуры составила от 6,5 % до 32,82 %. Наибольший

процент поражение альтернариозом и гельминтоспориозом выявлен на семенах ярового ячменя – 36,62-68,23 % и 10,05-32,82 % соответственно

Таблица 2 – Заражённость семенного материала яровых зерновых культур в Рязанской области в 2017-2021 гг.

Годы	Объём фито-экспертизы, тыс. т	Болезни семян							
		фузариоз		гельминтоспориоз		альтернариоз		плесени	
		зараже- но, тыс. т	пора- жение, %	зараже- но, тыс. т	пора- жение, %	зараже- но, тыс. т	пора- жение, %	зараже- но, тыс. т	пора- жение, %
Яровая пшеница									
2017	3,32	0,67	3,99	2,54	19,42	3,32	45,29	1,97	2,99
2018	4,12	0,19	0,15	2,94	16,51	3,02	28,99	1,05	1,35
2019	4,99	-	-	4,30	7,32	4,99	45,05	0,18	3,98
2020	3,93	0,77	0,90	2,19	30,02	3,93	62,31	3,01	6,08
2021	7,51	1,35	3,80	4,96	18,21	7,51	48,20	4,82	6,25
Яровой ячмень									
2017	18,77	0,48	1,15	16,53	32,82	18,02	36,62	11,69	2,83
2018	19,75	2,24	1,17	16,20	19,48	18,91	41,09	8,59	1,79
2019	14,72	-	-	12,70	10,05	14,72	67,13	1,03	5,04
2020	13,64	1,62	1,03	8,09	23,82	13,64	66,58	6,22	7,70
2021	13,94	2,28	3,56	8,71	11,60	13,94	68,23	5,38	8,52
Овёс									
2017	1,8	0,01	0,06	1,54	31,32	1,74	42,44	0,86	1,87
2018	2,36	0,04	0,07	1,73	14,21	2,17	49,25	0,78	1,56
2019	1,14	-	-	1,14	6,5	1,14	41,55	0,08	3,36
2020	1,18	-	-	0,88	5,87	1,18	48,86	0,73	6,70
2021	0,87	-	-	0,06	10,10	0,87	38,84	0,56	5,61

В меньшей степени семена зерновых культур были подвержены инфицированию фузариозом. Данный патоген был зарегистрирован в 9,65 тыс. тонн (8,6 %) при объёме проанализированных семян 112,04 тыс. тонн. В 2019 году инфицирование семян фузариозом не выявлено.

Распространение плесени отмечено на семенном материале всех культурах. На яровой пшенице заражённость составила 11,03 тыс. тонн, на яровом ячмене – 32,91 тыс. тонн, на овсе – 3,01 тыс. тонн. Наименее заражены плесенью семена были в 2019 году (3,6-7,0 %).

Изучение динамики заражённости семян яровых зерновых культур фитопатогенами в период с 2017 по 2021 годы показывает, что семена яровой пшеницы ежегодно в сильной степени поражались альтернариозом (73,3-100 %) и гельминтоспориозом (55,7-86,2 %) (рис. 2). Поражение фузариозом и плесенью значительно варьировало по годам. Так, в 2017 году распространение фузариоза было наибольшим – 20,2 %, а в 2019 году инфицирование семян не наблюдалось. Плесневые грибы в партиях семян яровой пшеницы регистрировались ежегодно, максимальный показатель отмечен в 2020 году – 76,7 %.

На яровом ячмене максимальное инфицирование семян патогенами альтернариоза отмечено 2019 – 2021 гг., составив 100% от проанализированных партий (рис. 3). Наибольшее распространение гельминтоспориоза выявлено в 2019-2021 гг. В распространении фузариоза и плесени наблюдалась та же тенденция, что и на яровой пшенице.

На яровом ячмене максимальное инфицирование семян патогенами альтернариоза отмечено 2019 – 2021 гг., составив 100% от проанализированных партий (рис. 3). Наибольшее распространение гельминтоспориоза выявлено в 2019-2021 гг. В распространении фузариоза и плесени наблюдалась та же тенденция, что и на яровой пшенице.

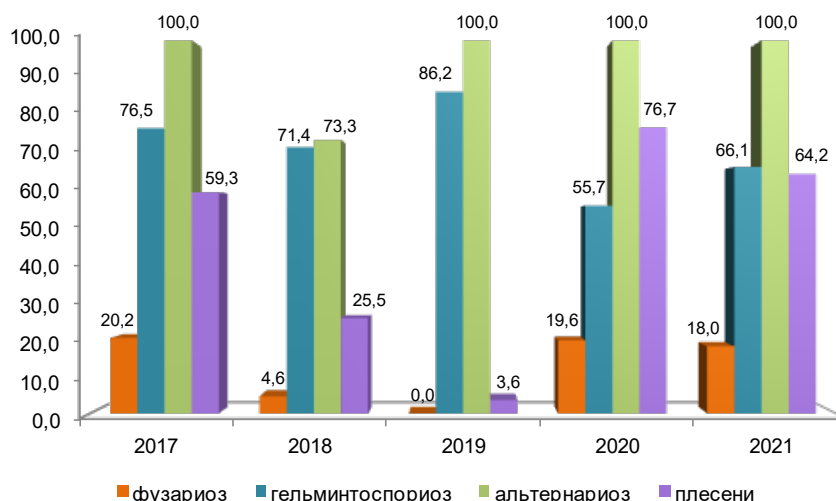


Рис. 2 – Зараженность семян яровой пшеницы различными патогенами (2017-2021 гг.) в процентах к проанализированному семенам
(Infestation of spring wheat seeds with various pathogens (2017-2021) as a percentage of the analyzed seeds)

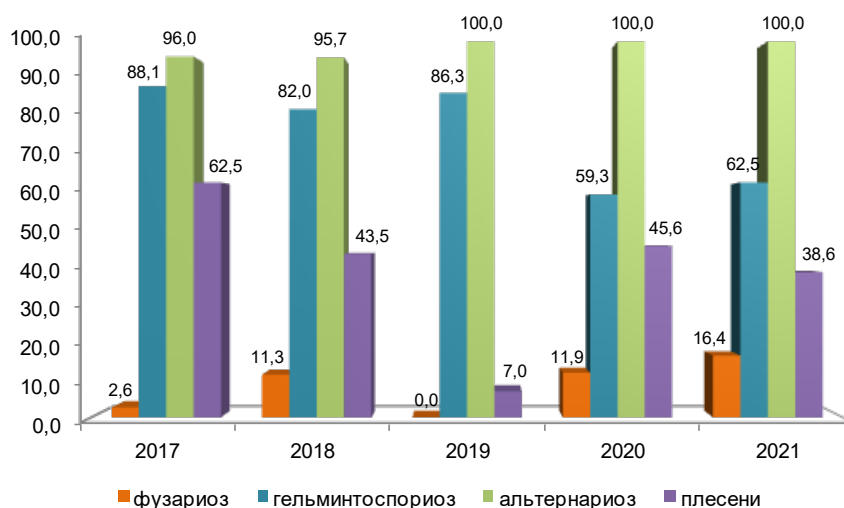


Рис. 3 – Зараженность семян ярового ячменя различными патогенами (2017-2021 гг.) в процентах к проанализированному семенам
(Infestation of spring barley seeds with various pathogens (2017-2021) as a percentage of the analyzed seeds)

Фитоэкспертиза семян овса показала, что основными фитопатогенами на данной культуре были возбудители альтернариоза и гельминтоспориоза, зараженность семян которыми варьировала по годам 59,3-88,1% и 95,7-100% соответственно (рисунок 4). Все партии имели зараженность возбудителем фузариоза, не превышающую регламент (по ГОСТ не более 2 %).

По результатам фитопатологической экспер-

тизы выявлено, что общий средневзвешенный процент заражения болезнями семян яровых зерновых культур за исследуемый период составил 78,21 %. Максимальный средневзвешенный процент отмечался в 2021 году и составил 85,26 %, а минимальный средневзвешенный процент в 2018 году – 61,14 %. Наиболее подвержен различными патогенам семенной материал ярового ячменя.

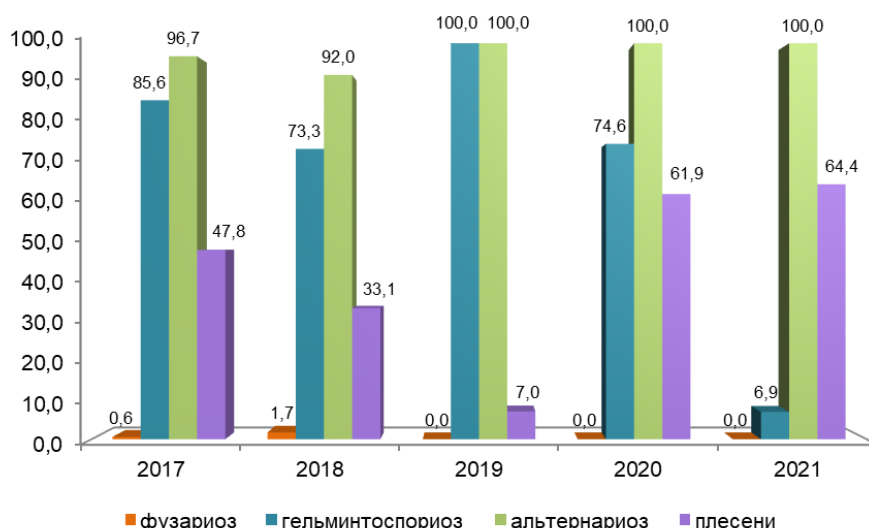


Рис. 4 – Зараженность семян овса различными патогенами (2017-2021 гг.) в процентах к проанализированным семенам
(Infestation of oat seeds with various pathogens (2017-2021) as a percentage of the analyzed seeds)

Заключение

Анализ семенного материала зерновых культур в 2017-2021 гг. в Рязанской области показал, что уровень зараженности семян достаточно высокий. Кроме того, в последние годы в Нечерноземной зоне России наблюдаются явления, когда в течение вегетации резко меняются среднесуточные температуры и количество выпавших осадков (от их отсутствия до переизбытка), в результате создаются благоприятные условия распространения того или иного вида заболеваний, предвидеть которые достаточно проблематично при отсутствии точного прогноза погоды. Несмотря на то, что потери от патогенов и фитофагов в годы эпифитотий бывают весьма значительны (40 % и более от урожая). Снижение потерь яровых зерновых культур от болезней обеспечится соблюдением правил хранения семян, соблюдением севооборота, использованием устойчивых сортов и фунгицидов.

Для защиты семян и всходов от поражения фитопатогенными грибами, находящимися на (в) семени и обитающими в почве, необходимо применение протравителей семян, ассортимент которых достаточно широк. Только для зерновых культур зарегистрировано около 40 монокомпонентных препаратов и более 25 смесевых.

Применение системных препаратов для обработки семян средней степени инфицированности патогенами позволяет сохранить 11-22 % урожая; биопрепаратов 4-11 %. Стабильной эффективностью на зерновых культурах против почвенно-семенных инфекций отличаются протравители на основе триконазола, а также двух действующих веществ: протиокназол + тебуконазол, тиабендазол + тебуконазол, тебуконазол + мефеноксам.

Список источников

1. Павлюшин, В. А. Дестабилизация фитосанитарного состояния земледелия и пути ее преодоления / В.А. Павлюшин, В.И. Танский // Вестник защиты растений. - 2006. - №1. - С. 8-15. URL:

<https://elibrary.ru/item.asp?id=12796672>

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

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

4. Койшибаев, М. Болезни зерновых культур: симптомы, распространение и вредоносность, специализация, биологические особенности, структура популяций возбудителей и интегрированная защита посевов / М. Койшибаев. - Алматы: «Бастай», 2002. - 368 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002096636>

5. Teterina O., Teterin V., Mitrovanov S., Kostenko M. The Effect of Humic Aerosol Treatment on Grain Seeds Quality//Engineering Technologies and Systems 30(2):–P.254-267 DOI :10.15507/2658-4123.030.202002.254-267

6. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование) : учебно-практическое руководство / [Дитер Шпаар и др.] ; под общ. ред. Д. Шпаара. - 3-е изд., дораб. и доп. - Москва : DLV Агродело, 2008. - 656 с.. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19512777>

7. Stupin A.S., Lukyanova O.V., Vinogradov D.V. Formation of grain quality of spring soft wheat varieties



depending on agrotechnical methods//IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 954 (2022) 012080 DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012080

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

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

10. Каплин, В. Г. Фитосанитарный контроль и защита семян зерновых злаковых культур от болезней и вредителей / В. Г. Каплин, Г. В. Леонтьева [и др.]. - Самара. - 2000. - 108 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000660298>

11. Болезни зерновых колосовых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга) / С. С. Санин, Е. А. Соколова, В. И. Черкашин [и др.]; под общей редакцией академика Россельхозакадемии С. С. Санина. –Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 140 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565256573>

12. Новожилов, К. В. Защита растений - фитосанитарная оптимизация растениеводства / К. В. Новожилов // Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства: сб. трудов Всероссийского съезда по защите растений. - СПб., 1997. - С. 35-45. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29110984&pff=1>

13. Лукьянова, О.В. Эффективность использо-

вания биопрепарата для борьбы с листостебельными болезнями зерновых культур / О.В. Лукьянова, А.С. Ступин, О.А. Антошина, В.С. Конкина, Н.В. Вавилова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань: РГАТУ, 2022. – Том 14. – №2 – С. 57-64. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49168573>

14. Пересыпкин, В. Ф. Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания / В. Ф. Пересыпкин, С. Л. Тютюрев, Т. С. Баталова. - М.: Агропромиздат, 1991. - 272 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30546701>

15. Санин, С. С. Семеноводство не должно быть фактором риска / С. С. Санин, А. В. Филиппов // Защита и карантин растений. - 2003. - №1. - С. 10-12. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17886727>

16. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков. Изд. 3-е (исправленное) /Т.И. Ишкова, Л.И. Берестецкая, Е.Л. Гасич и [др.]. – Санкт-Петербург. 2008 – 76 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23812598>

17. Определитель болезней растений / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов, М.Ф. Летова ; Под. общ. ред. М.К. Хохрякова. - 3. изд., испр. - СПб. [и др.] : Лань, 2003 (ГУП ИПК Ульян. Дом печати). - 592 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19504960>

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

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Pavlyushin, V. A. Destabilizatsiya fitosanitarnogo sostoyaniya zemledeliya i puti yeye preodoleniya / V.A. Pavlyushin, V.I. Tanskiy // Vestnik zashchity rasteniy. - 2006. - №1. - S. 8-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12796672>

2. Rezervy povysheniya dokhodnosti v zernoproizvodstve za schet primeneniya sistemnogo fungitsida Kazim, KS / G. I. Platonov, N. N. Pashkang, Ye. V. Men'shova, M. YU. Pikushina // Molodezh' i nauka: shag k uspekhu : Sbornik nauchnykh statey 6-y Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh. V 3-kh tomakh, Kursk, 22–23 marta 2022 goda / Otv. redaktor M.S. Razumov. – Kursk: Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet, 2022. – S. 177-181. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48255436>.

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

4. Koyshibayev, M. Bolezni zernovykh kul'tur: simptomy, rasprostraneniye i vredonosnost', spetsializatsiya, biologicheskiye osobennosti, struktura populyatsiy vozbuditeley i integrirovannaya zashchita posevov / M. Koyshibayev. - Almaty: «Bastau», 2002. - 368 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002096636>



5. Teterina O., Teterin V., Mitrovanov S., Kostenko M. The Effect of Humic Aerosol Treatment on Grain Seeds Quality//Engineering Technologies and Systems 30(2): P. 254-267 DOI :10.15507/2658-4123.030.202002.254-267
6. Zernovyye kul'tury (vyrashchivaniye, uborka, dorabotka i ispol'zovaniye) : uchebno-prakticheskoye rukovodstvo / [Diter Shpaar i dr.] ; pod obshch. red. D. Shpaara. - 3-ye izd., dorab. i dop. - Moskva : DLV Agrodelo, 2008. - 656 s.. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19512777>
7. Stupin A.S., Lukyanova O.V., Vinogradov D.V. Formation of grain quality of spring soft wheat varieties depending on agrotechnical methods//IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 954 (2022) 012080 DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012080
8. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovykh kul'tur. (Bolezni rasteniy) : [Rekomendatsii] / M-vo sel. khoz-va Ros. Federatsii; [Podgot.: S.S. Sanin i dr.]. - M. : Rosinformagrotekh, 2002. - 138 c. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000967248>.
9. Fitosanitarnaya diagnostika v integrirovannoy zashchite rasteniy / I. YA. Polyakov, M. M. Levitin, V. I. Tanskiy; Ros. akad. s.-kh. nauk, Vseros. nauch.-issled. in-t zashchity rasteniy. - Moskva : Kolos, 1995. - 207 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001724869>.
10. Kaplin, V. G. Fitosanitarnyy kontrol' i zashchita semyan zernovykh zlakovykh kul'tur ot bolezney i vrediteley / V. G. Kaplin, G. V. Leont'yeva [i dr.]. - Samara. - 2000. - 108 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000660298>
11. Bolezni zernovykh kolosovykh kul'tur (rekomendatsii po provedeniyu fitosanitarnogo monitoringa) / S. S. Sanin, Ye. A. Sokolova, V. I. Cherkashin [i dr.]; pod obshchey redaktsiyey akademika Rossel'khozakademii S. S. Sanina. - Moskva: FGUN «Rosinformagrotekh», 2010. - 140 s. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565256573>
12. Novozhilov, K. V. Zashchita rasteniy - fitosanitarnaya optimizatsiya rasteniyevodstva / K. V. Novozhilov // Problemy optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya rasteniyevodstva: sb. trudov Vserossiyskogo s"yezda po zashchite rasteniy. - SPb., 1997. - S. 35-45. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29110984&pff=1>
13. Luk'yanova, O.V. Effektivnost' ispol'zovaniya biopreparata dlya bor'by s listostebelnymi boleznyami zernovykh kul'tur / O.V. Luk'yanova, A.S. Stupin, O.A. Antoshina, V.S. Konkina, N.V. Vavilova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. - Ryazan': RGATU, 2022. - Tom 14. - №2 - S. 57-64. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49168573>
14. Peresyarkin, V.F. Boleznizernovykhkul'turpriintensivnykh tekhnologiyakh ikhvozdelyvaniya/V.F.Peresyarkin, S. L. Tyuterev, T. S. Batalova. - M.: Agropromizdat, 1991. - 272 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30546701>
15. Sanin, S. S. Semenovodstvo ne dolzhno byt' faktorom riska / S. S. Sanin, A. V. Filippov // Zashchita i karantin rasteniy. - 2003. - №1. -S. 10-12. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17886727>
16. Diagnostika osnovnykh gribnykh bolezney khlebykh zlakov. Izd. 3-ye (ispravlennoye) /T.I. Ishkova, L.I. Berestetskaya, Ye.L. Gasich i [dr.]. - Sankt-Peterburg. 2008 - 76 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23812598>
17. Opredelitel' bolezney rasteniy / M.K. Khokhryakov, T.L. Dobrozrakova, K.M. Stepanov, M.F. Letova ; Pod. obshch. red. M.K. Khokhryakova. - 3. izd., ispr. - SPb. [i dr.] : Lan', 2003 (GUP IPK Ul'yan. Dom pečati). - 592 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19504960>
18. The efficiency of grain production industry in Ryazan region / N. N. Pashkang, A. B. Martynushkin, A. G. Krasnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 iyunya 2021 goda. - Ussurijsk, 2021. - P. 032091. - DOI 10.1

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Лукьянова Ольга Викторовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ovluk74@mail.ru

Ступин Александр Сергеевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, stupin32@yandex.ru

Антошина Ольга Алексеевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, olgaantoshina@bk.ru

Вавилова Наталья Владимировна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии общественного питания, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, nvavilova23@mail.ru

Author Information

Lukyanova Olga V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Breeding and



Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, ovluk74@mail.ru

Stupin Alexander S., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agronomy and Agrotechnologies, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, stupin32@yandex.ru*

Antoshina Olga A., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Breeding and Seed Production, Agrochemistry, Forestry and Ecology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostycheva, olgaantoshina@bk.ru*

Vavilova Natalya V., *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Catering Technology, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, nvavilova23@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





Вестник РГТУ, 2022, т.14, №3, с.39-45
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №3, pp 39-45

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.47.50.006

ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ ПЫЛЬЦЕВОЙ ОБНОЖКИ

Мария Андреевна Попкова¹, Наталья Валентиновна Будникова² ✉

^{1,2}Федеральный научный центр пчеловодства, Рязанская обл., г.Рыбное, Россия

¹*mariya.budnikova@mail.ru*

²*beenataliya7@mail.ru*

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований заключалась в изучении изменения микробиологической обсемененности пыльцевой обножки при ее высушивании и замораживании. Пыльцевая обножка является богатейшим источником витаминов, минеральных веществ, аминокислот, а также богата фенольными соединениями. Однако в свежесобранной пыльцевой обножке содержится более 15 % влаги, что может быть благоприятной средой для развития микроорганизмов. Употребление такого биологически активного продукта пчел может причинить вред здоровью, являясь причиной не только пищевых отравлений, но и ряда заболеваний.

Методология. Проведено определение содержания микробиологических показателей: общей микробной обсемененности, бактерий группы кишечной палочки, бактерий из рода стафилококков, бактерий рода *Salmonella*, *Shigella*, плесневых грибов, осмофильных дрожжей в пыльцевой обножке, заготовленной на пасеках Рязанской области и стабилизированной высушиванием и замораживанием. Определены также органолептические характеристики (внешний вид, аромат, вкус) и физико-химические: влажность и концентрация водородных ионов (pH). Определение органолептических и физико-химических показателей проведено в ФНЦ пчеловодства, микробиологических показателей – в Рязанской областной ветеринарной аккредитованной лаборатории.

Результаты. Результаты исследований показали присутствие в сырой свежесобранной и замороженной пыльцевой обножке бактерий группы КМАФАнМ, плесеней и дрожжей. Наличие этой микрофлоры в пыльце пчел указывает на проблемы, связанные с нарушением санитарно-гигиенических требований при сборе и транспортировке продукта.

Заключение. Пыльцевую обножку, высушенную в термостате с принудительной вентиляцией и под вакуумом, можно считать безопасным продуктом, так как содержание патогенных и условно-патогенных микроорганизмов соответствует требованиям Технического регламента «О безопасности пищевой продукции», а дрожжи и плесени отсутствуют. Это подтверждает пригодность изучаемого продукта для потребления человеком.

Ключевые слова: пыльцевая обножка, микробиологическая безопасность, стабилизация, международные требования

Для цитирования: Попкова М.А., Будникова Н.В. Оценка микробиологической обсемененности пыльцевой обножки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. С 39-45 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.50.006>

Original article

EVALUATION OF MICROBIOLOGICAL OBSEMINATION OF BEE POLLEN

Maria A. Popkova¹, Natalia V. Budnikova² ✉

^{1,2} Federal Scientific Center for Beekeeping, Ryazan region, Rybnoe, Russia

¹*mariya.budnikova@mail.ru*

²*beenataliya7@mail.ru*

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research was to study the change in the microbiological contamination of the bee pollen during its drying and freezing. Bee pollen is the richest source of vitamins, minerals, amino acids, and is also rich in phenolic compounds. However, more than 15% of moisture is contained in freshly



selected bee pollen, which can be a favorable environment for the development of microorganisms. The use of such a biologically active product of bees can be harmful to health, causing not only food poisoning, but also a number of diseases.

Methods. The content of microbiological indicators was studied: total microbial contamination, bacteria of the *Escherichia coli* group, bacteria from the genus *Staphylococcus*, bacteria of the genus *Salmonella*, *Shigella* mold fungi, osmophilic yeast, bacteria from the genus *Staphylococcus*, in bee pollen harvested in apiaries of the Ryazan region and stabilized by drying and freezing. Also, organoleptic characteristics (appearance, aroma, taste) and physico-chemical characteristics were carried out: determination of humidity and concentration of hydrogen ions (pH). The determination of organoleptic and physico-chemical indicators was carried out at the Federal Scientific Center for Beekeeping, microbiological indicators - at the Ryazan Regional Veterinary Accredited Laboratory.

Results. The results of the research showed the presence of QMAFAnM group bacteria, molds and yeasts in raw freshly harvested and frozen bee pollen. The presence of this microflora in bee pollen indicates problems associated with violation of sanitary and hygienic requirements during the collection and transportation of the product.

Conclusion. Bee pollen dried in a thermostat with forced ventilation and under vacuum can be considered a safe product, since the level of presence of pathogenic and opportunistic microorganisms meets the requirements of the Technical Regulation "On Food Safety", and there are no yeasts and molds. This confirms the suitability of the studied product for human consumption.

Key words: bee pollen, microbiological safety, stabilization, international requirements

For citation: Popkova M.A., Budnikova N.V. Evaluation of microbiological obsemination of bee pollen // Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.3. With 39- 45 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2022.47.50.006](https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.47.50.006)

Введение

Россия, благодаря своему расположению в зоне умеренного климата, является идеальным местом, где произрастают разнообразные нектаровыделительные и пыльценосные растения.

Продукты пчеловодства используются как диетические и лечебные средства, а также находят применение в различных отраслях промышленности. Поэтому здоровью пчёл и ветеринарно-санитарной экспертизе их продуктов в нашей стране уделяется особое внимание [1]. Существует мнение, что продукты пчел безопасны и в них не могут присутствовать опасные микроорганизмы, дрожжи и плесени, однако токсичные вещества, вырабатываемые некоторыми видами плесневых грибов, попадают в продукты пчел через различные растения, а также из воздуха и воды [2]. Исследованиями некоторых ученых подтверждено присутствие в продуктах пчел патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, что указывает на проблемы, связанные со сбором, транспортировкой и хранением продукта [3].

Пыльцевая обножка – один из важных биологически активных продуктов пчеловодства. В растениях пыльца образуется в пыльниках цветков в виде микроскопических пыльцевых зерен. Размер и форма пыльцевых зерен очень разнообразны и для каждого вида растений индивидуальны. Под влиянием различных климатических и почвенных условий форма пыльцевых зерен может изменяться. Пыльца растений в ходе эволюции приобрела роль кормовой приманки для насекомых. Питаясь пыльцевыми зёрнами цветков, пчелы и другие насекомые одновременно опыляют растения [4].

Для пчел пыльца служит единственным естественным источником белка. При помощи ротовых органов, волосков, покрывающих тело пчел, и щеточек на первых члениках задних конечностей пчелы собирают пыльцу с растений. Покрывая каждое зерно агглютинирующими веществами, обладающими стабилизирующими свойствами, и

нектаром, пчелы осуществляют влажную грануляцию цветочной пыльцы, формируя пыльцевую обножку. Так пыльца растений превращается в пыльцевую обножку [5], которая содержит большой набор биологически активных соединений: каротиноиды, витамины, жирные ненасыщенные кислоты, белковые соединения, минеральные элементы, флавоноиды и фенольные вещества и обладает высокой пищевой ценностью [5-7].

Комплекс этих активных соединений помогает организму бороться с различными заболеваниями, способствуя укреплению иммунитета [8]. По количеству таких важных соединений, как незаменимые аминокислоты, пыльцевую обножку можно отнести к «функциональным продуктам питания» [2].

Фактором, определяющим высокий спрос на этот продукт, является его высокая пищевая и биологическая ценность, обеспечивающая восстановление и нормализацию деятельности физиологических систем всего организма [10,11]. Применение пыльцевую обножку в качестве сырья для производства биологически активных добавок к пище [2], в нашей стране заготавливают ее около 40 т. [12].

Качество и безопасность всех пищевых продуктов должны соответствовать требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации. Микробиологические риски, связанные с качеством пищевых продуктов, представляет собой одну из наиболее важных биологических угроз на современном этапе [15]. Употребление пыльцевой обножки, не отвечающей требованиям ее микробиологической безопасности, в качестве биологически активной добавки может быть причиной пищевых отравлений и даже заболеваний желудочно-кишечного тракта [17]. Плесневые грибы (*Penicillium verrucosum*, *Aspergillus niger*, *A. carbonarius*, *A. ochraceus*, *A. Parasiticum* и *Alternariaspp*) могут вызывать образование токсинов в пыльцевой обножке [13], а также стать причиной возникновения аллергиче-



ской реакции, спровоцировать приступы астмы и вызвать ослабление иммунной системы. В данном случае наиболее опасным патогеном являются аэробно плесневые грибы рода *Aspergillus* [14]. Поэтому требования к микробиологической чистоте пыльцевой обножки должны быть очень высокими и отвечать требованиям международных стандартов.

При хранении в пыльцевой обножке происходят биохимические процессы, влияющие на снижение её биологической ценности, особенно это заметно в свежей пыльцевой обножке с большим содержанием влаги. Свежесобранная пыльцевая обножка имеющая влажность более 15 %, что в значительной степени может служить благоприятной средой для роста и развития гнилостных микроорганизмов, плесеней и дрожжей [16]. Поэтому содержание влаги и микробиологическая безопасность должны быть ключевыми параметрами в контроле качества пыльцы, собранной пчелами [17].

Для борьбы с микроорганизмами необходимо строго соблюдать правила гигиены, ежедневно собирать пыльцу, снижать ее влажность, или замораживать ее для дальнейшего хранения [18].

Качество пчелиной обножки регламентировано стандартом ГОСТ 28887-2019, в котором необходимым условием является подтверждение ее качества и по микробиологическим показателям. Ветеринарно-санитарные требования в Российской Федерации относительно пыльцевой обножки установлены в Техническом Регламенте Таможенного союза 021/2011 [19] и в решении Комиссии Таможенного Союза «О применении ветеринарно-санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» [20].

Показатели микробиологической безопасности согласно Техническому регламенту таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» для пыльцевой обножки включают: общую бактериальную обсемененность (количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАМ), которое не должно быть более 1×10^4 КОЕ/г в 10 г продукта).

Не допускается присутствие патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, плесени и дрожжей должно быть менее 100 КОЕ/г; бактерий группы *Bacillus cereus* – не более 200 КОЕ/г. В 0,1 г пыльцевой обножки, согласно Техническому регламенту, на допускается присутствие бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Под запретом

бактерии *E. coli* и бактерии *Staphylococcus aureus*, их присутствие в 1 г пыльцы недопустимо [19]. Таким образом, очень важно контролировать содержание микроорганизмов, чтобы гарантировать пригодность пыльцы для потребления человеком. Изучению наличия патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в пыльцевой обножке при ее стабилизации высушиванием и замораживанием и посвящена данная работа.

Методология и методы исследования

В исследование были включены образцы полифлорной пыльцевой обножки, полученной в июне на пасеках Рязанской области (экспериментальных пасек «ФНЦ пчеловодства», и с частных пасек рязанских пчеловодов).

Проведено изучение изменения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАМ), *E. coli*, *S. Aureus*, БГ КП, патогенных и в том числе сальмонелл в свежесобранной сырой, замороженной в течение суток при температуре -18°C , и высушенной пыльцы в термостате с принудительной вентиляцией и в вакуумном шкафу (процесс сушки при постоянном вакууме, 0,09 МПа) при температуре $+36^\circ \text{C}$. Таким образом, образцы пыльцевой обножки были стабилизированы: замораживанием и высушиванием в термостате и под вакуумом.

Определение микробиологических показателей проведено в Рязанской областной ветеринарной лаборатории, физико-химических показателей – согласно методам испытаний, установленным действующими стандартами в соответствии с ГОСТ 28887-2019. С помощью программного приложения Microsoft Excel была проведена обработка полученных результатов исследования.

Результаты

По органолептическим показателям исследуемые образцы сырой пыльцевой обножки представляет собой зернистую массу со специфичным медово-цветочным ароматом. Цвет исследуемой полифлорной обножки – от желтого до светло-коричневого, с небольшой долей зерен фиолетового цвета. После высушивания пыльцы органолептические характеристики остались прежними.

Содержание влаги – важный показатель качества пыльцевой обножки, влияющий на ее микробиологическую безопасность. Согласно межгосударственному стандарту на пыльцевую обножку влажность сырой пыльцевой обножки должна составлять не более 21 %, высушенной пыльцы – от 8,0 % до 10,0 %.

Таблица 1 – Влияние методов стабилизации на физико-химические показатели пыльцевой обножки

Пыльцевая обножка	Влажность, %	pH
свежеотобранная	19,61±1,103	4,730±0,0188
замороженная при $t=-18^\circ \text{C}$	19,55 ±1,435	4,732±0,0181
высушенная при $t=36^\circ \text{C}$ под вакуумом	8,21 ±0,745	4,725±0,0190
высушенная при $t=36^\circ \text{C}$ в термостате	9,93 ±0,504	4,596±0,0416

Содержание влаги во всех анализируемых образцах полифлорной пчелиной пыльцы соответствует нормативу для данного продукта. Установлено, что в пыльцевой обножке, высушенной под вакуумом, содержание влаги снизилось на 58,1 % и составило 8,21 %, высушенной в термостате с вентиляцией снизилось на 49,4 % и составило 9,93 %. Самое высокое содержание влаги было в замороженной и свежей пыльцевой обножке.

Количество водородных ионов (pH) – еще один показатель качества пчелиной пыльцы. Слишком низкий pH (ниже 4,0) может способствовать развитию активности неблагоприятных микроорганизмов в пыльцевой обножке. Согласно требованиям стандарта на данный продукт водородный показатель (pH) водного раствора сырой пыльцевой обножки – не менее 5,0 ед pH, высушенной пыльцы – не менее 4,0.

При высушивании пыльцы, значения pH изменились незначительно в сторону закисления: у пыльцевой обножки, стабилизированной сушилкой с применением вакуума – на 0,1 %, высушенной в термостате – на 2,8 %. Средние значения

pH анализируемой сухой полифлорной пчелиной пыльцы составили от 4,594 до 4,728, а нативной (сырой) пчелиной пыльцы – от 4,730 до 4,732. Водородный показатель сырой пыльцы не отвечал требованиям стандарта на данный продукт.

Большое влияние на санитарно-гигиеническое состояние пыльцевой обножки оказывает при получении данного продукта четкое соблюдение всех установленных правил транспортировки и хранения. Микробиологическим анализом установлено, что содержание плесеней в образцах свежесобранной пыльцевой обножки составляет 345 КОЕ/г, при требованиях качества и безопасности данного продукта – не более 100 КОЕ/г. После сушки в термостате нативной пыльцевой обножки эти значения снижены до нормы и составили 95 КОЕ/г, и 70 КОЕ/г после сушки в вакуумном шкафу (рис.1). Замораживание сырой пыльцевой обножки не дало значительного снижения плесеней, в данном случае снижение плесеней составило 18,8 % от исходного образца (свежесобранной) пыльцевой обножки.

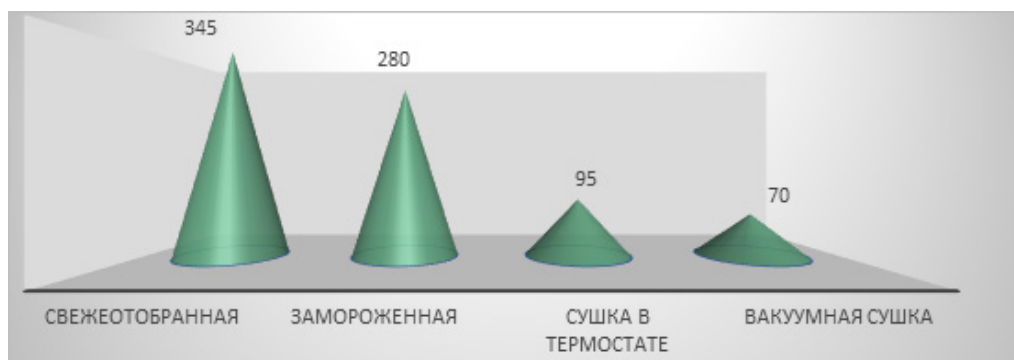


Рис. 1 – Обсемененность пыльцевой обножки плесневыми грибами, КОЕ/г

Свежесобранная пыльцевая обножка медоносных пчел имела самую большую обсемененность бактериями группы КМАФАнМ – 8300 КОЕ/г, при норме 10000 КОЕ/г [19]. После сушки в вакуумном шкафу обсемененность мезофильными аэробными и факультативно-анаэробными микроорганиз-

мами снизилась в среднем на 25,3 % и составила 6200 КОЕ/г, после сушки в термостате с приточной вентиляцией обсемененность данными микроорганизмами также снизилась, но в меньшей степени, в среднем на 12,6 % и составила 7250 КОЕ/г (рис.2).



Рис. 2 – Обсемененность пыльцевой обножки бактериями группы КМАФАнМ, КОЕ/г

Во всех исследованных нами образцах пыльцевой обножки не обнаружены стафилококки и патогенные бактерии рода *Salmonella*, бактерии

группы кишечных палочек, что соответствует требованиям, установленным в ТР ТС 021/2011 [19] и гарантирует качество пыльцевой обножки и



исключение порчи продукта при стабилизации и дальнейшем хранении.

Заключение

На основании анализа микрофлоры пыльцевой обножки медоносных пчел подтверждено присутствие в нативном продукте пчел бактерий группы КМАФАнМ, плесеней и дрожжей, что указывает на проблемы, связанные со сбором и транспортировкой продукта, а также нарушением санитарно-гигиенических требований. Снижение уровня микрофлоры пыльцевой обножки отмечено при ее высушивании в термостате и под вакуумом и соответствуют требованиям Технического регламента таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Это подтверждает пригодность изучаемого продукта для потребления человеком.

Замораживание сырой пчелиной пыльцы не отвечает требованиям безопасности по этому показателю и указывает на то, что при транспортировке и хранении качество такого продукта может быть еще ниже.

Список источников

- Бутко, М. П. Требования по обеспечению безопасности и ветеринарно-санитарная экспертиза мёда пчелиного / М. П. Бутко, А. С. Герасимов, Т. Ф. Посконная и др. – М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2019. – 562 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Бутко%2C%20М.%20П.%20Требования%20по%20обеспечению%20безопасности%20и%20ветеринарно-санитарная%20экспертиза%20мёда%20пчелиного>
- Чекрыга, Г. П. Факторы формирования микобиоты пыльцевой обножки медоносных пчел: Дисс. канд. биол. наук: 03.00.16. – Красноярск, 2006. – 202 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/factory-formirovaniya-mikobioty-pyltsevoi-obnozhki-medonosnykh-pchel>
- Куш, И. В. Микробиологическая безопасность меда / И. В. Куш, Н. Э. Ваннер, Д. И. Удавлев и др. // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – № 1(3). – С. 106-117. URL: <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i3.s267>
- Половецкая, О. С. Исследование состава и некоторых химических свойств пчелиной обножки суворовского района Тульской области / О. С. Половецкая, М. Д. Половецкий, М. М. Веселова // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2015. – № 1. – С. 129-135. URL: https://journal-nutrition.ru/pdf/2015/2015_01.pdf
- Mărgăoan, R. Bee Collected Pollen and Bee Bread: Bioactive Constituents and Health Benefits / R. Mărgăoan, M. Stranț, A. Varadi et al. // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8(12): 568. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox8120568>
- Denisow, B. Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review / B. Denisow, M. Denisow-Pietrzyk // J. Sci. Food Agric. – 2016. – Vol. 96. – P. 4303–4309. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>
- Kalaycıoğlu, Z. Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities / Z. Kalaycıoğlu, H. Kaygusuz, S. Döker et al. // J. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie. – 2017. – Vol. 84. – P. 402-408. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.003>
- Bobiş, O. Quality Parameters and Nutritional Value of Different Commercial Bee Products / O. Bobiş, I. A. Mărghitaş, D. Dezmirean et al. // Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca. Anim. Sci. Biotechnol. – 2010. – Vol. 67. – P.1–2. URL: <http://dx.doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:67:1-2:5254>
- Туников, Г. М. Пчела и человек 2-е изд. / Г. М. Туников, В. И. Лебедев, Н. И. Кривцов. – М.: Изд Юрайт, 2020. – 173 с. URL: <https://urait.ru/book/pchela-i-chelovek-456629>
- Асафова, Н. Н. Физиологически активные продукты пчелиной семьи / Н. Н. Асафова, Б. Н. Орлов, Р. Б. Козин. – Н.Н., 2001. – 368 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Асафова%20Н.Н.%20Физиологически%20активные%20продукты%20пчелиной%20семьи>
- Вахонина, Т. В. Пчелиная аптека 3-е изд. / Т. В. Вахонина. – Рыбное, 2002. – 240 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001720784>
- Кочерга, О. И. Экономические основы развития регионального рынка пчелопродуктов (На материалах Новосибирской области): Дисс. канд. экон. наук: 08.00.05. – Краснообск, 2005. – 170 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002743489>
- Bruneau, E. Key Messages on Bee Products / E. Bruneau // In Proceedings of the Conference Presentation at 7th Apimedita 6th Apimedita International Symposium. – Sibiu, Romania, 2018.
- Liu, Q. Gene disruption of honey bee trypanosomatid parasite, *Lotmaria passim*, by CRISPR/Cas9 system / Q. Liu, J. Lei, T. Kadowaki, et al. // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2019. – Vol. 9(126). – P.1-12. URL: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00126>
- Дудчик, Н. В. Оценка микробиологических показателей пищевой продукции на основе современных требований системы анализа рисков / Н. В. Дудчик. – URL: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:60_FaxSrg6sJ:rspch.by/node/415+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru
- Ракитянская, С. В. Условия хранения и качество пыльцы / С. В. Ракитянская, И. А. Еремина, М. А. Субботина // Пчеловодство. – 2000. – № 5. – С.54-55. URL: <https://www.dissercat.com/content/factory-formirovaniya-mikobioty-pyltsevoi-obnozhki-medonosnykh-pchel>
- Luo, X. Processing Technologies for Bee Products: An Overview of Recent Developments and Perspectives / X. Luo, X. Zhang, H. Ma // Front. Nutr. – 2021. – Vol. 8: 727181. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.727181>
- Straumite, E. Physical and Microbiological Characteristics and Antioxidant Activity of Honey Bee Pollen / E. Straumite, M. Bartule, A. Valdovska et al. // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12(6): 3039. URL: <https://doi.org/10.3390/app12063039>
- TP TC 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный Решением № 880 от 09.12.2011 г. Комиссии Таможенного Союза Евразийского экономического сообщества. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>
- Решение Комиссии таможенного союза



от 18.06.2010 № 317 «Единые ветеринарные (ветеринарно-санитарные) требования, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарно-му контролю (надзору)». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902224701>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Butko, M. P. Trebovaniya po obespecheniyu bezopasnosti i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myoda pchelino / M. P. Butko, A. S. Gerasimov, T. F. Poskonnaya i dr. – M.: Izdatel'skiy dom «Nauchnaya biblioteka», 2019. – 562 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Butko%2C%20M.%20P.%20Trebovaniya%20po%20obespecheniyu%20bezopasnosti%20i%20veterinarno-sanitarnaya%20ekspertiza%20myoda%20pchelino>
2. CHEkryga, G. P. Faktory formirovaniya mikobioty pyl'cevoj obnozhki medonosnykh pchel: Diss. kand. biol. nauk: 03.00.16. – Krasnoyarsk, 2006. – 202 s. URL: <https://www.dissercat.com/content/factory-formirovaniya-mikobioty-pyltsevoi-obnozhki-medonosnykh-pchel>
3. Kushch, I. V. Mikrobiologicheskaya bezopasnost' meda / I. V. Kushch, N. E. Vanner, D. I. Udavliev i dr. // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – № 1(3). – S.106-117. URL: <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i3.s267>
4. Poloveckaya, O. S. Issledovanie sostava i nekotorykh himicheskikh svoystv pchelinoj obnozhki suvorovskogo rajona Tul'skoj oblasti / O. S. Poloveckaya, M. D. Poloveckij, M. M. Veselova // Racional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory. – 2015. – № 1. – S. 129-135. URL: https://s.journal-nutrition.ru/pdf/2015/2015_01.pdf
5. Mărgăoan, R. Bee Collected Pollen and Bee Bread: Bioactive Constituents and Health Benefits / R. Mărgăoan, M. Stranț, A. Varadi et al. // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8(12): 568. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox8120568>
6. Denisow, B. Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review / B. Denisow, M. Denisow-Pietrzyk // J. Sci. Food Agric. – 2016. – Vol. 96. – P. 4303–4309. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>
7. Kalaycıoğlu, Z. Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities / Z. Kalaycıoğlu, H. Kaygusuz, S. Döker et al. // J. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie. – 2017. – Vol. 84. – P. 402-408. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.003>
8. Bobiș, O. Quality Parameters and Nutritional Value of Different Commercial Bee Products / O. Bobiș, I. A. Mărgăoan, D. Dezmirean et al. // Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca. Anim. Sci. Biotechnol. – 2010. – Vol. 67. – P.1–2. URL: <http://dx.doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:67:1-2:5254>
9. Tunikov, G. M. Pchela i chelovek 2-e izd. / G. M. Tunikov, V. I. Lebedev, N. I. Krivcov. – M.: Izd YUrajt, 2020. – 173 s. URL: <https://urait.ru/book/pchela-i-chelovek-456629>
10. Asafova, N. N. Fiziologicheski aktivnye produkty pchelinoj sem'i / N. N. Asafova, B. N. Orlov, R. B. Kozin. – N.N., 2001. – 368 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Asafova%20N.N.%20Fiziologicheski%20aktivnye%20produkty%20pchelinoj%20sem'i>
11. Vahonina, T. V. Pchelinaya apteka 3-e izd. / T. V. Vahonina. – Rybnoe, 2002. – 240 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001720784>
12. Kocherga, O. I. Ekonomicheskie osnovy razvitiya regional'nogo rynka pcheloproductov (Na materialah Novosibirskoj oblasti): Diss. kand. ekon. nauk: 08.00.05. – Krasnoobsk, 2005. – 170 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002743489>
13. Bruneau, E. Key Messages on Bee Products / E. Bruneau // In Proceedings of the Conference Presentation at 7th Apimedita 6th Apiquality International Symposium. – Sibiu, Romania, 2018.
14. Liu, Q. Gene disruption of honey bee trypanosomatid parasite, *Lotmaria passim*, by CRISPR/Cas9 system / Q. Liu, J. Lei, T. Kadowaki, et al. // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2019. – Vol. 9(126). – P.1-12. URL: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00126>
15. Dudchik, N. V. Ocenka mikrobiologicheskikh pokazatelej pishchevoj produkcii na osnove sovremennykh trebovanij sistemy analiza riskov / N. V. Dudchik. – URL: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:60_FaxSrg6sJ:rspch.by/node/415+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru
16. Rakityanskaya, S. V. Usloviya hraneniya i kachestvo pyl'cy / S. V. Rakityanskaya, I. A. Eremina, M. A. Subbotina // Pchelovodstvo. – 2000. – № 5. – S.54-55. URL: <https://www.dissercat.com/content/factory-formirovaniya-mikobioty-pyltsevoi-obnozhki-medonosnykh-pchel>
17. Luo, X. Processing Technologies for Bee Products: An Overview of Recent Developments and Perspectives / X. Luo, X. Zhang, H. Ma // Front. Nutr. – 2021. – Vol. 8: 727181. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.727181>
18. Straumite, E. Physical and Microbiological Characteristics and Antioxidant Activity of Honey Bee Pollen / E. Straumite, M. Bartule, A. Valdovska et al. // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12(6): 3039. URL: <https://doi.org/10.3390/app12063039>
19. TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoj produkcii», utverzhdenyj Resheniem № 880 ot



09.12.2011 g. Komissii Tamozhennogo Soyuza Evrazijskogo ekonomicheskogo soobshchestva. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

20. Reshenie Komissii tamozhennogo soyuza ot 18.06.2010 № 317 «Edinye veterinarnye (veterinarno-sanitarnye) trebovaniya, pred'yavlyаемые k tovaram, podlezhashchim veterinarnomu kontrolyu (nadzoru)». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902224701>

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

Попкова Мария Андреевна, мл. научный сотрудник отдела химико-биологических исследований продуктов пчеловодства ФНЦ пчеловодства, mariya.budnikova@mail.ru

Будникова Наталья Валентиновна, канд. с.-х. наук, вед. научный сотрудник отдела химико-биологических исследований продуктов пчеловодства ФНЦ пчеловодства, beenataliya7@mail.ru

Author information

Popkova Maria A., junior researcher, department of chemical and biological research of beekeeping products, Federal Beekeeping Research Centre, mariya.budnikova@mail.ru

Budnikova Natalia V., candidate of agricultural sciences, leading researcher, Federal Beekeeping Research Centre, beenataliya7@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.4
DOI 10.36508/RSATU.2022.39.62.007

**АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАСЧЕТЕ
КОЭФФИЦИЕНТА СТЬЮДЕНТА**

Ирина Игоревна Садовая¹, Ольга Алексеевна Захарова²✉

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

¹ sadovayai@mail.ru

² ol-zahar.ru@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования является проведение анализа достоверных различий агрохимических показателей при помощи квантилей распределения Стьюдента, полученных при постановке экспериментов в полевых условиях, и подбор минимального объема выборки.

Методология. Для достижения цели и ответа на поставленные вопросы были проведены экспериментальные исследования в полевых условиях для изучения влияния органического удобрения на основе отходов животноводства, установления оптимальных доз под овес и озимую рожь в двух звеньях севооборотов. Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный мощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Методы исследований общепринятые. Результаты экспериментов обрабатывались на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. Результаты агрохимических исследований показали высокую эффективность органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га+фон под овес и дозой 15 т/га+фон под озимую рожь в севообороте. Достоверно повысилось содержание N, P₂O₅, K₂O, усилилась микробиологическая активность почвы. Однако в первый год внесения органического удобрения на основе отходов животноводства под овес существенных изменений в содержании гумуса не оказалось, а после внесения органического удобрения на основе отходов животноводства под озимую рожь содержание гумуса увеличилось на 0,2-0,4 %. Статистическая обработка результатов установила существенное влияние исследуемого фактора, подтвержденное оптимальными значениями квантилей распределения Стьюдента. Был подобран путем моделирования минимальный объем выборки, при котором выполнялось условие $\alpha < 0,05$.

Заключение. В результате исследования было установлено, что внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га+фон под овес и дозой 15 т/га+фон под озимую рожь в севообороте оказывает существенное влияние на агрохимические свойства почвы.

Ключевые слова: агрохимия, органическое удобрение, почва, квантили распределения Стьюдента, объем выборки, достоверность

Для цитирования: Садовая И.И., Захарова О.А. Анализ достоверных различий агрохимических показателей при расчете коэффициента Стьюдента // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т 14, №3, С 46 -57 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.39.62.007>

Original article

**ANALYSIS OF SIGNIFICANT DIFFERENCES IN AGROCHEMICAL PARAMETERS USING
STUDENT'S DISTRIBUTION QUANTILES**

Irina I. Sadovaya¹, Olga A. Zakharova²✉

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

¹sadovayai@mail.ru

²ol-zahar.ru@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study was to analyze significant differences in agrochemical parameters using Student's distribution quantiles obtained when setting up experiments in the field, and to



select the minimum sample size.

Methodology. To achieve the purpose of the study and answer the research questions, experimental field studies were conducted to study the effect of the livestock-based organic fertilizer and to establish optimal doses for oats and winter rye in two crop rotation links. The soil was a leached low-humus powerful light clay chernozem on forest-like heavy loams. Research methods were generally accepted. The results of the experiments were processed using computer program Statistika 10.

Results. The results of agrochemical studies showed the high efficiency of the effect of the livestock-based organic fertilizer at a dose of 10 t/ha + background for oats and a dose of 15 t/ha + background for winter rye in crop rotation. The content of N, P_2O_5 , K_2O significantly increased, and the microbiological activity of the soil also increased. However, in the first year of applying the livestock-based organic fertilizer for oats, there were no significant changes in the humus content, and after applying it for winter rye, the humus content increased by 0.2-0.4%. Statistical processing of the results established a significant influence of the studied factor, confirmed by the optimal values of Student's distribution quantiles. The minimum sample size was selected by modeling, under which the condition $\alpha < 0.05$ was fulfilled.

Conclusion. As a result of the study, it was found that the introduction of the livestock-based organic fertilizer at a dose of 10 t/ha + background for oats and a dose of 15 t/ha + background for winter rye in crop rotation had a significant impact on the agrochemical properties of the soil.

Keywords: agrochemistry, livestock-based organic fertilizer, soil, Student's distribution quantiles, sample size.

For citation: Sadovaya I.I., Zakharova O.A. Analysis of significant differences in agrochemical parameters using student's distribution quantiles. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol 14, No3, P.46-57 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.39.62.007>

Введение

На современном этапе большое значение в агрохимических исследованиях имеет задача сохранения и воспроизводства почвенного плодородия [1]. Директор ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, академик РАН В. Сычев отмечал, что «... сейчас у нас отрицательный баланс элементов питания в почве... На данный момент в мире производится более 180 миллионов тонн – это в действующем веществе – удобрений, из которых более 18 миллионов тонн производится в России... Большая часть удобрений в настоящее время экспортируется, только порядка 2-2,5 миллиона используется на российских землях. Это недостаточно. В основном обеднение почв – это снижение урожайности именно культурных растений» [2, 3]. Но и с внесением навоза есть проблема. Разработка и внесение в почву нового органического удобрения на основе отходов животноводства позволит сохранить почвенное плодородие и улучшить агрохимический состав почвы.

Цель исследований – проведение анализа при помощи коэффициента Стьюдента достоверных различий агрохимических показателей почвы, полученных при постановке экспериментов в полевых условиях.

При проверке достоверных различий агрохимических показателей, полученных в результате проведения экспериментальных исследований, одним из статистических показателей для определения статистической значимости различий средних величин являются квантили распределения Стьюдента (коэффициенты Стьюдента). t-критерий был разработан Уильямом Госсетом (1876-1937) [4]. Fn есть функция распределения Стьюдента $t(n)$ с n степенями свободы, и $\alpha \in (0,1)$. Тогда α -квантилью этого распределения называют число $t_{\alpha, n}$ такое, что

$$Fn(t_{\alpha, n}) = 1 - \alpha$$

Для использования в обработке результатов исследований коэффициента Стьюдента исход-

ные данные должны иметь нормальное распределение [5, 6, 7]. Но при проведении экспериментов в полевых условиях при сравнительно небольших объемах выборок невозможно проверить гипотезу о нормальности [8]. В связи с вышеизложенным анализ при помощи коэффициента Стьюдента достоверных различий агрохимических показателей, полученных при постановке экспериментов в полевых условиях, является актуальной задачей.

Объекты и методы исследований

Для достижения цели и ответа на поставленные вопросы были проведены экспериментальные исследования в полевых условиях ООО «ЛАГ Сервис-Агро» Захаровского района Рязанской области для изучения влияния органического удобрения на основе отходов животноводства, установления оптимальных доз под овес и озимую рожь в двух звеньях севооборотов с предшественниками кукурузой и вико-овсяной смесью соответственно.



Рис. 1 – Внесение органического удобрения на основе отходов животноводства в почву на делянках полевого опыта, осень 2021 г.

(Application of organic fertilizer based on animal waste into the soil on experimental plots, autumn 2021)

(Получено два положительных решения на заявки на изобретения №№ регистрации 2021136608



и 2021136640. Авторы: И.И. Садовая, О.А. Захарова, О.В. Черкасов, Ф.А. Мусаев, М.И. Голубенко, Д.Е. Кучер, Ю.В. Ломова, Е.Р. Коняев). Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный мощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Методы исследований общепринятые. Агротехника зональная. Результаты экспериментов обрабатывались компьютерной программой Statistika 10 [9]. Для применения t-критерия Стьюдента необходимо, чтобы исходные данные имели нормальное распределение. Робастный метод направлен на выявление факторов, снижение их влияния или исключение их из выборки [10, 11].

Научная новизна заключается в демонстрации возможного моделирования агрохимических процессов, происходящих в почве при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства и анализе достоверных различий агрохимических показателей при помощи коэффициентов Стьюдента и степеней свободы.

Результаты исследований

Исходное плодородие почвы низкое: группировка по содержанию подвижного фосфора, обменного калия – очень низкая; по степени гумусированности почва имела градацию: с содержанием менее минимального, что связано с частичной утратой компоненты гумуса в результате эрозионного выноса почвенных частиц и др. По кислотности почва относилась к группировке слабокислых [2, 12]. Пространственная вариация исходных свойств чернозема выщелоченного находится в узком диапазоне [13]. При внесении органического удобрения на основе отходов животноводства разница по содержанию основных питательных элементов была существенной: по азоту – до 24, подвижному фосфору – до 19, обменному калию – до 36 %. Высокая вариация отмечается по емкости катионного обмена и обменным основаниям. Иная картина складывается по гумусу, содержание которого, как известно, растет медленно по сравнению с другими показателями.

Результаты агрохимических исследований по-

казали высокую эффективность органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10т/га+фон под овес и дозой 15 т/га+фон под озимую рожь в севообороте. Внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10т/га+фон под овес и дозой 15 т/га+фон под озимую рожь в севообороте достоверно максимально повысило содержание N, P₂O₅, K₂O.

Авторами проведена проверка 8-ю вариантами мелкоделаяночного полевого опыта при возделывании овса и озимой ржи в звеньях севооборотов: на контроле (вариант 1), фон (вариант 2), конский навоз+фон (вариант 3), конский навоз (вариант 4), при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства разными дозами (варианты 5-8). Фактические коэффициенты Стьюдента t(05) и степени свободы представлены в таблицах 1 и 2.

Так, при возделывании овса существенное влияние (p<0,05) установлено на всех вариантах по содержанию N, P₂O₅, K₂O, емкости катионного обмена, обменным основаниям S (кроме варианта 2, где существенных различий не выявлено при p>0,05).

При возделывании озимой ржи существенное влияние (p<0,05) установлено на всех вариантах по содержанию P₂O₅, K₂O, емкости катионного обмена. Достоверных различий по обменным основаниям S и по содержанию N не выявлено только на варианте 2 (p>0,05). Минерализации подвергаются и гумусовые вещества, но значительно медленнее, что обеспечило стабильность минерального азотного и фосфорного питания биоты почвы [3, 14, 15], поэтому достоверных различий на вариантах опыта при возделывании овса в севообороте не установлено (p>0,05), а при возделывании озимой ржи в севообороте на вариантах 4, 6, 7, 8 обнаружено существенное влияние органического удобрения на основе отходов животноводства на содержание гумуса (при p<0,05).

Таблица 1 – Расчетные значения коэффициента Стьюдента t(05), овес

Пара вариантов	азот	фосфор	калий	гумус	ЕКО	S
вариант 1 vs. вариант 3	5,5056	3,43754	19,1584	существенного влияния в первый год внесения не обнаружено	3,31662	3,8891
вариант 1 vs. вариант 4	15,6205	5,05997	10,3788		2,45677	6,2610
вариант 1 vs. вариант 5	15,4294	5,66788	17,4246		6,93476	4,8281
вариант 1 vs. вариант 6	19,3883	5,44689	17,2858		4,70679	5,9696
вариант 1 vs. вариант 7	16,6225	4,90258	27,9078		8,85438	10,6066
вариант 1 vs. вариант 8	18,9415	4,70190	30,0820		7,21605	7,7506



Продолжение таблицы 1

вариант 2 vs. вариант 3	3,6244	2,13924	13,0249	существенног влияния в первый год внесения не обнаружено	0,60302	0,5180
вариант 2 vs. вариант 4	12,0458	4,35401	8,6444		0,75593	0,3780
вариант 2 vs. вариант 5	12,1225	5,09960	13,7500		4,22116	0,1841
вариант 2 vs. вариант 6	13,8635	4,85344	13,0795		2,94174	0,2782
вариант 2 vs. вариант 7	12,7391	4,03543	17,8359		6,00833	0,3767
вариант 2 vs. вариант 8	13,8610	-	18,1401		4,81070	0,3274

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициента Стьюдента $t(05)$, озимая рожь

Пара вариантов	азот	фосфор	калий	гумус	ЕКО	S
вариант 1 vs. вариант 3	0,5976	3,59292	9,7185	2,13201	6,1421	0,93541
вариант 1 vs. вариант 4	11,9489	6,35236	7,4705	2,35339	3,4117	1,18322
вариант 1 vs. вариант 5	13,8628	6,87615	11,2119	0,45883	11,3693	6,32456
вариант 1 vs. вариант 6	14,3502	6,77409	10,3768	2,65165	6,0193	3,13786
вариант 1 vs. вариант 7	13,4515	5,18557	12,9028	2,50217	15,0503	5,42720
вариант 1 vs. вариант 8	13,8595	4,64305	12,8367	2,13201	12,6762	4,27618
вариант 2 vs. вариант 3	1,5600	3,39083	9,1580	3,67423	6,1823	0,40089
вариант 2 vs. вариант 4	2,4166	6,46945	7,1172	3,47851	3,2573	0,50709
вариант 2 vs. вариант 5	2,8098	6,94136	10,7268	0,49588	11,8454	5,05964
вариант 2 vs. вариант 6	2,5541	6,88582	9,8703	3,50000	5,9120	2,35339
вариант 2 vs. вариант 7	2,7131	5,05168	12,2500	4,15761	16,1122	4,22116
вариант 2 vs. вариант 8	2,5898	4,49643	12,1635	3,67423	13,2612	3,20713

Ниже приводятся проверки различий между вариантами на овсе по степени свободы (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Проверка различий между вариантами по химическим веществам

Пара вариан- тов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклоне- ние 1	Ст. отклонение 2
азот, мг/100 г почвы					
вариант 1 vs. вариант 2	5,3	5,6	0,276087	0,200000	0,360555



Продолжение таблицы 3

вариант 1 vs. вариант 3	5,3	6,7	0,005309	0,200000	0,404145
вариант 1 vs. вариант 4	5,3	9,4	0,000098	0,200000	0,404145
вариант 1 vs. вариант 5	5,3	9,5	0,000103	0,200000	0,431084
вариант 1 vs. вариант 6	5,3	9,4	0,000042	0,200000	0,304357
вариант 1 vs. вариант 7	5,3	9,5	0,000077	0,200000	0,390043
вариант 1 vs. вариант 8	5,3	9,5	0,000046	0,200000	0,327872
вариант 2 vs. вариант 2	5,6	5,6	1,000000	0,360555	0,360555
вариант 2 vs. вариант 3	5,6	6,7	0,022270	0,360555	0,404145
вариант 2 vs. вариант 4	5,6	9,4	0,000272	0,360555	0,404145
вариант 2 vs. вариант 5	5,6	9,5	0,000266	0,360555	0,431084
вариант 2 vs. вариант 6	5,6	9,4	0,000157	0,360555	0,304357
вариант 2 vs. вариант 7	5,6	9,5	0,000219	0,360555	0,390043
вариант 2 vs. вариант 8	5,6	9,5	0,000157	0,360555	0,327872
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклоне- ние 1	Ст. отклоне- ние 2
фосфор, мг/кг					
вариант 1 vs. вариант 3	10,6	11,8	0,026353	0,525008	0,293087
вариант 1 vs. вариант 4	10,6	12,2	0,007181	0,525008	0,195533
вариант 1 vs. вариант 5	10,6	12,5	0,004779	0,525008	0,275379
вариант 1 vs. вариант 6	10,6	12,4	0,005518	0,525008	0,230651
вариант 1 vs. вариант 7	10,6	12,6	0,008029	0,525008	0,472899
вариант 1 vs. вариант 8	10,6	13,0	0,009295	0,525008	0,737111
вариант 2 vs. вариант 3	11,2	11,8	0,099172	0,349476	0,293087
вариант 2 vs. вариант 4	11,2	12,2	0,012119	0,349476	0,195533
вариант 2 vs. вариант 5	11,2	12,5	0,006985	0,349476	0,275379
вариант 2 vs. вариант 6	11,2	12,4	0,008319	0,349476	0,230651
вариант 2 vs. вариант 7	11,2	12,6	0,015663	0,349476	0,472899
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклоне- ние 1	Ст. отклоне- ние 2
калий, мг/кг					
вариант1 vs. вариант 3	9,0	12,1	0,000044	0,175594	0,212211
вариант 1 vs. вариант 4	9,0	12,3	0,000487	0,175594	0,513160
вариант 1 vs. вариант 5	9,0	13,0	0,000064	0,175594	0,351188
вариант 1 vs. вариант 6	9,0	12,5	0,000066	0,175594	0,305505
вариант 1 vs. вариант 7	9,0	12,8	0,000010	0,175594	0,152753



вариант 1 vs. вариант 8	9,0	12,7	0,000007	0,175594	0,115470
вариант 2 vs. вариант 3	9,3	12,1	0,000201	0,300000	0,212211
вариант 2 vs. вариант 4	9,3	12,3	0,000985	0,300000	0,513160
вариант 2 vs. вариант 5	9,3	13,0	0,000162	0,300000	0,351188
вариант 2 vs. вариант 6	9,3	12,5	0,000197	0,300000	0,305505
вариант 2 vs. вариант 7	9,3	12,8	0,000058	0,300000	0,152753
вариант 2 vs. вариант 8	9,3	12,7	0,000054	0,300000	0,115470
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклоне- ние 1	Ст. отклонение 2
гумус мг/кг					
вариант 1 vs. вариант 3	3,63	3,80	0,189004	0,152753	0,100000
вариант 1 vs. вариант 4	3,63	3,87	0,134702	0,152753	0,152753
вариант 1 vs. вариант 5	3,63	4,00	0,065109	0,152753	0,200000
вариант 1 vs. вариант 6	3,63	3,97	0,089009	0,152753	0,208167
вариант 1 vs. вариант 7	3,63	3,87	0,102424	0,152753	0,115470
вариант 1 vs. вариант 8	3,63	3,80	0,189004	0,152753	0,100000
вариант 2 vs. вариант 3	3,77	3,80	0,767644	0,152753	0,100000
вариант 2 vs. вариант 4	3,77	3,87	0,467605	0,152753	0,152753
вариант 2 vs. вариант 5	3,77	4,00	0,183567	0,152753	0,200000
вариант 2 vs. вариант 6	3,77	3,97	0,250815	0,152753	0,208167
вариант 2 vs. вариант 7	3,77	3,87	0,416866	0,152753	0,115470
вариант 2 vs. вариант 8	3,77	3,80	0,767644	0,152753	0,100000

Проверка различий между вариантами по гумусу

Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
ЕКО, мг-экв/100 г почвы					
вариант 1 vs. вариант 3	23,7	27,3	0,029	1,527525	1,154701
вариант 1 vs. вариант 4	23,7	28,0	0,070	1,527525	2,645751
вариант 1 vs. вариант 5	23,7	31,3	0,002	1,527525	1,154701
вариант 1 vs. вариант 6	23,7	31,7	0,009	1,527525	2,516611
вариант 1 vs. вариант 7	23,7	33,0	0,001	1,527525	1,000000
вариант 1 vs. вариант 8	23,7	32,7	0,002	1,527525	1,527525
вариант 2 vs. вариант 3	26,7	27,3	0,579	1,527525	1,154701
вариант 2 vs. вариант 4	26,7	28,0	0,492	1,527525	2,645751
вариант 2 vs. вариант 5	26,7	31,3	0,013	1,527525	1,154701
вариант 2 vs. вариант 6	26,7	31,7	0,042	1,527525	2,516611
вариант 2 vs. вариант 7	26,7	33,0	0,004	1,527525	1,000000
вариант 2 vs. вариант 8	26,7	32,7	0,009	1,527525	1,527525
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
S мг/100 г почвы					
вариант 1 vs. вариант 3	32,7	36,3	0,018	0,57735	1,527525
вариант 1 vs. вариант 4	32,7	37,3	0,003	0,57735	1,154701
вариант 1 vs. вариант 5	32,7	41,3	0,008	0,57735	3,055050
вариант 1 vs. вариант 6	32,7	42,0	0,004	0,57735	2,645751
вариант 1 vs. вариант 7	32,7	42,7	0,000	0,57735	1,527525



вариант 1 vs. вариант 8	32,7	42,3	0,001	0,57735	2,081666
вариант 2 vs. вариант 3	40,0	36,3	0,632	12,16553	1,527525
вариант 2 vs. вариант 4	40,0	37,3	0,725	12,16553	1,154701
вариант 2 vs. вариант 5	40,0	41,3	0,863	12,16553	3,055050
вариант 2 vs. вариант 6	40,0	42,0	0,795	12,16553	2,645751
вариант 2 vs. вариант 7	40,0	42,7	0,726	12,16553	1,527525
вариант 2 vs. вариант 8	40,0	42,3	0,760	12,16553	2,081666

По озимой ржи

Таблица 4 – Проверка различий между вариантами по химическим веществам

Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
Азот, мг/100 г почвы					
вариант 1 vs. вариант 3	6,5	6,7	0,582	0,360555	0,321455
вариант 1 vs. вариант 4	6,5	9,5	0,000	0,360555	0,251661
вариант 1 vs. вариант 5	6,5	9,8	0,000	0,360555	0,200000
вариант 1 vs. вариант 6	6,5	9,6	0,000	0,360555	0,100000
вариант 1 vs. вариант 7	6,5	9,7	0,000	0,360555	0,208167
вариант 1 vs. вариант 8	6,5	9,6	0,000	0,360555	0,152753
вариант 2 vs. вариант 3	7,8	6,7	0,194	1,216553	0,321455
вариант 2 vs. вариант 4	7,8	9,5	0,073	1,216553	0,251661
вариант 2 vs. вариант 5	7,8	9,8	0,048	1,216553	0,200000
вариант 2 vs. вариант 6	7,8	9,6	0,063	1,216553	0,100000
вариант 2 vs. вариант 7	7,8	9,7	0,053	1,216553	0,208167
вариант 2 vs. вариант 8	7,8	9,6	0,061	1,216553	0,152753
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
Фосфор, мг/кг					
вариант 1 vs. вариант 3	10,9	11,8	0,023	0,300000	0,293087
вариант 1 vs. вариант 4	10,9	12,2	0,003	0,300000	0,195533
вариант 1 vs. вариант 5	10,9	12,5	0,002	0,300000	0,275379
вариант 1 vs. вариант 6	10,9	12,4	0,002	0,300000	0,230651
вариант 1 vs. вариант 7	10,9	12,6	0,007	0,300000	0,472899
вариант 1 vs. вариант 8	10,9	13,0	0,010	0,300000	0,737111
вариант 2 vs. вариант 3	11,0	11,8	0,028	0,257164	0,293087
вариант 2 vs. вариант 4	11,0	12,2	0,003	0,257164	0,195533
вариант 2 vs. вариант 5	11,0	12,5	0,002	0,257164	0,275379
вариант 2 vs. вариант 6	11,0	12,4	0,002	0,257164	0,230651
вариант 2 vs. вариант 7	11,0	12,6	0,007	0,257164	0,472899
вариант 2 vs. вариант 8	11,0	13,0	0,011	0,257164	0,737111
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	p	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
Калий, мг/кг					
вариант 1 vs. вариант 3	9,4	12,1	0,001	0,427239	0,212211
вариант 1 vs. вариант 4	9,4	12,3	0,002	0,427239	0,513160
вариант 1 vs. вариант 5	9,4	13,0	0,000	0,427239	0,351188
вариант 1 vs. вариант 6	9,4	12,5	0,000	0,427239	0,305505



вариант 1 vs. вариант 7	9,4	12,8	0,000	0,427239	0,152753
вариант 1 vs. вариант 8	9,4	12,7	0,000	0,427239	0,115470
вариант 2 vs. вариант 3	9,5	12,1	0,001	0,435890	0,212211
вариант 2 vs. вариант 4	9,5	12,3	0,002	0,435890	0,513160
вариант 2 vs. вариант 5	9,5	13,0	0,000	0,435890	0,351188
вариант 2 vs. вариант 6	9,5	12,5	0,001	0,435890	0,305505
вариант 2 vs. вариант 7	9,5	12,8	0,000	0,435890	0,152753
Вариант2 vs. вариант 8	9,5	12,7	0,000	0,435890	0,115470
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	р	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
гумус, %					
вариант 1 vs. вариант 3	3,47	3,80	0,100	0,251661	0,100000
вариант 1 vs. вариант 4	3,47	3,87	0,078	0,251661	0,152753
вариант 1 vs. вариант 5	3,47	3,00	0,670	0,251661	1,743560
вариант 1 vs. вариант 6	3,47	3,97	0,057	0,251661	0,208167
вариант 1 vs. вариант 7	3,47	3,87	0,067	0,251661	0,115470
вариант 1 vs. вариант 8	3,47	3,80	0,100	0,251661	0,100000
вариант 2 vs. вариант 3	3,50	3,80	0,021	0,100000	0,100000
вариант 2 vs. вариант 4	3,50	3,87	0,025	0,100000	0,152753
вариант 2 vs. вариант 5	3,50	3,00	0,646	0,100000	1,743560
вариант 2 vs. вариант 6	3,50	3,97	0,025	0,100000	0,208167
вариант 2 vs. вариант 7	3,50	3,87	0,014	0,100000	0,115470
вариант 2 vs. вариант 8	3,50	3,80	0,021	0,100000	0,100000
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	р	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
ЕКО, мг-экв/100 г почвы					
вариант 1 vs. вариант 3	22,6	27,3	0,004	0,650641	1,154701
вариант 1 vs. вариант 4	22,6	28,0	0,027	0,650641	2,645751
вариант 1 vs. вариант 5	22,6	31,3	0,000	0,650641	1,154701
вариант 1 vs. вариант 6	22,6	31,7	0,004	0,650641	2,516611
вариант 1 vs. вариант 7	22,6	33,0	0,000	0,650641	1,000000
вариант 1 vs. вариант 8	22,6	32,3	0,000	0,650641	1,154701
вариант 2 vs. вариант 3	23,0	27,3	0,003	0,404145	1,154701
вариант 2 vs. вариант 4	23,0	28,0	0,031	0,404145	2,645751
вариант 2 vs. вариант 5	23,0	31,3	0,000	0,404145	1,154701
вариант 2 vs. вариант 6	23,0	31,7	0,004	0,404145	2,516611
вариант 2 vs. вариант 7	23,0	33,0	0,000	0,404145	1,000000
вариант 2 vs. вариант 8	23,0	32,3	0,000	0,404145	1,154701
Пара вариантов	Среднее Значение 1	Среднее значение 2	р	Ст. отклонение 1	Ст. отклонение 2
S, мг/100 г почввы					
вариант 1 vs. вариант 3	36,3	38,7	0,403	1,527525	4,041452
вариант 1 vs. вариант 4	36,3	38,7	0,302	1,527525	3,055050
вариант 1 vs. вариант 5	36,3	43,0	0,003	1,527525	1,000000
вариант 1 vs. вариант 6	36,3	41,7	0,035	1,527525	2,516611
вариант 1 vs. вариант 7	36,3	42,3	0,006	1,527525	1,154701



вариант 1 vs. вариант 8	36,3	41,7	0,013	1,527525	1,527525
вариант 2 vs. вариант 3	37,7	38,7	0,709	1,527525	4,041452
вариант 2 vs. вариант 4	37,7	38,7	0,639	1,527525	3,055050
вариант 2 vs. вариант 5	37,7	43,0	0,007	1,527525	1,000000
вариант 2 vs. вариант 6	37,7	41,7	0,078	1,527525	2,516611
вариант 2 vs. вариант 7	37,7	42,3	0,013	1,527525	1,154701
вариант 2 vs. вариант 8	37,7	41,7	0,033	1,527525	1,527525

Заключение

Проведенный анализ достоверных различий агрохимических показателей при помощи коэффициентов Стьюдента, полученных при постановке экспериментов в полевых условиях, позволяет более четко оценить влияние внесения органического удобрения на основе отходов животноводства разными дозами и выбрать наиболее оптимальный вариант. Приведенные значения уровня значимости (p) необходимость в отражении степени свободы снимают.

Фундаментальное понятие наблюдаемости, которое можно трактовать как возможность получать информацию о прошлом состоянии изучаемого объекта, позволяет на ее основе предвидеть поведение агрохимических процессов в будущем и управлять ими.

Список источников

Список источников

1. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения. Т.1. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. - М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. - 691 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005588062>
2. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие, 2017. - №1 – С. 1-4. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/763>
3. Сычев, В.Г. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России / В.Г. Сычев, М.Н. Лунев, А.В. Павлихина // Плодородие, 2012. - №4. - С. 5-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18041822>
4. 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>
5. 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>
6. Курасов, Д.А. Индустрия цифровых технологий 4.0 (краткий доклад) / Д.А. Курасов // Ин-

формационные 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. – 6 с. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferenciya-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

7. Богданчиков, И. Ю. Результаты полевых испытаний разравнивающего устройства в агрегате для утилизации незерновой части урожая в качестве удобрения /И.Ю. Богданчиков, А. Н. Бачурин, М. А. Есенин, А. И. Мартышов // Вестник РГАТУ, 2021.- Т.13. - №3. - С.92-98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161916>

8. 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>

9. Гнатюк, В.И. Математическая модель параметрической 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-konferenciya-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>

10. 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.

11. Попов, А.М. Исследование робастности двухвыборочного критерия Стьюдента / А.М. Попов: Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robastnosti-dvuhvyborochnogo-kriteriya-studenta/viewer>



12. Захарова, О. Деградиациямелиорированных торфяных почв (Degradation of reclaimed peat soils) / О. Захарова, Д. Кучер, К. Евсенкин, Ф. Мусаев // E3S Web of Conferences 265, 03012 (2021) APEEM 2021. – 6 с. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/41/e3sconf_apeem2021_03012.pdf

13. 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>

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

15. Виноградов, Д.В. Основы агрономии / Д.В. Виноградов, О.А. Захарова. – М.: М.: Издательский центр «Академия», 2022. – 240 с. URL: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/2876326/>

16. Централизованное техническое обслуживание сельскохозяйственной техники в межсезонный период / А.В. Шемякин, Е.М. Астахова, Е.Ю. Ше-

мякина // Механизация и электрификация. – 2009. – №7. – С. 16-17 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dvigateley-selskohozyaystvennyh-mashin-pered-remontom-eksperimentalnye-issledovaniya>

17. Соловьева, С.П. Повышение эффективности хранения сельскохозяйственной техники путем обоснования параметров защитного теплового экрана: дис. ... канд. тех. наук / С.П. Соловьева. – Мичуринск, 2017. – 169 с. URL: https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01007854434.pdf

18. Латышенко, М.Б. Тепловое укрытие для хранения сельскохозяйственных машин на открытых площадках / М.Б. Латышенко, А.В. Шемякин, С.П. Соловьева // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2012. – № 4 (16). – С. 93-94. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18362630>

19. Укрытие для хранения сельскохозяйственной техники / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, Н.М. Морозова, С.П. Соловьева, А.Ю. Юдачев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – №4. – С. 204-207 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17706325>

20. 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>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Pryanishnikov, D.N. Izbrannye sochineniya. T.I. Agrokhimiya / D.N. Pryanishnikov. – М.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo sel'skokhozyajstvennoj literatury, 1952. – 691 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005588062>
2. Sychev, V.G. O balanse pitatel'nykh veshchestv v zemledelii Rossii / V.G. Sychev, S. A. SHafran // Plodorodie, 2017. – №1 – С. 1-4. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/763>
3. Sychev, V.G. Sovremennoe sostoyanie i dinamika plodorodiya pakhotnykh pochv Rossii / V.G. Sychev, M.N. Lunev, A.B. Pavlikhina // Plodorodie, 2012. – №4. – С. 5-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18041822>
4. Mikheev, M. Postroenie intellektual'nykh informatsionnykh sistem (kratkij doklad) / M. Mikheev, YU. Gushynina, T. SHornikova // Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferentsii "Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda. – М., 2021. – С. 22-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>
5. Zakharova, O. A. TSifrovizatsiya upravleniya rostovymi protsessami yachmenya / O.A. Zakharova, 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>
6. Kurasov, D.A. Industriya tsifrovyykh tekhnologij 4.0 (kratkij doklad) / D.A. Kurasov // Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferentsii "Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda. – М., 2021. – 6 s. URL: <https://na-konferencii.ru/conference/ii-mezhdunarodnaja-nauchno-prakticheskaja-konferenciya-informacionnye-tehnologii-i-intellektualnye-sistemy-prinjatija-reshenij-itidms-ii-2021>
7. Bogdanchikov, I. YU. Rezul'taty polevykh ispytaniy razravnivayushhego ustrojstva v agregate dlya utilizatsii nezernovoj chasti urozhaya v kacheste udobreniya / I. YU. Bogdanchikov, A. N. Bachurin, M. A. Esenin, A. I. Martyshev // Vestnik RGATU, 2021. – Т. 13. – №3. – С. 92-98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161916>
8. Borychev, S. N. Modelirovanie vliyaniya vlazhnosti bespodstilochnogo navoza na uroven' ego sanitarno-ehpidemiologicheskoy nagruzki / S.N. Borychev, N. V. Limarenko, E. A. Rakul, I. A. Uspenskiy, I. A. YUkhin //



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>

9. Gnatyuk, V.I. Matematicheskaya model' parametricheskoy virtualizatsii dannykh tekhnosenozov / V.I. Gnatyuk, O.R. Kivchun, S.A. Dorofeev, E.V. Bovtrikova // Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferentsii "Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS-II-2021), 1 iyulya 2021goda.-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>

10. 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.

11. Popov, A.M. Issledovanie robnosti dvukhvyborochnogo kriteriya St'yudenta / A.M. Popov: Rezhim dostupa <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-robnosti-dvukhvyborochnogo-kriteriya-styudenta/viewer>

12. Zakharova, O. Degradatsiyameliorirovannykh torfyanykh pochv (Degradation of reclaimed peat soils) / O. Zakharova, D. Kucher, K. Evsenkin, F. Musaev // E3S Web of Conferences 265, 03012 (2021) APEEM 2021. – 6 s. URL:https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/41/e3sconf_apeem2021_03012.pdf

13. Stepanova, N.E. Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov i okhrana okruzhayushhej sredy v sel'skom khozyajstve / N.E. Stepanova, A.K. Vasil'ev, A.D. Akhmedov, I.A. Gushhina, D.S. Zharkova // EHkologiya i okhrana okruzhayushhej sredy: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Obespechenie ustojchivogo razvitiya v kontekste sel'skogo khozyajstva, zelenoj ehnergetiki, ehkologii 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>

14. Konyaev, E. R. Otsenka ehffektivnosti primeneniya biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobrenij pod yachmen' / E.R. Konyaev, YA. V. Kostin, O. A. Zakharova, N. M. Trots // Vestnik RGATU, 2021.- T.13. - №3. - S.19-26. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47161906>

15. Vinogradov, D.V. Osnovy agronomii / D.V. Vinogradov, O.A. Zakharova. – M.: M.: Izdatel'skij tsentr «Akademiya», 2022. – 240 s. URL: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/2876326/>

16. Tsentralizovannoe tekhnicheskoe obsluzhivanie sel'skokhozyajstvennoj tekhniki v mezhsezonnnyj period/ A.V. SHemyakin, E.M. Astakhova, E.YU. SHemyakina// Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya.- 2009.- №7.- S.16-17 URL <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-dvigatelye-selskohozyaystvennykh-mashin-pered-remontom-eksperimentalnye-issledovaniya>

17. Solov'eva, S.P. Povysenie ehffektivnosti khraneniya sel'skokhozyajstvennoj tekhniki putem obosnovaniya parametrov zashhitnogo teplovogo ehkrana: dis. ... kand.tekh. nauk /S.P. Solov'eva.- Michurinsk, 2017.-169 s. URL https://new-disser.ru/_avtoreferats/01007854434.pdf

18. Latyshenok, M.B. Teplovoe ukrytie dlya khraneniya sel'skokhozyajstvennykh mashin na otkrytykh ploshhadkakh / M.B. Latyshenok, A.V. SHemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 93-94. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18362630>

19. Ukrytie dlya khraneniya sel'skokhozyajstvennoj tekhniki / A.V. SHemyakin, M.B. Latyshenok, N.M. Morozova, S.P. Solov'yova, A.YU. YUdachyov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.– 2011. – №4. – S. 204-207 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17706325>

20. 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>

Contribution of the authors:

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Садовая Ирина Игоревна – аспирантка кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», sadovayai@mail.ru

Захарова Ольга Алексеевна, доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ol-zahar.ru@yandex.ru

Information about the authors

Sadovaya, I.I., postgraduate student of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", sadovayai@mail.ru



Zakharova, Olga A., Doctor of Agricultural Science, Professor of the Faculty of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", ol-zahar.ru@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 633.13 : 633.14

Научная статья

DOI: 10.36508/RSATU.2022.99.92.008

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ДИНАМИКИ ВСХОДОВ И ЭНЕРГИИ ПРОРАСТАНИЯ
СЕМЯН ОВСА И ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ ПИТАНИЯ**Ирина Игоревна Садовая¹, Ольга Алексеевна Захарова²✉, Олег Викторович Черкасов³**^{1,2,3} Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия¹ sadovayaii@mail.ru² ol-zahar.ru@yandex.ru³ ru89206345411@yandex.ru**Аннотация.**

Важными показателями для оценки жизнедеятельности семян зерновых культур являются энергия прорастания и лабораторная всхожесть. Научный интерес вызывает влияние на эти признаки изменение уровня питания и возраст сорта. Нами выбраны новые, не используемые ранее в хозяйстве, районированные для региона сорта *Avena sativa* Буланный (2012) и *Secale cereale* Веснянка (2016), возделываемые в шестипольном зернотравянопропашном севообороте. Эти сорта хорошо отзывчивы на внесение органических и минеральных удобрений, устойчивы к болезням и вредителям, хорошо переживают контрастные погодные условия, характерные для Нечерноземья, и дающие стабильные урожаи независимо от погодных условий. Под изменением уровня питания понимается внесение авторского органического удобрения на основе отходов животноводства.

Проблема и цель. Целью исследований явилось моделирование на основе динамики всходов и энергии прорастания семян овса и озимой ржи старых и новых сортов при разных уровнях питания на черноземе выщелоченном низкого уровня плодородия.

Методология. Мелкоделяночный полевой опыт был заложен в ООО «ЛАГ-Сервис АГРО» Захаровского района Рязанской области. Было поставлено для сравнения два лабораторных опыта по проращиванию семян овса сорта Горизонт (1979) и озимой ржи сорта Чулпан (1979) и семян овса сорта Буланный (2012) и озимой ржи сорта Веснянка (2016). Контроль 1 – замоченные в водопроводной воде семена. В статье приводятся результаты исследований только по наиболее значимым вариантам для сопоставления результатов: контроль 2 – без внесения удобрений и вариант 2 – фон (минеральные удобрения весной); вариант 5 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га + фон под овес и вариант 7 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 15 т/га + фон под озимую рожь. Семена опытных вариантов замачивались в почвенной вытяжке. Лабораторная всхожесть изучалась по ГОСТу 12038-84. Энергия прорастания определялась по ГОСТу 10968-88. На каждом варианте исследовали по 10 семян. Семена озимой ржи проращивали аналогично. Для имитации процесса прорастания использовали известные функции и лог-логистическую регрессию, позволяющую преобразовать кривую в линейную корреляцию для проведения математического анализа. Статистические обработки результатов лабораторных опытов проводили с использованием компьютерной программы Statistika 2010.

Результаты. Результаты расчета энергии прорастания и лабораторной всхожести семян показали максимальные значения у семян растений овса сорта Буланный, замоченных на варианте 5, где энергия прорастания составила 96 %, лабораторная всхожесть 98 %. Эти значения были на 7 и 6 % соответственно выше по сравнению с семенами сорта Горизонт. Аналогичные результаты получены и у семян растений озимой ржи сорта Веснянка на варианте 7 по сравнению с семенами сорта Чулпан – на 5-7 %. Результаты моделирования процесса прорастания семян показали для примера по овсу сорта Буланный в динамике. Величина, обратная средневзвешенной величине прорастания семян измерялась каждые сутки. Семена овса прорастали дружно (в короткие сроки и кучно) и имели тесную корреляционную связь со скоростью процесса. Графически процесс прорастания семян овса сорта Буланный на варианте 5 описывался S-образной кривой. Построенная кривая относительных приростов охарактеризована нами как убывающая с замедляющейся дегрессией. Впоследствии график с помощью пробит анализа видоизменили в прямолинейный для изучения закономерностей процесса. Это выявило прямую зависимость: чем больше прирост (N), тем выше и дегрессия (ΔN). Коэффициент корреляции, к примеру, для проросших зерен овса и динамики процесса, находился в



пределах 0,522-0,880, что описывалось линейной зависимостью; а преобразование относительного прироста, и, значит, скорости прорастания, наоборот, выявлено в обратно пропорциональной зависимости от этой величины относительного прироста.

Заключение. Установлены максимальные величины при замачивании семян в почвенной вытяжке, полученной на варианте 5 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га + фон под овес и варианте 7 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 15 т/га + фон под озимую рожь, на которых энергия прорастания и лабораторная всхожесть выше на 2 и 4 % соответственно по сравнению с семенами контроля 1. При сравнении старых и новых сортов прослежена тенденция снижения активной жизнедеятельности у первых, что выражено в уменьшении количества проросших семян в данное время на 2,1 % у овса и 0,9 % у озимой ржи. Результаты моделирования процесса прорастания семян с учетом динамики помогут в дальнейшем выявить такие процессы, как покой, долговечность, качество семян и др.

Ключевые слова: семена, сорт, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, моделирование

Для цитирования: Садовая И.И., Захарова О.А, Черкасов О.В. Моделирование на основе динамики всходов и энергии прорастания семян овса и озимой ржи при разных уровнях питания // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. С 58- 67 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.99.92.008>

Original article

MODELING BASED ON SPROUTING DYNAMICS AND GERMINATING ENERGY OF OAT AND WINTER RYE SEEDS AT DIFFERENT NUTRITION LEVELS

Irina Igorevna Sadovaya¹, Olga Alekseevna Zakharova²✉, Oleg Viktorovich Cherkasov³

^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ sadovayaii@mail.ru

² ol-zahar.ru@yandex.ru

³ ru89206345411@yandex.ru

Abstract.

Germinating energy and laboratory germination are important indicators for assessing the viability of grain crop seeds. A change in the level of nutrition and the age of the variety having influence on these traits are important for research. New varieties *Avena sativa* Bulaniy (2012) and *Secale cereal* Vesnyanka (2016) were selected, which had not been previously used on the farm, released for the region and cultivated in a six-field grain-grass row crop rotation. These varieties were well responsive to organic and mineral fertilizers, resistant to diseases and pests, survive the contrasting weather conditions characteristic of the Non-Black Earth Region, and give good yields regardless of weather conditions. Changing the level of nutrition meant the introduction of the authors' organic fertilizer based on animal waste.

Problem and purpose. The purpose of the research was modeling based on sprouting dynamics and germinating energy of old and new varieties of oats and winter rye at different levels of nutrition on leached chernozem of low fertility.

Methodology. A small-scale field experiment was established at LLC LAG - Service AGRO, in Zakharovsky district of Ryazan region. Two laboratory experiments were set up to compare the germination of oat Gorizont variety (1979) and winter rye Chulpan variety (1979) and oat Bulany variety (2012) and winter rye Vesnyanka variety (2016). Control 1 included seeds soaked in faucet water. The article presents results of studies only of the most significant options for comparing the results: control 2 having no fertilizers and option 2 being a background (mineral fertilizers in spring); option 5 with an organic fertilizer based on animal waste at a dose of 10 t/ha + a background for oat and option 7 with an organic fertilizer based on animal waste at a dose of 15 t/ha + a background for winter rye. The seeds of the experimental variants were soaked in a soil extract. Laboratory germination was studied according to GOST 12038-84. Germinating energy was determined according to GOST 10968-88. For each option, 10 seeds were examined. Seeds of winter rye were germinated in the same way. To simulate the germination process, known functions and log-logistic regression, allowing to convert the curve into a linear correlation were used for mathematical analysis. Statistical processing of the results of laboratory experiments was carried out using computer program Statistika 2010.

Results. The results of calculating the germinating energy and laboratory germination of seeds showed the maximum values for oat plants of Bulany variety, soaked in option 5, where the germinating energy was 96% and laboratory germination was 98%. These values were 7 and 6% higher, respectively, compared with seeds of Horizon variety. Similar results were obtained for winter rye plants of Vesnyanka variety in option 7 compared with Chulpan variety - by 5-7%. The results of modeling the process of seed germination were showed, for example, for oat of Bulany variety in dynamics. The reciprocal of the weighted average seed germination was measured every day. Oat seeds germinated together (in a short time and in a heap) and had a close correlation



with the speed of the process. Graphically, the process of seed germination of oat variety Bulany in option 5 was described by an S-shaped curve. The constructed curve of relative increments was characterized as decreasing with decelerating degression. Subsequently, the graph was modified into a straight line using probit analysis to study the patterns of the process. This revealed a direct relationship: the greater the increase (N) was, the higher the degression (ΔN) was. The correlation coefficient, for example, for sprouted oats and the dynamics of the process, was in the range of 0.522-0.880, that was described by a linear relationship; and the transformation of the relative growth, and, therefore, the germination rate, on the contrary, was found to be inversely proportional to this value of the relative growth.

Conclusion. The maximum values were established when seeds were soaked in the soil extract obtained in option 5 with an organic fertilizer based on animal waste at a dose of 10 t/ha + a background for oat and option 7 with an organic fertilizer based on animal waste at a dose of 15 t/ha + a background for winter rye, where the germinating energy and laboratory germination were higher by 2 and 4%, respectively, compared with control seeds 2.1% for oat and 0.9% for winter rye. The results of modeling the process of seed germination, taking into account the dynamics, will help in the future to identify such processes as dormancy, longevity, seed quality, etc.

Key words: seeds, variety, germinating energy, laboratory germination, modeling

For citation: Sadovaya I.I., Zakharova O.A., Cherkasov O.V. Modeling based on sprouting dynamics and germinating energy of oat and winter rye seeds at different nutrition levels. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 3, P.58-67 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.99.92.008>

Введение

Сейчас во многих хозяйствах используются сорта, которые со временем устарели, а новые использовать руководители не спешат. Хотя новые сорта и гибриды, включенные в Госреестр, с применением IT-технологии, новые подходы к ведению сельского хозяйства, внедрение в технологии возделывания культур инновационных приемов должны помочь сельхозпроизводителям получать высокие стабильные урожаи [5, 6, 9, 12, 13]. Основные требования к сортам – высокая продуктивность и отзывчивость на проводимые мероприятия. Сегодня важно с целью реализации инновационных проектов внедрять в производство новые перспективные и районированные сорта с высокой отдачей. Анализ литературных источников [1, 4, 7] свидетельствует, что новые районированные сорта более эффективно реагируют на проводимые мероприятия. Конечно, надо учитывать, что не может быть уникальных сортов, одинаково реагирующих на разные факторы. Нами была проанализирована в интернет-ресурсах и научной литературе информация по замене старых сортов в хозяйствах на современные, сведения списка по сортам, районированным по 3 региону, к которому относится Рязанская область. На основе этого выбраны новые, не используемые ранее в хозяйстве, районированные для региона сорта *Avena sativa* Буланы (2012) и *Secale cereale* Веснянка (2016). Эти сорта хорошо отзывчивы на внесение органических и минеральных удобрений, устойчивы к болезням и вредителям, хорошо переживают контрастные погодные условия, характерные для Нечерноземья, и дающие стабильные урожаи.

Материал и методы исследований

Цель исследований – моделирование на основе динамики всходов и энергии прорастания семян овса и озимой ржи старых и новых сортов при разных уровнях питания.

Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный мощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках низкого уровня плодородия.

Мелкоделяночный полевой опыт был заложен

в ООО «ЛАГ-Сервис АГРО» Захаровского района Рязанской области. Под изменением почвенного питания понимается внесение под овес и озимую рожь, возделываемые в шестипольном зернотравянопропашном севообороте, органического удобрения на основе отходов животноводства разными дозами (две заявки на изобретение № регистрации 2021136608 и 2021136640. Авторы: И.И. Садовая, О.А. Захарова, О.В. Черкасов, Ф.А. Мусаев, М.И. Голубенко, Д.Е. Кучер, Ю.В. Ломова, Е.Р. Коняев).

Было поставлено для сравнения два лабораторных опыта по проращиванию семян овса сорта Горизонт (1979) и озимой ржи сорта Чулпан (1978); овса сорта Буланы (2012) и озимой ржи сорта Веснянка (2016). Контроль 1 – замоченные в водопроводной воде семена. В статье приводятся результаты исследований только по наиболее значимым вариантам для сопоставления результатов: контроль 2 – без внесения удобрений и вариант 2 – фон (минеральные удобрения весной); вариант 5 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га + фон под овес и вариант 7 – внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 15 т/га + фон под озимую рожь. На вариантах мелкоделяночного полевого опыта отбирались пробы почвы, готовилась почвенная вытяжка, в которой замачивались семена.

Лабораторная всхожесть и энергия прорастания показывают кондицию семян [8], однако, из-за нехватки информации [2], процесс прорастания изучался нами в динамике с учетом проросших семян в единицу времени (каждые три часа).

В опыте было задействовано по 50 семян на каждом варианте в 4-кратной повторности. Вычисления проводили в процентах. В соответствии с ГОСТами, подсчитывали нормально проросшие и явно загнившие семена, а при учете всхожести – нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. К числу нормально проросших семян были отнесены семена, имеющие не менее двух нормально развитых корешков размером более длины семени и



росток размером не менее половины его длины с просматривающимися первичными листочками, занимающими не менее половины длины coleoptilia. У овса длину ростка учитывали по той его части, которая вышла за пределы цветковых чешуй. Для опыта использовали фильтровальную бумагу в чашках Петри, на которую укладывались семена и заливались почвенной вытяжкой или водой (контроль 1) с последующим размещением емкостей при 20° С в термостате в темноте. Энергия прорастания определялась на 4-е, лабораторная всхожесть – на 7-е сутки. В статье приводим иллюстрации по проращиванию овса сорта Буланный (рис. 1 и 2).

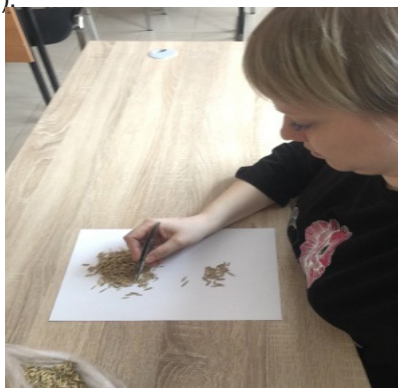


Рис. 1 – Подготовка к опыту
(Preparing for the experiment)



Рис. 2 – Определение энергии прорастания
семян, первые сутки
(Determining seed germinating energy, the first)

Методы исследований – анализ, логика, обобщение, сравнение, лабораторный. Лабораторную всхожесть семян овса определяли по ГОСТу 12038-84. По ГОСТу Р 52325 2005 норма – не менее 92 % [1]. Энергия прорастания есть отношение количества зерен, проросших за 72 часа, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах; определялась по ГОСТу 10968-88. Через 3 суток подсчитали количество непроросших зерен, к которым отнесли зерна с невышедшими за пределы покровов семени ростками и корешками.

Для анализа на каждом изучаемом варианте исследовалось по 10 семян.

Семена озимой ржи проращивали аналогично.

Для имитации процесса прорастания применили известные функции и лог-логистическую регрессию, позволяющую преобразовать кривую в линейную корреляцию для проведения математического анализа. Статистические обработки результатов лабораторных опытов проводили с использованием компьютерной программы Statistika 2010.

Результаты исследований

А.Я. Айдиев с соавт. [1] отмечали перспективу роста урожайности зерновых культур при введении в севообороты новых сортов. Устойчивая продуктивность в условиях региона возделывания должна быть обеспечена контрастными экологическими абиотическими факторами для создания селекционерами устойчивых сортов. Соглашается с мнением А.Я. Айдиева с соавт. и исследователь Е.В. Сальникова [7], отмечающая, что за счет новых сортов может быть дана прибавка урожая зерновых культур на 15-20 %, а А.М. Ермакова [4] говорила о прибавке в 35 %. Новые сорта отличаются высокой вариабельностью урожайности, генетически реагирует на широкий спектр почвенно-климатических условий, то есть имеет широкую экологическую устойчивость, может противостоять действию неблагоприятных факторов.

Итак, результат расчета энергии прорастания и лабораторной всхожести семян показал следующие значения, отображенные в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Изменение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян в опыте, %

Варианты опыта	Энергия прорастания			Лабораторная всхожесть		
	μ	$\pm$ к контролю 1, %	$\pm$ к контролю 2, %	μ	$\pm$ к контролю 1, %	$\pm$ к контролю 2, %
овес сорт Буланный						
контроль 1	88 $\pm$ 0,2	-	-	90	-	-
контроль 2	91 $\pm$ 0,1	3,4	-	93	3,3	-
вариант 2	94 $\pm$ 0,01	6,8	3,3	97	7,8	4,3
вариант 5	96 $\pm$ 0,01	9,1	5,5	98	8,9	5,4
овес сорт Горизонт						
контроль 1	84 $\pm$ 0,02	-	-	87	-	-
контроль 2	86 $\pm$ 0,04	2,4	-	90	3,4	-
вариант 2	87 $\pm$ 0,2	3,6	1,2	92	5,7	2,2
вариант 5	89 $\pm$ 0,1	6,0	3,5	93	6,9	3,3

озимая рожь сорт Веснянка						
контроль 1	89±0,01	-	-	90	-	-
контроль 2	93±0,01	4,5	-	95	5,6	-
вариант 2	94±0,01	5,6	1,1	98	6,5	3,2
вариант 7	95±0,1	6,7	2,2	99	7,6	4,2
озимая рожь сорт Чулпан						
контроль 1	85±0,1	-	-	89	-	-
контроль 2	86±0,01	1,2	-	90	1,1	-
вариант 2	88±0,2	3,5	2,3	91	2,2	1,1
вариант 7	90±0,01	5,9	4,7	93	4,5	3,3

Анализ таблицы 1 показывает хорошую реакцию у всех исследуемых культур на внесение органического удобрения на основе отходов животноводства. Существенную разницу изучаемых процессов наблюдали между старыми и новыми сортами. Так, семена овса сорта Горизонт и озимой ржи Чулпан хорошо реагировали прорастанием на вещества почвенной вытяжки на вариантах 5 и 7 соответственно.

Семена культур новых сортов реагировали лучше, что подтверждено не только визуально, но

и математически: проростки были здоровыми и неповрежденными; семена имели развитый главный зародышевый корешок размером более их длины и хорошо сформировавшийся росток (рис. 3); среднеарифметическое значение (μ) всхожести выше на варианте 7 при выращивании озимой ржи – 99 % и на варианте 5 при выращивании овса – 98 %. В соответствии с допустимыми отклонениями по стандарту показатели не превышали 2-5 %.



Рис. 3 – Изучение лабораторной всхожести семян овса сорта Буланый (Studying laboratory germination of seeds of oat variety Bulany)

Так, длина корешка овса сорта Буланый на 7-е сутки составила на варианте 5 в среднем 5 см, озимой ржи сорта Веснянка на варианте 7 – 7 см; ростка – 8 и 9 см соответственно.

У старых сортов овса и озимой ржи длина кор-

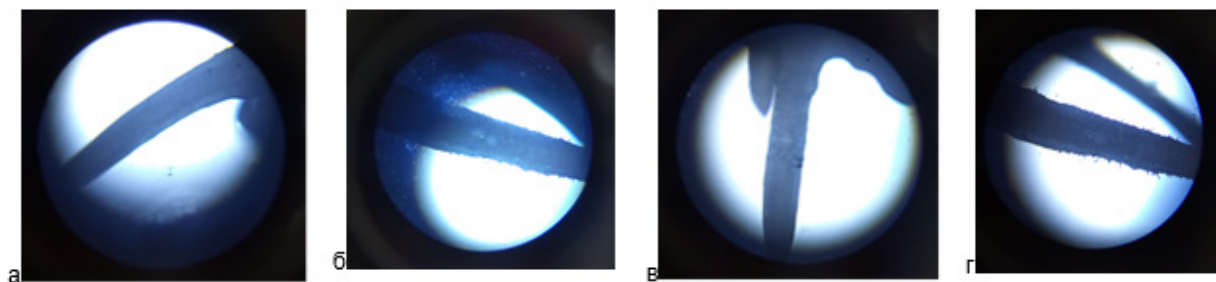
ней и ростков на этих же вариантах в среднем была не выше 7-6 и 6-5 см.

На контроле 1 и варианте 1 у семян овса и озимой ржи и старых, и новых сортов лабораторная всхожесть семян была ниже 92 %, а также на ва-



рианте 2 при возделывании озимой ржи сорта Безенчукская 87. По-видимому недостаток питания ингибирует процесс прорастания семян [10, 11].

При микроскопировании на 5-е сутки визуаль-но рассмотрено сравнительное развитие корневых волосков корней проростков семян (рис. 4).



вариант 5 – овес: а – Горизонт, б – Буланный,
вариант 7 – озимая рожь: в – Чулпан, г – Веснянка

Рис. 4 – Микроскопирование корневых волосков на зародышевых корнях растений
(Microscopy of root fibrilla on germinant roots of plants)

Как видно из рисунка 4, корневые волоски не обозначены на зародышевом корешке на вариантах 5 у овса сорта Горизонт (а), у сорта Буланный (б) зона всасывания чуть обозначена; на вариантах 7 у озимой ржи сорта Чулпан (в) корневые волоски не заметны и отчетливо видны они у сорта Веснянка (г). процесса.

Графически процесс прорастания семян овса сорта Буланный на варианте 5 описывался S-образной кривой (рис. 5), пояснения к которой

приведены на рис. 6. Результат моделирования процесса прорастания семян показан, для примера, для овса сорта Буланный в динамике. Величина, обратная средневзвешенной величине прорастания семян, $\frac{1}{T_{ср}}$ измерялась каждые сутки,

показывала скорость процесса прорастания семян. Семена овса прорастали дружно (в короткие сроки и кучно) и имели тесную корреляционную связь со скоростью

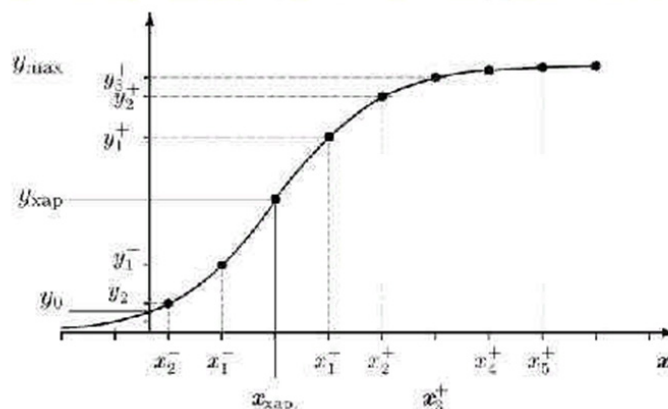


Рис. 5 – Абсолютная величина признака в динамике – доля проросших семян овса, %
(The absolute value of the trait in dynamics is the proportion of germinated oat seeds, %)

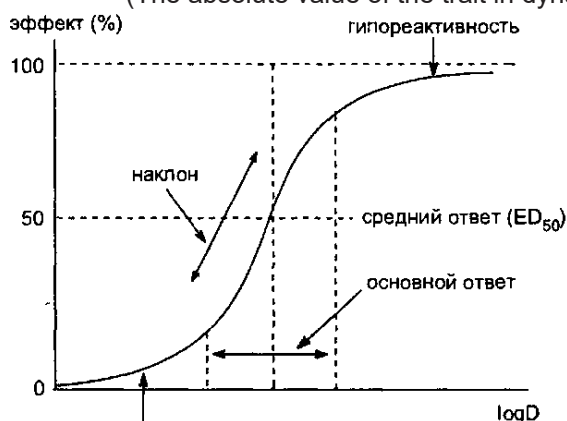


Рис. 6 – Пояснения к рисунку 5
(Explanations for figure 5)



Ход прорастания находился под контролем в течение всего периода исследования, то есть 7 суток. Время отсчитывали с момента укладки семян на субстрат. Показатель «начало прорастания» (y_v) характеризовался как момент появления первого проросшего семени от момента укладки семян на фильтровальную бумагу.

«Полное прорастание» определялось прорастанием последнего здорового семени. Длительность процесса от начала до полного прорастания семян связана с показателем [3]:

$$TP - TH, \quad (1)$$

где TP – полное прорастание семян, сут., TH – начало прорастания семян.

«Числовой показатель прорастания» – это «средневзвешенное значение периода прорастания семян» определялся по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum(t \cdot n)}{\sum n} \quad (2)$$

где T_{cp} – средневзвешенное значение периода прорастания семян,

t – время, сут. (начиная со дня закладки семян на проращивание),

n – количество проросших семян в отдельные сутки,

$\sum n$ – общее количество проросших семян, шт.

Величина, обратная этому показателю ($1/T_{cp}$), сут.⁻¹, рассматривается как скорость процесса прорастания семян.

Следующий расчетный временной показатель прорастания – это время, за которое прорастает отобранная партия семян для прогнозирования влияния, в нашем случае, органического удобрения на основе отходов животноводства; нами применены пробит или логит регрессия. Этот расчетный показатель, полученный на основе расчета пробит статистического (нелинейного) метода анализа, выражает время прорастания данной партии семян. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Время, необходимое для прорастания отобранной партии семян овса сорта Буланный на варианте 5, сут.

Параметры	Оценка	Ошибка
t10	8,1	0,1
t20	9,4	0,2
t50	11,7	0,2
t99	16,2	0,6

Как отмечено выше, реакция семян на замачивание в почвенной вытяжке (вариант 5) выражена кривой, а с помощью пробит анализа она видоизменилась в прямолинейную, по которой и были выявлены в дальнейшем конкретные закономерности (табл. 3).

Таблица 3 – Пробит-модель прорастания семян овса сорта Буланный на варианте 5 ($p = y + xt$)

Параметр	Оценка	Ошибка	t-критерий	Pr(> t)
y	-1,88	0,089	-22,26	<1,8·10 ⁻¹⁶
x	0,11	0,003	24,2	<1,8·10 ⁻¹⁶

Кривую построили в координатах log – пробит (время прорастания представляется в логариф-

мах, выраженность ответной реакции — в пробитах), что преобразовало ее в линейную (рис. 7).

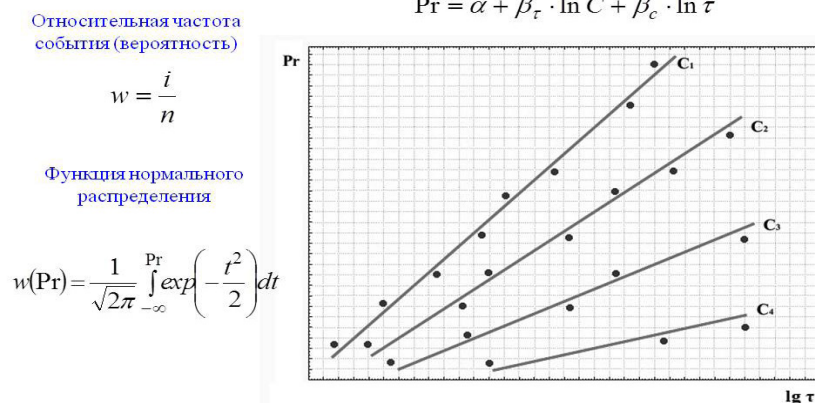


Рис. 7 – Применение метода пробит-анализа (Application of the probit analysis method)

Для демонстрации скорости процесса прорастания семян воспользовались такими скоростными признаками, как темп роста (Tr) и коэффици-

ент роста (Kr).

По А.Ф. Бухарову с соавт [3], темп роста (Tr) — это показатель интенсивности изменения уров-



ня ряда, выраженный в процентах, а коэффициент роста (K_p) — в долях единицы. Коэффициент роста K_p представляет собой отношение последующего уровня к предыдущему или какому-либо другому, принятому за базу сравнения. Он показывает, во сколько раз увеличился уровень по сравнению с базисным, а в случае уменьшения — какую часть составляет от базисного уровня.

Тр и K_p нашли расчетным способом. Следующие проведенные нами расчеты по предложенным формулам А.Ф. Бухарова с соавт. дали результат абсолютного прироста, показывающего в итоге абсолютную скорость. Абсолютный прирост получен со знаком «+», то есть высокую абсолютную скорость на 7-е сутки (равную 13 %).

Следующий расчет относительных приростов (температура прироста), который имел наивысший показатель в 99,99 %, проведен на 7-е сутки.

Построенная кривая относительных приростов охарактеризована нами как убывающая с замедляющейся деградацией. Впоследствии график с помощью пробит анализа видоизменили в прямолинейный для изучения закономерностей процесса. Это выявило прямую зависимость: чем больше прирост (N), тем выше и деградация (ΔN).

Коэффициент корреляции, к примеру, для проросших зерен овса и динамики процесса, находился в пределах 0,522-0,880, что описывалось линейной зависимостью; а преобразование относительного прироста, и, значит, скорости прорастания, наоборот, выявлено в обратно пропорциональной зависимости от этой величины относительного прироста.

Изменение величины падения (ΔN) в зависимости от величины относительного прироста (N) проросших семян овса выразилось уравнением регрессии:

$$y = -0,880 + 0,322x \quad (r = 0,804). \quad (3)$$

Это значит, что изменение относительного прироста, а, следовательно, и скорости прорастания, находится в обратно пропорциональной зависимости от самой величины относительного прироста. Чем больше величина относительного прироста к данному моменту, тем на большую величину она уменьшится в последующем.

Заключение

Результаты показали лучшую реакцию на внесение органического удобрения на основе отходов животноводства новых сортов овса и озимой ржи. Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести в динамике семян овса сорта Буланый и озимой ржи сорта Веснянка при изменении почвенного питания на черноземе выщелоченном показали максимальные величины при замачивании в почвенной вытяжке, полученной на варианте 5 — внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 10 т/га + фон под овес и варианте 7 — внесение органического удобрения на основе отходов животноводства дозой 15 т/га + фон под озимую рожь, на которых показатели были выше на 2 и 4 % соответственно по сравнению с семенами контроля 1. При сравнении старых и новых сортов прослежена тенденция

снижения активной жизнедеятельности у первых, что выражено в уменьшении количества проросших семян в данное время на 2,1 % у овса и 0,9 % у озимой ржи.

Результаты моделирования процесса прорастания семян с учетом динамики помогут в дальнейшем выявить такие процессы, как покой, долговечность, качество семян и др.

Список источников

1. Айдиев, А.Я. Новые сорта зерновых культур как результат научной кооперации / А. Я. Айдиев, В. Т. Новикова, А. А. Емельянова, Е. В. Логвинова, С. А. Дугина // Пермский аграрный вестник, 2016. - №1. - С. 3-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44272677>
2. Бухаров, А.Ф. Временные параметры, характеризующие процесс прорастания семян. Методы определения и практическое использование / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев // Селекция и семеноводство овощных культур, ФГБНУ ВНИИССОК, 2015. - С. 165-172. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24170359>
3. Бухаров, А.Ф. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, А.Р. Бухарова // Известия ТСХА, 2017. - Вып. 2. - С. 5-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385008>
4. Ермакова, А.М. Ресурсосберегающие технологии - основа эффективной деятельности предприятия / А.М. Ермакова, К.А. Демина, Т.С. Нуруллина // Экология и охрана окружающей среды. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - Том 723. - 2021. - С.37-40. URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=44526562>
5. 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>
6. 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 2021года.- М., 2021. - 6 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>
7. Сальникова, Е.В. Внедрение новых сортов - инновационный фактор повышения эффективности зернового производства / Е.В. Сальникова // Роль инноваций в развитии агропромышленного комплекса, 2008. - С. 103-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16751001>
8. Чазов, С. А. Полевая всхожесть семян зерновых культур и приемы ее повышения / С. А. Чазов, В. С.Хайдукова, В. Г. Еремеева // Селекция и семеноводство, 1989. - №1. - С. 41-43. <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-laboratornoy-vshozhesti-semyan-zernovyh-kultur-v-zavisimosti-ot-meteorologicheskikh-i-agrotehnicheskikh-usloviy>
9. Centralizovannoe tekhnicheskoe



obslyuzhivanie sel'skohozyajstvennoj tekhniki v mezhsezonnij period / A.V. SHemyakin, M.B. Latyshenok, E.M. Astahova, E.YU. SHemyakina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya. – 2009. – № 7. – S. 16-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-ustanovka-dlya-ochistki-detaley-selskohozyaystvennyh-mashin-pri-postanovke-na-hranenie>

10. Kazmi R.H., Khan N., Willems L.A.J., Van Heusden A.W., Ligterink W., Hilhorst H.W.M. Complex genetics controls natural variation among seed quality phenotypes in a recombinant // Development 18. Ser. "18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – 2019. – № 369. – pp. 239-246. URL: <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/>

11. Krishnan P., Surua Rao A. V. Effect of genotype and environment on seed yield and quality

of rice // The journal of agricultural science. 2005. T. 143. № 4. P. 283-292. URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33272784>

12. Latyshenok, M.B. Teplovoe ukrytie dlya hraneniya sel'skohozyajstvennyh mashin na otkrytyh ploshchadkah / M.B. Latyshenok, A.V. SHemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 93-94. URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2021_2.pdf

13. 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.rgatu.ru/archive/!vestnik/archive/2016_4.pdf

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Ajdiev, A.YA. Novye sorta zernovykh kul'tur kak rezul'tat nauchnoj kooperatsii / A. YA. Ajdiev, V. T. Novikova, A. A. Emel'yanova, E. V. Logvinova, S. A. Dugina // Permskij agrarnyj vestnik, 2016. - №1. – S. 3-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44272677>

2. Buharov, A.F. Vremennye parametry, harakterizuyushchie process prorastaniya semyan. Metody opredeleniya i prakticheskoe ispol'zovanie / A.F. Buharov, D.N. Baleev // Selekcija i semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur, FGBNU VNISSOK, 2015. - S. 165-172. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24170359>

3. Buharov, A.F. Kinetika prorastaniya semyan. Metody issledovaniya i parametry / A.F. Buharov, D.N. Baleev, A.R. Buharova // Izvestiya TSKHA, 2017. – Vyp. 2. – S. 5-19. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385008>

4. Ermakova, A.M. Resursoberegayushchie tekhnologii - osnova effektivnoj deyatel'nosti predpriyatiya / A.M. Ermakova, K.A. Demina, T.S. Nurullina // Ekologiya i ohrana okruzhayushchej sredy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - Tom 723. - 2021. – S.37-40. URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=44526562>

5. 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. - T.13. - №2. - S.21-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46531979>

6. Kurasov, D.A. Industriya cifrovyykh tekhnologiy 4.0 (kratkij doklad) / D.A. Kurasov // Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferentsii "Informatsionnye tekhnologii i intellektual'nye sistemy prinyatiya reshenij" (ITIDMS 2021), Moskva, 20 yanvarya 2021 goda. - M., 2021. – 6 s. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45696054>

7. Sal'nikova, E.V. Vnedrenie novykh sortov - innovatsionnyy faktor povysheniya effektivnosti zernovogo proizvodstva / E.V. Sal'nikova // Rol' innovatsij v razvitiy agropromyshlennogo kompleksa, 2008. – S. 103-104. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16751001>

8. CHazov, S. A. Polevaya vskhozhest' semyan zernovykh kul'tur i priemy ee povysheniya / S. A. CHazov, V. S. Hajdukova, V. G. Ereemeeva // Selekcija i semenovodstvo, 1989. - №1. - S. 41-43. <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-laboratornoy-vshozhesti-semyan-zernovykh-kul'tur-v-zavisimosti-ot-meteorologicheskikh-i-agrotehnicheskikh-usloviy>

9. Centralizovannoe tekhnicheskoe obslyuzhivanie sel'skohozyajstvennoj tekhniki v mezhsezonnij period / A.V. SHemyakin, M.B. Latyshenok, E.M. Astahova, E.YU. SHemyakina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya. – 2009. – № 7. – S. 16-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-i-ustanovka-dlya-ochistki-detaley-selskohozyaystvennyh-mashin-pri-postanovke-na-hranenie>

10. Kazmi R.H., Khan N., Willems L.A.J., Van Heusden A.W., Ligterink W., Hilhorst H.W.M. Complex genetics controls natural variation among seed quality phenotypes in a recombinant // Development 18. Ser. "18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – 2019. – № 369. – pp. 239-246. URL: <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/>

11. Krishnan P., Surua Rao A. V. Effect of genotype and environment on seed yield and quality of rice // The journal of agricultural science. 2005. T. 143. № 4. P. 283-292. URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=33272784>

12. Latyshenok, M.B. Teplovoe ukrytie dlya hraneniya sel'skohozyajstvennyh mashin na otkrytyh ploshchadkah / M.B. Latyshenok, A.V. SHemyakin, S.P. Solov'yova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo



agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 93-94. URL: http://vestnik.rgatu.ru/archive/2021_2.pdf

13. 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.rgatu.ru/archive/!vestnik/archive/2016_4.pdf

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Садовая Ирина Игоревна, аспирант кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sadovayaii@mail.ru

Захарова Ольга Алексеевна, доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ol-zahar.ru@yandex.ru

Черкасов Олег Викторович, канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой «Технология общественного питания», ru89206345411@yandex.ru

Information about the authors

Sadovaya, Irina I., postgraduate student of the Department of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", sadovayaii@mail.ru

Zakharova, Olga A., Doctor of Agricultural Science, Professor of the Faculty of Agronomy and Agrotechnologies, FSBEI HE "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", 8-910-561-46-84, ol-zahar.ru@yandex.ru

Cherkasov, Oleg V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor ru89206345411@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.439:631.559.2
DOI: 10.36508/RSATU.2022.80.66.009

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ**

Ольга Васильевна Савина¹✉, Ольга Валерьевна Платонова²

^{1,2} Академия ФСИН России, г. Рязань

¹ savina-999@mail.ru

² platva-82@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Современные подходы к созданию системы биологического земледелия обуславливают постоянный поиск новых путей повышения почвенного плодородия. При этом большое внимание уделяется использованию биологических мелиорантов. В системе ресурсосберегающего земледелия широко известен прием уборки зерновых с измельчением и последующей запашкой соломы. Перспективным способом обогащения почвы питательными элементами и улучшения её агрохимических характеристик может также стать использование побочных продуктов птицеводства – пуха и пера. Цель исследования – изучение влияния заправки соломы и мульчи из куриных перьев на водно-физические свойства почвы и урожайность картофеля.

Методология. Исследования проведены в вегетационный период 2022 года на среднемощном оподзоленном черноземе в Захаровском районе Рязанской области. Изучали следующие варианты 1) контроль – без внесения биологического мелиоранта; 2) мелиорант 1 – внесение измельченной соломы озимой пшеницы; 3) мелиорант 2 – внесение мульчи из куриного пера. Учетная площадь делянок 50 м², повторность опыта четырехкратная; размещение вариантов внутри повторений – рандомизированное. Измельчение соломы проводили одновременно с уборкой озимой пшеницы зерновым комбайном с установленным измельчителем, что обеспечивало равномерное разбрасывание соломы по варианту опыта; заделка измельченной соломы в почву – осенью во время основной обработки почвы. Мульчу из куриного пера получали путем измельчения исходного материала на фрагменты размером до 2 см, пропуская через измельчитель отходов. Полученную мульчу вносили весной при посадке клубней непосредственно в каждую лунку из расчета 100 г мульчи на 10 кг почвы. Остальные элементы агротехники не различались по вариантам и были общепринятыми при выращивании картофеля в нашей зоне. Отбор проб почвы, определение влажности, удельной и объемной массы почвы проводили по известным методикам, используя соответствующие стандарты. Показатели общей, капиллярной и некапиллярной пористости определяли расчетным способом на основании данных по влажности, удельной и объемной массе почвы. Урожайность картофеля по вариантам опыта определяли методом сплошной уборки делянок с последующим пересчетом на 1 га. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием пакета «Statistika».

Результаты. Внешним осмотром установлено, что образцы почвы с удобренных вариантов более рыхлые, имеют мелкозернистую структуру и хорошую аэрацию по сравнению с почвой контрольного варианта. Лабораторные исследования подтвердили положительные изменения в водно-физических свойствах почвы опытных вариантов: при внесении биомелиорантов происходит снижение объемной массы, повышение пористости и полной влагоемкости почвы. В опытных вариантах получены достоверные прибавки урожайности клубней по отношению к контролю, составившие 6,9-12,2 %, причем в варианте с внесением мульчи из куриных перьев положительные изменения всех показателей выражены сильнее.

Заключение. Экспериментально подтверждено улучшение водно-физических свойств почвы при использовании биомелиорантов: почва на удобренных вариантах была более рыхлой, имела хорошую аэрацию и более высокую водоудерживающую способность. В итоге улучшились условия питания растений, что привело к увеличению урожайности клубней на 6,9-12,2 %. При этом внесение мульчи из перьев оказывает более значимый эффект на все исследованные показатели, чем заправка соломы.

Ключевые слова: картофель, биологические мелиоранты, заправка измельченной соломы, муль-



ча из куриного пера, водно-физические свойства почвы, урожайность клубней

Для цитирования: Савина О.В., Платонова О.В. Использование биологических мелиорантов для улучшения водно-физических свойств почвы и повышения урожайности картофеля // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. С 68-77 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.80.66.009>

Original article

THE USE OF BIOLOGICAL AMELIORANTS TO IMPROVE WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL AND INCREASE POTATO YIELD

Olga V. Savina¹✉, Olga V. Platonova²

^{1,2} Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan

¹ savina-999@mail.ru

² platva-82@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Modern approaches to the creation of a biological farming system determine the constant search for new ways of improving soil fertility. At the same time, much attention is paid to the use of biological ameliorants. The method of harvesting cereals with chopping and subsequent plowing of straw is widely known in the system of resource-saving agriculture. The use of fluff and feathers being by-products of poultry farming can also be a promising way to enrich soil with nutrients and improve its agrochemical characteristics. The purpose of the research was to study the effect of straw and chicken feather mulch plowing on the water-physical properties of soil and potato yield.

Methodology. The studies were carried out during the growing season of 2022 on medium-thick podzolized chernozem in Zakharovsky district of Ryazan region. The following options were studied: 1) control –without any biological ameliorant; 2) ameliorant 1 – application of chopped winter wheat straw; 3) ameliorant 2 – introduction of chicken feather mulch. The accounting area of blocks was 50 m², the experiment had four replications and randomized block design. Straw chopping was carried out simultaneously when harvesting winter wheat by a combine with an installed chopper, which ensured uniform spreading of straw in the experiment option. Incorporation of chopped straw into the soil took place in the fall during the main tillage. Chicken feather mulch was obtained by grinding the source material into fragments up to 2 cm in size, passing through a waste chopper. The resulting mulch was applied in the spring when tubers were planted directly into each hole at the rate of 100 g of mulch per 10 kg of soil. The remaining elements of agricultural technology did not differ in variants and were generally accepted when growing potatoes in our zone. Soil sampling, determining its moisture, specific and volumetric mass were carried out according to standard methods, using the appropriate standards. Parameters of total, capillary and non-capillary porosity were determined by calculation based on data on soil moisture, specific and volumetric mass. The yield of potatoes according to the options of the experiment was determined by the method of continuous harvesting of blocks, followed by recalculation per 1 ha. Statistical processing of the obtained data was carried out using Statistika package.

Results. An external examination showed that soil samples from the fertilized options were looser, had a fine-grained structure and good aeration compared to the soil of the control option. Laboratory studies proved positive changes in the water-physical properties of the soil of the experimental options. When bio ameliorants were introduced, the bulk density decreased, the porosity and total moisture capacity of the soil increased. Significant increases in the yield of tubers were obtained in the experimental options relative to the control, which amounted to 6.9 - 12.2%, and the option with chicken feather mulch had more pronounced positive changes in all parameters.

Conclusion. An improvement in the water-physical properties of the soil with the use of bio ameliorants was experimentally proved: the soil in the fertilized options was looser, had good aeration and a higher water-holding capacity. As a result, the nutritional conditions of plants improved, which led to an increase in the yield of tubers by 6.9-12.2%. At the same time, the introduction of feather mulch had a more significant effect on all the studied parameters than straw plowing.

Key words: potato, biological ameliorants, plowing of chopped straw, chicken feather mulch, water-physical properties of soil, tuber yield

For citation: Savina O. V., Platonova O.V. The use of biological ameliorants to improve water-physical properties of soil and increase potato yield // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.3. P 68-77 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.80.66.009>

Введение

В последние годы большое внимание уделяется использованию биологических мелиорантов в земледелии как эффективного способа повышения плодородия почвы и увеличения продуктивно-

сти с-х культур. В системе ресурсосберегающего земледелия широко известен прием уборки зерновых с измельчением и последующей запашкой соломы. Использование соломы зерновых предшественников как биологического мелиоранта по-



казало хорошую результативность при возделывании яровой и озимой пшеницы, зернового сорго, картофеля и других сельскохозяйственных культур [1-9].

При использовании в качестве мелиоранта измельченная солома решает следующие агротехнические задачи:

1) повышает противозерозионную устойчивость поверхности поля;

2) увеличивает влагообеспеченность почвы и способствует сохранению влаги за счет уменьшения испарения;

3) способствует повышению эффективного и

потенциального плодородия почвы;

4) приводит к сохранению и накоплению гумуса;

5) повышает биологическую активность почвы;

6) улучшает агрофизические свойства почвы,

7) усиливает процессы фиксации молекулярного азота и способствует снижению потерь азота из почвы.

Химический состав соломы зависит от культуры, а также от почвенно-климатических факторов. В таблице 1 приведен средний химический состав соломы различных злаковых культур [10].

Таблица 1 – Средний химический состав соломы злаковых культур, %

Вид соломы	Сухое вещество	Орг. вещество	Содержание в воздушно-сухой массе							Соотношение C:N (N=1)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	зола	
Озимой пшеницы	86,0	81	0,50	0,20	0,90	0,33	0,10	0,04	4,9	80
Яровой пшеницы	87,8	82	0,67	0,07	0,98	0,33	0,12	0,05	3,5	65
Ржаная	85,9	82	0,43	0,07	0,52	0,33	0,05	0,16	3,9	85
Ячменная	89,5	82	0,50	0,18	1,12	0,30	0,08	0,15	4,5	80
Овсяная	86,4	80	0,65	0,11	1,12	0,41	0,11	0,17	6,5	60

В составе соломы зерновых культур содержится значительное количество безазотистых веществ (сложных углеводов – целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина) при небольшом содержании азота и минеральных элементов. Скорость разложения соломы напрямую зависит от соотношения углерода к азоту: чем это соотношение уже, тем быстрее разложится солома. Как видим из данных таблицы 1, во всех видах соломы соотношение C/N достаточно широкое – от 65 до 85, тогда как для нормального разложения соломы соотношение C:N должно быть 20-30:1. Поэтому эффективность использования соломы возрастает при дополнительном внесении азота [11].

Современные подходы к созданию системы биологического земледелия обуславливают постоянный поиск новых путей повышения почвенного плодородия [12]. Перспективным способом обогащения почвы питательными элементами и улучшения её агрохимических характеристик может стать использование побочных продуктов птицеводства – пуха и пера.

В настоящее время перья перерабатывают в основном крупные птицефабрики или мясопере-

рабатывающие заводы, специализирующиеся на выпуске продукции из птицы. Чаще всего пух-перовое сырье используют в легкой и текстильной промышленности в качестве наполнителя для подушек, одеял и одежды, а также для изготовления добавок к высокопротеиновым кормам [13]. Производство высококачественных удобрений из пера птицы может стать новым малозатратным способом переработки данных побочных продуктов птицеводства. А учитывая тот факт, что мясо птицы является основным видом мяса в нашей стране, доля которого в общем объеме производства мяса в 2021 году составила 45,7 % [14], использование пера птицы для производства удобрений и биомелиорантов представляет особый практический интерес. Причем для этих целей можно использовать и маховые перья птицы, которые являются отходами при других видах переработки пух-перового сырья и создают проблемы при их утилизации.

Анализ литературных источников позволил выявить особенности химического состава пух-перового сырья [15,16]. В таблице 2 приведен средний химический состав куриного пера.

Таблица 2 – Средний химический состав куриного пера, %

Вид сырья	Сухие вещества	Вода	Сырой протеин	Жир	Зола
Куриное перо	90,7	9,3	82,7	2,24	6,27



Основу химического состава пера составляют белковые вещества, называемые кератином. Это достаточно прочные белки животной ткани, относящиеся к склеропотеидам. Особенностью аминокислотного состава кератина является относительно высокое содержание в нем серосодержащей аминокислоты цистина. Характерным для этой аминокислоты является образование дисульфидных мостиков внутри молекулы белка [17]. При этом возникает сшивка либо внутри одной полипептидной цепи, либо между двумя различными цепями, обеспечивая прочность молекул кератина (рис.1).

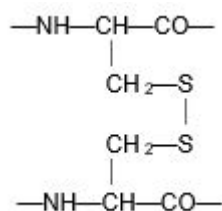


Рис. 1 – Образование дисульфидного мостика внутри полипептидной цепи молекулы кератина
(Formation of a disulfide bridge inside the polypeptide chain of the keratin molecule)

Благодаря достаточно высокой реакционной способности дисульфидные мостики при определенных условиях могут легко распадаться, приводя к деструкции молекул кератина. По этой причине скорость разложения в почве мульчи из птичьего пера значительно выше, чем у измельченной соломы.

По данным различных авторов, элементарный состав кератинов пера и пуха у разных видов птицы не имеет существенных отличий и включает следующие химические элементы: углерод – 50-55 %, водород 7-8 %, кислород 25-30 %, азот – 15-18 %, сера 0,5-2,0 %. Кроме того, достаточно высока доля кремния, который присутствует в составе перьев в виде кремнезема. В золе перьев доля кремния составляет от 40 до 70 % [18,19].

Как видим, в составе кератина достаточно высока доля азота, и поэтому удобрения на основе пера птиц следует признать, прежде всего, хорошим источником азота. Кроме того, соотношение C:N составляет 3,0-3,3 : 1, что значительно по-

вышает эффективность использования органических удобрений на основе пухо-перового сырья по сравнению с заправкой соломы.

Несмотря на отмеченный ряд преимуществ органических удобрений на основе пухо-перового сырья, в литературе имеется очень мало сведений о применении их в растениеводстве. В 1998 г. Ворошиловым Б.М. и Силиным П.Н. был разработан Патент Российской Федерации на способ получения удобрений из измельченных маховых перьев птиц, однако до настоящего времени такие удобрения не нашли широкого применения в сельском хозяйстве и при утилизации отходов птицеводства [20]. Можно сказать, что до настоящего времени не проводилось глубоких научных исследований этого вопроса, хотя в интернете имеется много популярной информации, содержащей рекомендации по использованию пухо-перового сырья для повышения плодородия почв на садово-огородных участках.

Все выше сказанное делает тему исследований данной статьи весьма актуальной.

Объекты и методика проведения исследования

Цель исследования – изучение влияния заправки соломы и мульчи из куриных перьев на водно-физические свойства почвы и урожайность картофеля.

Исследования проведены в вегетационный период 2022 года на пахотных землях сельскохозяйственного предприятия ФКУ ИК-2 УФСИН России по Рязанской области, расположенного в Захаровском районе Рязанской области. Почва опытного участка представляет собой среднетяжелый оподзоленный чернозем, тяжелосуглинистый по механическому составу; пахотный слой глубиной 27-30 см. Уровень естественного почвенного плодородия выше среднего – (P_2O_5 14,6-16,4 мг на 100г почвы, K_2O – 15,6-16,4 мг на 100 почвы), содержание гумуса в слое 0-20 см – 6,7 %, что является средним значением для данного типа почв. Реакция почвенного раствора – слабокислая (рН – 5,8).

Метеорологические данные вегетационного периода 2022 года в районе проведения исследований представлены на рисунках 2,3 и в таблице 3 (по данным Рязанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Таблица 3 – Сводные климатические показатели вегетационного периода 2022 года

Год наблюдения	Сумма эффективных температур, °С	Сумма осадков, мм	Гидротермический коэффициент (ГТК)
2022	2198	161,3	0,73
Среднемноголетние данные	2082	239,0	1,15
Отклонения от среднемноголетних данных, ±	+ 116	-77,7	-



В целом, вегетационный период 2022 можно охарактеризовать как достаточно жаркий и засушливый – сумма эффективных температур была выше среднеемноголетних данных на 1160 С, а

дефицит осадков составил 77,7 мм. В итоге влагообеспеченность растений была недостаточной – ГТК = 0,73.

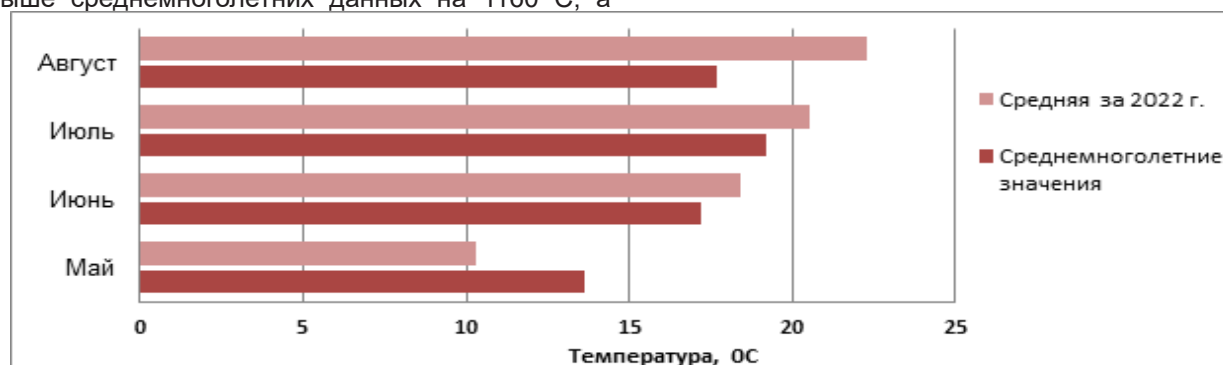


Рис. 2 – Среднемесячная температура воздуха в вегетационный период 2022 года
(Average monthly air temperature in the growing season of 2022)

Однако метеорологические условия вегетационного периода 2022 года складывались неравномерно по месяцам. Холодная погода мая с затяжными дождями сдвинула срок посадки картофеля на третью декаду мая (среднемесячная температура мая была ниже нормы на 3,3° С, осадков выпало 170 % от нормы). Начало вегетации картофеля протекало в достаточно благоприятных условиях. Запас продуктивной влаги в почве, накопленный в мае, обильные ливни второй декады июня и достаточно теплая погода месяца (среднемесячная температура июня на 1,2° С выше среднеемноголетней) способствовали быстрому и

дружному появлению всходов и активному росту растений картофеля. Период формирования и активного роста клубней протекал в менее благоприятных условиях – при избытке тепла и сильном недостатке влаги. Начиная с июля растения картофеля испытывали дефицит влагообеспеченности. Особенно сухим и жарким был август, когда среднемесячная температура превысила норму на 4,7° С, а количество осадков составило всего 26,2 % от нормы. Сложившиеся погодно-климатические условия способствовали сильному иссушению почвы, что снижало эффективность действия внесенных биомелиорантов.

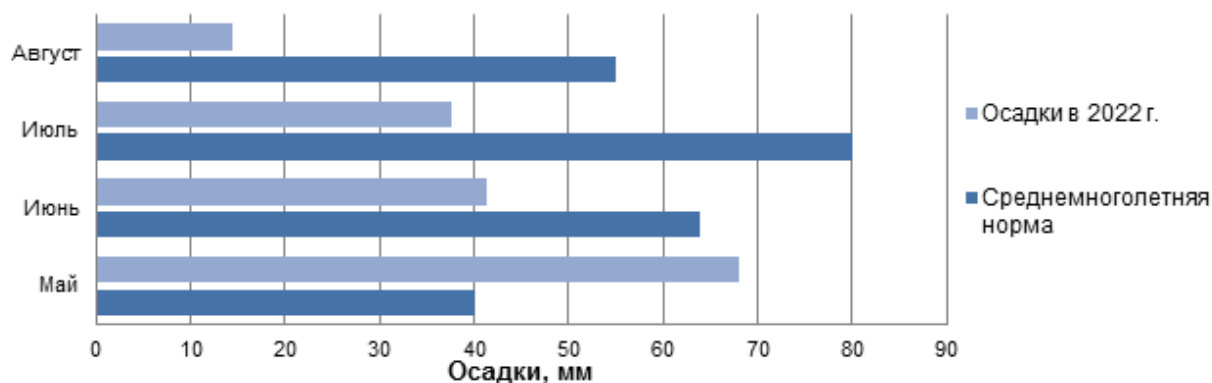


Рис. 3 – Количество осадков за вегетационный период 2022 г.
(Precipitation during the growing season 2022)

Исследования проводили с использованием широко районированного в нашей зоне сорта картофеля Ред Скарлет. Сорт относится к ранне-спелой группе. Период от появления всходов до наступления технической спелости у него длится 46-55 дней. На посадку использовали клубни средней фракции массой от 50 до 70 г, норма посадки клубней – 50 тыс. шт/га. Предшественник картофеля – озимая пшеница.

Опыт включал следующие варианты: 1) контроль – без внесения биологического мелиоранта; 2) мелиорант 1 – внесение измельченной соломы озимой пшеницы; 3) мелиорант 2 – внесение

мульчи из куриного пера. Каждый вариант представлял собой восьмिरядковые делянки учетной площадью 50 м² в четырехкратной повторности; размещение вариантов внутри повторений – рандомизированное.

Измельчение соломы проводили одновременно с уборкой озимой пшеницы зерновым комбайном с установленным измельчителем, что обеспечивало равномерное разбрасывание соломы по варианту опыта; заделка измельченной соломы в почву – осенью во время основной обработки почвы.

Мульчу из куриного пера готовили следующим



образом: исходную массу, включающую пуховые и маховые перья кур, измельчали на фрагменты размером до 2 см, пропуская через измельчитель отходов. Полученную мульчу вносили весной при посадке клубней непосредственно в каждую лунку из расчета 100 г мульчи на 10 кг почвы.

Основная и весенняя подготовка почвы под картофель была общепринятой для нашей зоны. Весной под культивацию во все варианты опыта вносили комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение NPK-1 производства УРАЛХИМ с соотношением питательных элементов NPK 10:26:26. Посадку клубней по вариантам опыта провели вручную в подготовленные гребни на глубину 8-10 см по схеме. 30х70, срок посадки – третья декада мая. Остальные элементы агротехники картофеля не отличались по вариантам.

Отбор проб почвы для проведения анализов осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб». Исследование водно-физических свойств почвы проводили по следующим показателям: влажность почвы – по ГОСТ 28268-89 методом высушивания навески почвы

при 105° С до постоянной массы; плотность твердой фазы (удельная масса) почвы – по ГОСТ 5180-2015 методом взвешивания в воде; плотность (объемная масса) почвы – по ГОСТ 5180-2015 методом режущего кольца. Показатели общей, капиллярной и некапиллярной пористости определяли расчетным способом на основании данных по влажности, удельной и объемной массе почвы [21].

Урожайность картофеля по вариантам опыта определяли методом сплошной уборки делянок с последующим пересчетом на 1 га.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием пакета «Statistika».

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования показали, что внесение биомелиорантов оказывает положительное влияние на структуру почвы и её водно-физические свойства. Внешний осмотр выявил существенные различия в сложении почвы контрольного и опытных вариантов (рис. 4).



Рис. 4 – Внешний вид образцов почвы с исследуемых вариантов
(Appearance of soil samples from the studied variants)

На рисунке 4 хорошо видно, что к контрольному варианту почва достаточно плотная, с крупнокомковатой структурой, в то время как образцы почвы с удобренных вариантов более рыхлые, имеют мелкозернистую структуру и хорошую аэрацию по сравнению с почвой контрольного варианта. Особенно заметны эти изменения в варианте с внесением мульчи из перьев (почва была как бы вспушена). При этом основная часть перьевой массы практически разложилась за вегетационный период, и в почвенном образце обнаружены лишь фрагменты стержней маховых перьев. По мнению Ворошилова Б.М. и Силина П.Н., такие фрагменты, имея трубчатую структуру, работают в почве как биологические мембраны, обеспечивая рыхлость, повышенную аэрацию и хорошее влагоудержание в почве. В своих исследованиях указанные авторы обнаруживали присутствие таких фрагментов в почве на протяжении восьми лет

после внесения мелиоранта, и все это время они продолжали оказывать положительное влияние на почву, а их постепенное разложение дополнительно обогащало почву минеральными элементами, входящими в их состав – кальцием, марганцем, железом, кремнием, серой и др. [20].

Лабораторные исследования подтвердили положительные изменения в свойствах почвы удобренных вариантов. Результаты определения водно-физических свойств почвы приведены в таблице 4.

Как отмечено выше, сложившиеся погодноклиматические условия вегетационного периода 2022 года, особенно засуха августа, способствовали сильному иссушению почвы, что хорошо видно по значениям влажности почвы, которая чрезвычайно низка и составляет всего лишь 15-22 % от полной влагоемкости. Такие условия, безусловно, осложняли рост растений картофеля и снижали



эффективность действия внесенных биомелиорантов. Тем не менее, в опытных вариантах отмечена тенденция в сторону повышения влажности

почвы, что указывает на положительное влияние биомелиорантов на водно-физические свойства почвы.

Таблица 4 – Результаты определения водно-физических свойств почвы

Вариант опыта	Глубина взятия образца, см	Влажность, % (W)	Плотность, г/см ³ (dv)	Удельная масса г/см ³ (d)	Общая пористость, % (Робщ)	Капиллярная пористость, % (Рw)	Пористость аэрации, % (Разр)	Полная влагоемкость, вес.% (ПВ)
Контроль	0-20	10,0±0,51	1,05±0,03	2,06±0,15	49,0	10,5	38,5	46,7
Внесение соломы	0-20	10,3±0,49	1,02±0,02	2,46±0,17	58,5	10,5	48,0	57,4
Внесение мульчи из перьев	0-20	10,7±0,53	0,96±0,02	2,80±0,16	65,7	10,3	55,4	68,4

Плотность почвы (плотность сложения, объемная масса) – это масса единицы объема сухой почвы, взятой в ее естественном, ненарушенном состоянии. Объемная масса зависит от механического состава почвы, от содержания в ней органического вещества, от структуры и обработки почвы. В агрономии принята следующая оценка окультуренности почвы в зависимости от плотности сложения почв (шкала Н. А. Качинского) [21]:

< 1,0 г/см³ – почва вспушена или богата органическим веществом;

1,0-1,1 г/см³ – типичные величины для культурной или свежеспаханной почвы;

1,1-1,2 г/см³ – почва слабо уплотнена;

1,2-1,3 г/см³ – почва уплотнена;

1,3-1,4 г/см³ – почва сильно уплотнена;

1,4-1,6 г/см³ – типичные величины для подпахотных и иллювиальных горизонтов (кроме черноземов);

1,6-1,8 г/см³ – сильно уплотненные иллювиальные горизонты.

Как видим из данных таблицы 4, плотность почвы контрольного варианта соответствует значениям для хорошо окультуренной почвы. При внесении биологических мелиорантов отмечено снижение данного показателя, причем в варианте с применением мульчи из перьев значение плотности меньше единицы, что подтверждает хорошую вспушенность почвы, выявленную при внешнем осмотре.

В опытных вариантах выявлено увеличение плотности твердой фазы (удельной массы) почвы, что, на наш взгляд, может служить косвенным подтверждением обогащения почвы минеральными элементами из биомелиорантов.

Определение показателей физических свойств

почвы позволило рассчитать показатели пористости и влагоемкости почв. Как видим из представленных данных, применение биомелиорантов существенно увеличило общую пористость (скважистость) почвы: в варианте с внесением соломы данный показатель выше контрольных значений на 9,5 %, еще значительнее рост при внесении мульчи из пера – на 16,7 %. Причем, рост происходил за счет увеличения некапиллярной пористости (пористости аэрации). Это, безусловно, отражается на условиях питания, а, следовательно, роста и развития растений картофеля. Следует однако отметить, что в условиях вегетационного периода 2022 года сложилось весьма неблагоприятное соотношение капиллярной и некапиллярной пористости. Как известно, оптимальным соотношением капиллярной и некапиллярной пористостей считается 1-1,3 : 1, в то время как в наших условиях отношение Рw : Разр составляет 1 к 3,7-5,4 [21].

К важнейшим свойствам почвы относится её водоудерживающая способность, которая характеризуется показателями влагоемкости почвы. Из данных таблицы 4 видно, что полная влагоемкость почвы при внесении соломы увеличилась в 1,2 раза, а при внесении мульчи из перьев – в 1,5 раза.

Выявленное изменение водно-физических свойств почвы, улучшив условия питания растений, в итоге привело к увеличению урожайности картофеля (табл. 5). Как видим, в обоих опытных вариантах получены достоверные прибавки урожайности клубней, составившие 6,9 и 12,2 %, соответственно, по вариантам с внесением соломы и мульчи из перьев.

Таблица 5 – Урожайность картофеля в зависимости от применения биомелиорантов

Вариант опыта	Урожайность клубней, т/га	Отклонения от контроля, ±	
		т/га	%
Контроль	32,0	-	-



Внесение соломы	34,2	+2,2	+ 6,9
Внесение мульчи из перьев	35,9	+3,9	+12,2
НСР ₀₅	1,83		

Таким образом, улучшение водно-физических свойств почвы, вызванное внесением биологических мелиорантов, закономерно приводит к повышению урожайности картофеля. Проведенный корреляционно-регрессионный анализ выявил высокую степень обратной взаимосвязи между урожайностью клубней (y) и плотностью почвы (x). Коэффициент корреляции (r) составил -0.907, уравнение имеет вид линейной зависимости (1):

$$y = 7,853 - 3,142x$$

Также выявлена высокая корреляционная зависимость рожайности от пористости аэрации ($r = 0,893$), которая выражалась линейным уравнением:

$$y = 0,689 + 0,118x$$

Следует однако отметить, что более существенный рост урожайности клубней при использовании мульчи из перьев обусловлен не только более значительным улучшением водно-физических свойств почвы в этом варианте, но и особенностями химического состава пухо-перового сырья, описанными во введении. Мульча из перьев естественным образом разлагается в почве, выделяя азот, пригодный для питания растений, иначе говоря, такая мульча становится дополнительным азотным удобрением и обогащает почву.

Заключение

Проведенные исследования экспериментально доказали улучшение водно-физических свойств почвы при использовании биомелиорантов: почва на удобренных вариантах была более рыхлой, имела хорошую аэрацию и более высокую водоудерживающую способность, о чем говорят показатели объемной массы, пористости аэрации и полной влагоемкости. В итоге улучшились условия питания растений, что привело к увеличению урожайности клубней на 6,9-12,2 %. При этом внесение мульчи из перьев оказывает более значимый эффект на все исследованные показатели, чем заплата соломы. Это говорит о целесообразности использования органических удобрений на основе пухо-перового сырья для повышения плодородия почвы и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, и открывает широкие перспективы для дальнейших исследований в этом направлении.

Список источников

1. Платонова, О.В. Урожайность и качество картофеля в зависимости от фона минерального питания, доз навоза и заплата соломы, как мелиоранта, в условиях южной части центрального региона России : дис. ... канд. с.-х. наук / Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства. Рязань, 2009. - с. 166. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19217176>
2. Лебедева, Т.Б. Использование соломы для

улучшения гумусового состояния почв / Т.Б. Лебедева, А.В. Арефьева, А.Н. Арефьев // Нива Поволжья. - 2005. - №1. - С. 12-16. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-dlya-uluchsheniya-gumusnogo-sostoyaniya-pochv>

3. Матюк, Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия ТСХА. - 2013. - №3. - С. 63-74. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sideratov-i-solomy-v-stabilizatsii-protseessov-transformatsii-organicheskogo-veschestva-v-dernovo-podzolistoy-pochve>

4. Пехота, А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения / А.П. Пехота // Почвоведение и агрохимия. - 2014. - №2. - С. 179-185. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36316001>

5. Денисов, Е.П. Эффективность внесения соломы в качестве биомелиоранта / Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, Б.З. Шагиев // Нива Поволжья. - 2009. - №2. - С. 12-16. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solomy-v-biomelioranta>

6. Bogdanchikov I U, Byshov N V, Bachurin A N and Yesenin MA 2021 Use of straw in organic farming. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 012220.

7. Vinogradov D V, Naumtseva K V and Lupova E I 2019 Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.-341(1) 012204

8. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почвы и эффективности растениеводства / О.В. Савина, В.А. Макаров, О.В. Макарова, Гаспарян С.В. // Вестник РГАТУ. - 2019. - №4. - С. 53-59. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-kak-faktor-povysheniya-plodorodiya-pochvy-i-effektivnosti-rastenievodstva>

9. Campbell, C.O. Effect of crop rotation and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in the Black Chernozem / C.O. Campbell, V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, O.P. Lafond // Can. J. Soil Sci. - 1991. - Vol.71. - P. 363-376.

10. Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Солома - важный фактор биологизации при возделывании зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - №3 (51). - 2018. - С. 27-35. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36600038>



11. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение [Текст] / В.И. Кирюшин. – С.-П.: Изд-во «Квадро», 2013.

12. Савина, О.В. Современные подходы к созданию биологизированной системы защиты растений при выращивании и хранении сельскохозяйственных культур / О.В. Савина, И.С. Питюрина / Сб.: Преступление, наказание, исправление: Материалы IV Международного пенитенциарного форума. – Рязань: Изд-во Академии ФСИН России, 2019. – С. 204-208. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584077>

13. Горбачева, М.В. Перо-пуховое сырье - многофункциональный вид материала для различных отраслей народного хозяйства / М.В. Горбачева, О.В. Бобылева // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности. — М.: Инновации, 2015. — С.105-109. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24368977>

14. Производство мяса в России в 2021 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/myaso-2021/>

15. Кузнецов, Б.А. Товароведение второстепенных видов животного сырья / Б.А. Кузнецов. – М.: Аквариум, 2005. – 148с.

16. Химический состав и питательная ценность муки из пера и птицебоенских отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldgonesour.ru/netradicionnye-korma...sostav...>

pera...

17. Савина, О.В. Биохимия растений: Учебное пособие для ВУЗов. Издание 2-ое, испр. и доп. / О.В. Савина. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 227 с. – Текст : электронный — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/437230>

18. Гаева, Е.В. Переработка перо-пухового сырья [Текст] / Е.В. Гаева. — М.: Пищевая промышленность, 1987. — 126с.

19. Бабич, О.О. Переработка вторичного кератинсодержащего сырья и получение белковых гидролизатов на пищевые и кормовые цели / О.О. Бабич, И.С. Разумникова, А.Ю. Полетаев, А.И. Морозова // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – №2 (21). – с. 21-29 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-vtorichnogokeratinsoderzhashego-syrya-i-poluchenie-belkovyh-gidrolizatov-napischevye-i-kormovye-tseli>

20. Патент №2137735 РФ, МПК С 05 F 1/00. Способ получения удобрений из органического материала / Ворошилов Б.М., Силин П.Н. – Патентообладатель: ЗАО "ПОРСИЛ Лтд" - №96112531/13; заяв. 18.06.1998; опубл. 20.09.1999 – 4 с.- Режим доступа: freepatent.ru/patents/2137735

21. Ганжара, Н.Ф. Практикум по почвоведению [Текст] / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. – М.: «Агроконсалт», 2002.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Platonova, O.V. Urozhajnost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya, doz navoza i zapashki solomy, kak melioranta, v usloviyah yuzhnoj chasti central'nogo regiona Rossii :dis. ... kand.s.-h. nauk/ Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut kartofel'nogo hozyajstva. Ryazan', 2009. – s. 166.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19217176>

2. Lebedeva, T.B. Ispol'zovanie solomy dlya uluchsheniya gumusovogo sostoyaniya pochv / T.B. Lebedeva, A.V. Aref'eva, A.N. Aref'ev // Niva Povolzh'ya. – 2005. – №1. – S. 12-16. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-solomy-dlya-uluchsheniya-gumusovogo-sostoyaniya-pochv>

3. Matyuk, N.S. Rol' sideratov i solomy v stabilizatsii processov transformatsii organicheskogo veshchestva v dernovo-podzolistoy pochve / N.S. Matyuk, O.V. Selickaya, S.S. Soldatova // Izvestiya TSHA. – 2013. – №3. – S. 63-74.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sideratov-i-solomy-v-stabilizatsii-protseessov-transformatsii-organicheskogo-veschestva-v-dernovo-podzolistoy-pochve>

4. Pekhota, A.P. Postuplenie elementov pitaniya s solomoy zernovykh i zernobobovykh kul'tur v dernovo-podzolistuyu supeschanuyu pochvu v zavisimosti ot sistemy udobreniya / A.P. Pekhota // Pochvovedenie i agrohimiya. – 2014. – №2. – S. 179-185. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36316001>

5. Denisov, E.P. Effektivnost' vneseniya solomy v kachestve biomelioranta / E.P. Denisov, K.E. Denisov, B.Z. Shagiev // Niva Povolzh'ya. – 2009. – №2. – S. 12-16.- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n...solomy-v...biomelioranta>

6. Bogdanchikov I U, Byshov N V, Bachurin A N and Yesenin M A 2021 Use of straw in organic farming. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 012220.

7. Vinogradov D V, Naumtseva K V and Lupova E I 2019 Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.–341(1) 012204

8. Organicheskie udobreniya kak faktor povysheniya plodorodiya pochvy i effektivnosti rastenievodstva / O.V. Savina, V.A. Makarov, O.V. Makarova, Gasparyan S.V.//Vestnik RGAU. – 2019.-№4. – S. 53-59. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskie-udobreniya-kak-faktor-povysheniya-plodorodiya-pochvy-i-effektivnosti-rastenievodstva>

9. Campbell, C.O. Effect of crop rotation and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass



and respiration in the Black Chernozem / C.O. Campbell, V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, O.P. Lafond // Can. J. Soil Sci. - 1991. - Vol.71. - P. 363-376.

10. Zelenev A.V., Semnichenko E.V. Soloma - vazhnyy faktor biologizatsii pri vozdeystvii zernovogo sorgo na svetlo-kashtanovykh pochvah Volgogradskoy oblasti //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - №3 (51). - 2018- S. 27-35. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36600038>

11. Kiryushin, V.I. Agronomicheskoe pochvovedenie [Tekst] / V.I. Kiryushin. - S.-P.: Izd-vo «Kvadro», 2013.

12. Savina, O.V. Sovremennye podhody k sozdaniyu biologizirovannoy sistemy zashchity rasteniy pri vyrashchivani i hranenii sel'skohozyajstvennykh kul'tur / O.V. Savina, I.S. Pityurina / Sb.: Prestuplenie, nakazanie, ispravlenie: Materialy IV Mezhdunarodnogo penitentsiarnogo foruma.- Ryazan': Izd-vo Akademii FSIN Rossii, 2019. - S. 204-208. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584077>

13. Gorbacheva, M.V. Pero-puhovoe syr'e - mnogofunktsional'nyy vid materiala dlya razlichnykh otraslej narodnogo hozyajstva / M.V. Gorbacheva, O.V. Bobyleva // Dizajn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti. — M.: Innovatsii, 2015. — S.105-109. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24368977>

14. Proizvodstvo myasa v Rossii v 2021 godu [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/myaso-2021/>

15. Kuznecov, B.A. Tovarovedenie vtorostepennykh vidov zhivotnogo syr'ya / B.A. Kuznecov. - M.: Akvarium, 2005. - 148s.

16. Himicheskij sostav i pitatel'naya cennost' muki iz pera i pticeboenskih othodov [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.worldgonesour.ru/netradicionnye-korma...sostav...pera...>

17. Savina, O.V. Biokhimiya rasteniy: Uchebnoe posobie dlya VUZov. Iz-danie 2-oe, ispr. i dop. / O.V. Savina. - M.: Izdatel'stvo Yurajt, 2019. - 227 s. - Tekst : elektronnyy — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/437230>

18. Gaeva, E.V. Pererabotka pero-puhovogo syr'ya [Tekst] / E.V. Gaeva. — M.: Pishchevaya promyshlennost', 1987. — 126s.

19. Babich, O.O. Pererabotka vtorichnogo keratinsoderzhashchego syr'ya i poluchenie belkovykh gidrolizatsionnykh ekstraktov na pishchevykh i kormovykh celi / O.O. Babich, I.S. Razumnikova, A.Yu. Poletaev, A.I. Morozova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. - 2011. - №2 (21). - s. 21-29 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-vtorichnogokeratinsoderzhashchego-syr'ya-i-poluchenie-belkovykh-gidrolizatsionnykh-extraktov-na-pishchevykh-i-kormovykh-tseli>

20. Patent №2137735 RF, MPK S 05 F 1/00. Sposob polucheniya udobrenij iz organicheskogo materiala / Voroshilov B.M., Silin P.N. - Patentobladatel': ZAO "PORSIL Ltd" - №96112531/13; zayav. 18.06.1998; opubl. 20.09.1999 - 4 s. - Rezhim dostupa: freepatent.ru/patents/2137735

21. Ganzhara, N.F. Praktikum po pochvovedeniyu [Tekst] / N.F. Ganzhara, B.A. Borisov, R.F. Bajbekov. - M.: «Agrokonsalt», 2002.

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

Савина Ольга Васильевна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры экономики и менеджмента, Академия ФСИН России, г. Рязань, savina-999@mail.ru

Платонова Ольга Валерьевна, к. с.-х. наук, доцент кафедры экономической географии, Академия ФСИН России, г. Рязань, platva-82@mail.ru

Author Information

Savina Olga V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Economics and Management, the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, savina-999@mail.ru

Platonova Olga V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Geography, the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, platva-82@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №3, с. 78-84
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №3, pp 78-84

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
DOI: 10.36508/RSATU.2022.62.33.010

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЛИЯНИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО И ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН КРАСНОГО КЛЕВЕРА

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко²✉, Пётр Александрович Лобынцев³, Вячеслав Михайлович Ульянов⁴

^{1, 2, 3} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Россия

⁴ Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³petrlobyntsev@gmail.com

⁴ulyanov-v@list.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Семена трав во время длительного хранения в таре или насыпью находятся в состоянии покоя. Затем, когда семена высевают в почву, от воздействия почвенного тепла и влаги большая часть семян пробуждается, задействует внутреннюю энергию и начинает расти. Но есть и такие семена, которые под воздействием указанных факторов в силу различных причин не способны пробудиться от состояния покоя. Это можно объяснить тем, что семена трав имеют плотную наружную оболочку, поэтому при их попадании в почву к зародышу практически не проникает влага, из-за чего семена многих трав обладают невысокой всхожестью. Перед выполнением посева необходимо повысить их всхожесть. Для этого на семена трав осуществляют различные виды воздействий. Целью исследований являлось определение влияния ультрафиолетового и инфракрасного облучений на всхожесть семян. Экспериментальная установка обеспечивает воздействие облучения на объект обработки с учетом необходимого времени облучения.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях в емкость без доступа естественного света помещали семена красного клевера и воздействовали на них УФ и ИК облучением при различных экспозициях облучения. Полученные результаты обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты. В работе отражены результаты исследований по определению влияния факторов на всхожесть семян клевера красного. В качестве воздействующих факторов рассмотрены ультрафиолетовое и инфракрасное излучения.

Заключение. Рассмотрено воздействие на семена различных доз ультрафиолетового и инфракрасного облучения. Указанные виды излучения были реализованы путем использования соответствующих ламп, которые были размещены в закрытой ёмкости.

Ключевые слова: пророщенные семена, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Лобынцев П.А., Ульянов В.М. Результаты экспериментальных исследований по влиянию ультрафиолетового и инфракрасного излучения на всхожесть семян красного клевера // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т.14, №3. С 78-84 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.62.33.010>

Original article

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECT OF ULTRAVIOLET AND INFRARED RADIATION ON THE GERMINATION OF RED CLOVER SEEDS

Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Saenko²✉, Peter A. Lobyntsev³, Vyacheslav M. Ulyanov⁴

^{1, 2, 3} Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, Russia



⁴Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

¹elapk@mail.ru

²yuriy311300@mail.ru

³petrlobyntsev@gmail.com

⁴ulyanov-v@list.ru

Abstract

The problem and the goal. Grass seeds during long-term storage in containers, or in bulk are at rest. Then, when the seeds are sown into the soil, from the effects of soil heat and moisture, most of the seeds awaken, use internal energy and begin to grow. But there are also seeds that, under the influence of these factors, for various reasons are not able to awaken from a state of rest. This can be explained by the fact that grass seeds have a dense outer shell, so when they get into the soil, moisture practically does not penetrate to the embryo. Therefore, the seeds of many herbs have low germination. Before sowing, it is necessary to increase their germination. To do this, various types of effects are carried out on grass seeds. The aim of the research was to determine the effect of ultraviolet and infrared irradiation on seed germination. Experimental installation, provides exposure to radiation on the treatment object, taking into account the required exposure time.

Materials and methods. To achieve this goal, red clover seeds were placed in a container in the laboratory without access to natural light and exposed to UV and IR irradiation at various exposures. The obtained results were processed using the Microsoft Excel program.

Results. The paper reflects the results of studies to determine the influence of factors on the germination of red clover seeds. Ultraviolet and infrared radiation are considered as influencing factors.

Conclusion. The effect of various doses of ultraviolet and infrared irradiation on seeds is considered. These types of radiation were realized by using appropriate lamps that were placed in a closed container.

Key words: germinated seeds, ultraviolet and infrared radiation

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu. V., Lobyntsev P.A., Ulyanov V.M. Results of experimental studies on the effect of ultraviolet and infrared radiation on the germination of red clover seeds // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No.3. P 87-93 <https://doi.org///Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. T14, No.3. P 78-84> <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.62.33.010>

Введение

В растениеводстве и животноводстве многолетние травы получили широкое применение. Это можно объяснить рядом причин. Они способны обеспечить кормом животных с ранней весны и до поздней осени, отличаются интенсивным ростом при температуре воздуха 5° С. Зеленая масса и сено многолетних трав отличаются хорошими кормовыми характеристиками. Корневая система многолетних трав предотвращает появление ветровой и водной эрозии. Многолетние травы позволяют накопить содержание гумуса в почве, которое способствует снижению испарения влаги, снижению теплопроводности и повышению теплоемкости. Многолетние бобовые травы способствуют накоплению в почве азота до 150 кг/га [1].

Однолетние и многолетние травы традиционно используют в качестве кормов для крупного и мелкого рогатого скота, лошадей и других животных, в качестве сырья для приготовления лекарств. Оболочка семян трав обладает высокой твердостью, поэтому при их посеве в почву наблюдается невысокая их всхожесть. Чтобы повысить всхожесть семян трав, на них необходимо воздействовать различными энергетическими факторами, такими как высокие или низкие температуры, свет [2-5].

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию ультрафиолетового и инфракрасного излучений на всхожесть семян красного клевера.

Различные виды излучений позволяют реализовать различное воздействие на семена. Выделяют три основные теории воздействия излучений на семена: фоторезонансная, бактерицидная,

стрессовая [4, 6].

Суть первой теории заключается в том, что при излучении появляются свободные радикалы, которые изменяют проницаемость клеточных биомембран. В результате меняется энергетическое состояние макромолекул. Это приводит к стимуляции процесса роста семян.

Вторая теория основана на том, что излучение оказывает бактерицидное действие на микрофлору, которая покрывает семена.

Стрессовая теория состоит в том, что при воздействии излучения на семена происходит мобилизация генетически заложенных резервов роста. Это происходит потому, что в естественных условиях под воздействием солнечного света погибает вредная микрофлора. Но в условиях обработки вредные факторы сведены к минимальным значениям.

Отметим, что в зависимости от вида и интенсивности излучений можно получить разнообразные эффекты от воздействия на семена. Семена различных растений по-разному реагируют на виды воздействующих излучений из-за особенностей их морфологического строения и других факторов.

Материалы и методы исследования

Эксперимент по влиянию УФ облучения на семена красного клевера проводили при экспозициях облучения, которые представлены в таблице 1. При выполнении эксперимента независимые факторы варьировали на трех уровнях. В качестве функции отклика учитывали всхожесть семян красного клевера через 5 дней после начала прорастания.



Таблица 1 – Уровни варьирования экспозиции при УФ облучении семян

Наименование фактора	Уровни варьирования фактора		
	-1	0	+1
УФ облучение, мин	1	3	5

Эксперимент по влиянию ИК облучения на семена красного клевера проводили при экспозициях облучения, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни варьирования экспозиции при ИК облучении семян

Наименование фактора	Уровни варьирования фактора		
	-1	0	+1
ИК облучение, мин	10	20	30

Для УФ облучения использовали светодиодную лампу А 65 14 Вт 4000 К.

Для ИК облучения использовали тепловой излучатель ИКЗК 230-250 R127 E 27.

На рисунке 1 представлена ёмкость, в которой осуществляли обработку семян УФ и ИК облучением.

На рисунке 2 представлены пророщенные семена красного клевера после пяти суток проращивания



Рис. 1 – Ёмкость для проращивания семян (Seed germination tank)



Рис. 2 – Пророщенные семена красного клевера (Sprouted red clover seeds)

Эксперимент 1

Эксперимент проводили следующим образом.

Перед проращиванием семена красного клевера выдерживали без света в течение двух суток [7-9]. Затем в закрытой емкости без доступа солнечного света проводили обработку зерна УФ облучением продолжительностью 1, 3, 5 мин согласно плану проведения эксперимента, представленному в таблице 2. После этого обработанные семена красного клевера в количестве 100 шт помещали в растильню на влажную ткань и сверху закрывали тканью от воздействия солнечного света. Проращивание семян красного клевера проводили в течение 5 суток. Эксперимент проводили в трехкратной повторности.

Эксперимент 2

Перед проращиванием семена красного клевера выдерживали без света в течение двух суток. Затем в закрытой емкости без доступа солнечного света проводили обработку зерна ИК облучением [10-14] продолжительностью 10, 20, 30 мин, согласно плану проведения эксперимента, представленному в таблице 2. После этого обработанные семена красного клевера в количестве 100 шт помещали в растильню на влажную ткань и сверху закрывали тканью от воздействия солнечного света. Проращивание зерна проводили в течение 5 суток. Эксперимент проводили в трехкратной повторности.

Эксперимент 3 контрольный

Перед проращиванием семена красного клевера выдерживали без света в течение двух суток. После этого семена красного клевера в количестве 100 шт помещали в растильню на влажную ткань и сверху закрывали тканью от воздействия солнечного света [15, 16]. Проращивание семян красного клевера проводили в течение 5 суток. Эксперимент проводили в трехкратной повторности.

При проведении экспериментов температура воздуха была 21-22° С.

Результаты исследований и их обсуждение

По проведении экспериментов в трехкратной повторности была посчитана всхожесть семян красного клевера после УФ облучения, которая представлена в таблице 3.



Таблица 3 – Всхожесть семян красного клевера после УФ облучения

Вид обработки	Повторности проведения эксперимента			Среднее значение
	1-я повторность	2-я повторность	3-я повторность	
УФ обработка 1 мин, %	84	89	70	81,00
УФ обработка 3 мин, %	83	81	84	82,67
УФ обработка 5 мин, %	78	88	76	80,67
Контроль, %	85	66	79	76,67

По проведении экспериментов в 3-х кратной повторности была посчитана всхожесть семян красного клевера после ИК облучения, которая представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Всхожесть семян красного клевера после ИК облучения

Вид обработки	Повторности проведения эксперимента			Среднее значение
	1-я повторность	2-я повторность	3-я повторность	
ИК обработка 10 мин, %	85	66	79	76,67
ИК обработка 20 мин, %	76	76	76	76,00
ИК обработка 30 мин, %	74	74	81	76,33
Контроль, %	85	66	79	76,67

После обработки результатов экспериментов в трехкратной повторности можно сделать выводы. Из двух видов обработки семян красного клевера, а именно УФ и ИК облучения, и последующего сравнения с контролем можно отметить, что при времени УФ обработки зерна 3 мин наблюдается наибольшая всхожесть – 82,67 %. Проращивание семян красного клевера без его предварительной обработки показало практически наименьшую всхожесть – 76,67 %. ИК облучение семян практически не оказывает влияния на повышения всхожести.

На рисунке 3 представлены средние значения

всхожести семян красного клевера после трехкратной повторности проведения экспериментальных исследований при обработке УФ излучением, ИК излучением и контрольным проращиванием без проведения обработок [17, 18].

Для сравнения эффективности различных типов облучения проведено сравнение удельных показателей светового потока, мощности облучения и дозы облучения, всхожести семян (табл. 5, 6).

Удельные показатели работы УФ лампы и всхожести семян после обработки, а также контрольные образцы представлены в таблице 5

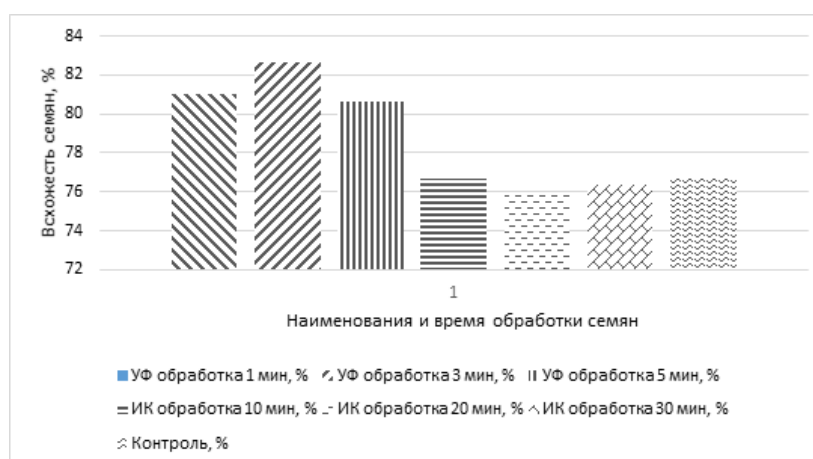


Рис. 3 – Средние значения всхожести семян красного клевера при обработке УФ излучением, ИК излучением и контрольном проращивании без проведения обработок (Average germination values of red clover seeds when treated with UV radiation, IR radiation and control germination without treatment)



Таблица 5 – Удельные показатели работы УФ лампы и всхожести семян

№	Вид обработки	Потребляемая мощность лампы, Вт	Световой поток лампы, Лм	Время облучения, с	Удельный световой поток, лм/м ²	Удельная мощность при облучении, Вт/м ²	Удельная доза облучения, Дж/м ²	Всхожесть семян, %	Разница по сравнению с контролем, %
1	УФ обработка 1 мин	14	5400	60	540000	1400	84000	81,00	4,33
2	УФ обработка 3 мин	14	5400	180	540000	1400	252000	82,67	6,00
3	УФ обработка 5 мин	14	5400	300	540000	1400	420000	80,67	4,00
4	Контроль	-	-	-	-	-	-	76,67	0

Удельные показатели работы ИК лампы и всхожести семян после обработки, а также контрольные образцы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Удельные показатели работы ИК лампы и всхожести семян

№	Тип лампы	Потребляемая мощность лампы, Вт	Световой поток лампы, Лм	Время облучения, с	Удельный световой поток, лм/м ²	Удельная мощность при облучении, Вт/м ²	Удельная доза облучения, Дж/м ²	Всхожесть семян, %	Разница по сравнению с контролем, %
1	ИК обработка 10 мин	250	2160	600	216000	25000	15000000	76,67	0,00
2	ИК обработка 20 мин	250	2160	1200	216000	25000	30000000	76,00	-0,67
3	ИК обработка 30 мин	250	2160	1800	216000	25000	45000000	76,33	-0,33
4	Контроль	-	-	-	-	-	-	76,67	0

Заключение

Сравнивая всхожесть семян с использованием в качестве стимулирующего фактора ультрафиолетового облучения, можем полагать, что более эффективно использование УФ лампы при времени обработки перед проращиванием 3 мин. В этом случае увеличение всхожести по сравнению с контролем составляет 6 %. Удельная доза облучения при времени обработки 1 мин составила 84 кДж/м², а повышение всхожести по сравнению с контролем составило 4,33 %.

Сравнивая всхожесть семян с использованием в качестве стимулирующего фактора инфракрасного облучения можем полагать, что оно угнетающе воздействовало на семена. При наименьшем времени облучения 10 мин повышения всхожести по сравнению с контролем не наблюдалось, а с дальнейшим повышением времени облучения

происходило незначительное снижение всхожести.

Список источников

1. Вавилов, П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 512 с. URL: <https://lib.agu.site/books/146/23/>
2. Вендин, С.В. Электромагнитная обработка семян / С.В. Вендин //Сельский механизатор.-№ 12, 2014.- С. 32-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22876385>
3. Трембач, В.В. Световые приборы / В.В. Трембач. — М.: Высшая школа, 1990. — 463 с. URL:<http://booksshare.net/index.php?id1=4&category=physics&author=trembachvv&book=1990&page=164>
4. Тихомиров, А.А. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы / А.А.



Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. - Новосибирск: Сибирское отделение Российской Академии наук, 2000. — 213 с. URL: <https://hi.br1lib.org/book/3163526/f5ff21>

5. Юдаев, И.В. Выращивание листового салата в светодиодной облучательной камере // Сельский механизатор / И.В. Юдаев, Д.И. Чарова, А.С. Феклистов, И.Н. Воротников, Ш.Ж. Габриелян. - 2017, №1. - С. 20-21. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28400314>

6. Тигранян, Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения / Р.Э. Тигранян. М.: Радиософт, 2005. — 112 с. URL: <https://obuchalka.org/20220311141993/mikroklimat-elektronnie-sistemi-obespecheniya-tigranyan-r-e-2005.html>

7. Вендин, С.В. Экспериментальные исследования по применению ультрафиолетового излучения при предпосевной обработке семян сои для проращивания на витаминный корм / С.В. Вендин, Саенко, В.Ю. Страхов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. № 2 (30). С. 108-115. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46334386>

8. Вендин, С.В. Результаты экспериментальных исследований по проращиванию семян сои на витаминный корм / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов, М.С. Широков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. - №4. - С. 25-34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44679050>

9. Бентли, М. Промышленная гидропоника / М. Бентли. — М.: 1965. — 370 с. URL: <https://autogrow.ru/assets/images/tickets/1788/a7bb6fcb74dd0a47f00f1451d8483aa8aa120266.pdf>

10. Ермолаева, Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. — М.: ИППО «Академия», 2000 — 416 с. URL: <http://www.fptl.ru/biblioteka/pivo.html>

11. 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://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsesta-sutochnogo-proraschivaniya-zerna-na-korm-zhivotnym/viewer>

12. Кунце, В. Технология солода и пива / Пер. с нем. / Г.О. Мит. — Санкт Петербург: Профессия, 2001. — 912 с. URL: <http://www.fptl.ru/biblioteka/pivo.html>

13. Страхов, В.Ю. Технологическая линия для проращивания, консервирования и подготовки к скормливанию пророщенного зерна / Страхов В.Ю. // Инновационные решения в аграрной науке — взгляд в будущее. Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах. 2020. С. 75-76. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44061827>

14. Мошков, Б.С. Выращивание растений при искусственном освещении/ Мошков Б.С. — М.: Колос, 1966. — 288 с. URL: <https://djvu.online/file/AGk2h9LtwBASH>

15. Бородин, И.Ф. Применение СВЧ энергии в сельском хозяйстве / И.Ф. Бородин, Г.А. Шарков, А.Д. Горин. - М.: ВНИИТЭИагропром, 1987.- 56 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21224358>

16. Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. — М.: Колос, 1980. — 208 с. URL: <https://litgu.ru/knigi/professii/373352-effektivnaya-elektrifikaciya-zaschischennogo-grunta.html>

17. Бекетт, К. Растения под стеклом / К. Бекетт. — М.: Мир, 1988. — 198с. URL: <https://djvu.online/file/9WR1zOGsBQEPV>

18. Леман, В.М. Светокультура растений / В.М. Леман. - М.: Высшая школа, 1976. - 271 с. URL: <http://sedovvic.narod.ru/>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Vavilov P.P. Rasteniyevodstvo / P.P. Vavilov, V.V. Gricenko, V.S. Kuznecov. — М.: Agropromizdat, 1986. — 512 s. URL: <https://lib.agu.site/books/146/23/>

2. Vendin, S.V. Elektromagnitnaya obrabotka semyan / S.V. Vendin // Sel'skij mekhanizator. - № 12, 2014. - S. 32-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22876385>

3. Trembach V.V. Svetovye pribory / V.V. Trembach. — М.: Vysshaya shkola, 1990. — 463 s. <http://booksshare.net/index.php?id1=4&category=physics&author=trembachvv&book=1990&page=164>

4. Tihomirov A.A. Svetokul'tura rastenij: biofizicheskie i biotekhnologicheskie osnovy / A.A. Tihomirov, V.P. SHarupich, G.M. Lisovskij. - Novosibirsk: Sibirskoe otdelenie Rossijskoj Akademii nauk, 2000. — 213 s. URL: <https://hi.br1lib.org/book/3163526/f5ff21>

5. Yudaev I.V. Vyrashchivanie listovogo salata v svetodiodnoj obluchatel'noj kamere// Sel'skij mekhanizator / I.V. Yudaev, D.I. CHarova, A.S. Feklistov, I.N. Vоротnikov, SH.ZH. Gabrielyan. - 2017, №1. - S. 20-21. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28400314>

6. Tigranyan, R.E. Mikroklimat. Elektronnye sistemy obespecheniya / R.E. Tigranyan. М.: Radiosoft, 2005. — 112 s. URL: <https://obuchalka.org/20220311141993/mikroklimat-elektronnie-sistemi-obespecheniya-tigranyan-r-e-2005.html>

7. Vendin S.V. Eksperimental'nye issledovaniya po primeneniyu ul'trafiioletovogo izlucheniya pri predposevnoj obrabotke semyan soi dlya proraschivaniya na vitaminnyj korm / S.V. Vendin, Saenko, V.YU.



Strahov // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*: Majskij, 2021. № 2 (30). S. 108-115. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46334386>

8. Vendin S.V. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po proraschivaniyu semyan soi na vitaminnyj korm / S.V. Vendin, YU.V. Saenko, V.YU. Strahov, M.S. SHirokov // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*: Majskij, 2020. - №4. - S. 25-34. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44679050>

9. Bentli, M. Promyshlennaya gidroponika / M. Bentli. — M.: 1965. — 370 s. URL: <https://auto-grow.ru/assets/images/tickets/1788/a7bb6fcb74dd0a47f00f1451d8483aa8aa120266.pdf>

10. 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: <http://www.fptl.ru/biblioteka/pivo.html>

11. Baharev, G.F. Issledovanie processa sutochnogo proraschivaniya zernanokormzhivotnym / G.F. Baharev, L.I. Drolova, L.N. Emel'yanova // *Dostizhenie nauki i tekhniki*. — 2007. №1. — S. 30-31. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsessa-sutochnogo-proraschivaniya-zerna-na-korm-zhivotnym/viewer>

12. Kuncе, V. Tekhnologiya soloda i piva / Per. s nem. / G.O. Mit. — Sankt Peterburg: Professiya, 2001. — 912 s. URL: <http://www.fptl.ru/biblioteka/pivo.html>

13. Strahov, V.YU. Tekhnologicheskaya liniya dlya proraschivaniya, konservirovaniya i podgotovki k skarmlivaniyu proraschennogo zerna / Strahov V.YU. // *Innovacionnye resheniya v agrarnoj nauke – vzglyad v budushchee. Materialy XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. V 2 tomah. 2020. S. 75-76. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44061827*

14. Moshkov, B.S. Vyrashchivanie rastenij pri iskusstvennom osveshchenii / Moshkov B.S. — M.: Kolos, 1966. — 288 s. URL: <https://djvu.online/file/AGk2h9LtwBASH>

15. Borodin, I.F. Primenenie SVCh energii v sel'skom hozyajstve / I.F. Borodin, G.A. SHarkov, A.D. Gorin. — M.: VNIITElagroprom, 1987. — 56 s. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21224358>

16. Prishchep L.G. Effektivnaya elektrifikaciya zashchishchennogo grunta. — M.: Kolos, 1980. — 208 s. URL: <https://litgu.ru/knigi/professii/373352-effektivnaya-elektrifikaciya-zaschishchennogo-grunta.html>

17. Bekett, K. Rasteniya pol steklom / K. Bekett. — M.: Mir, 1988. — 198s. <https://djvu.online/file/9WR1zOGsBQEPV>

18. Leman, V.M. Svetokul'tura rastenij / V.M. Leman. — M.: Vysshaya shkola, 1976. — 271 s. URL: <http://sedovvic.narod.ru/>

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 технических наук, профессор заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, elaprk@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, д-р технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, yuriy311300@mail.ru

Лобынцев Пётр Александрович студент инженерного факультета Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, petrlobyntsev@gmail.com

Ульянов Вячеслав Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ulyanov-v@list.ru

Information about the authors

Vendin Sergey Vladimirovich, 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

Saenko Yuri Vasilyevich, 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

Lobyntsev Pyotr Alexandrovich, Student of the Faculty of Engineering Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, petrlobyntsev@gmail.com

Ulyanov Vyacheslav Mikhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Systems in Agriculture, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ulyanov-v@list.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.



Вестник РГТУ, 2022, т.14, №3, с. 85-93
Vestnik RGATU, 2022, Vol. 14, №3, pp 85-93

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 632.08
DOI: 10.36508/RSATU.2022.94.92.011

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ АЭРОЗОЛЯ
ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ**

**Ирина Николаевна Горячкина¹, Артем Игоревич Ликучев² ✉, Дмитрий Михайлович Юмаев³
Георгий Константинович Рембалович⁴, Михаил Николаевич Чаткин⁵**

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

⁵ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

¹ gin.81@mail.ru

² artem_likychev@mail.ru

³ yumaeb@yandex.ru

⁴ rgk.rgatu@yandex.ru

⁵ chatkinm@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Повышение урожайности является одной из основных задач сельского хозяйства. Обработка растений различными препаратами, защищающими от вредителей, болезней и стимулирующими рост, является основой повышения урожайности. Опрыскивание обеспечивает равномерное распределение и хорошую прилипаемость пестицидов. Аэрозольная обработка предполагает применение туманообразной формы пестицида для обработки среды обитания растений. Диффузия аэрозолей пестицидов в значительной степени обеспечивается дисперсностью капель, а также с помощью специальных устройств для направления потоков или вентиляторных устройств. Сорбция аэрозоля на растениях зависит от свойств поверхности растений и разницы температур тумана и растения. Цель исследования – повышение эффективности аэрозольной обработки растений на основе анализа дисперсности капель.

Методология. Для образования аэрозоля использовали установки: генератор горячего тумана марки BF-150 и холодного тумана марки KASEI 3W-30. Исследовали применение горячего и холодного тумана для обработки при высокой плотности растений или развитой структуре растения. Для создания препятствий распространению аэрозолей использовались поддоны с искусственными растениями. Для фиксации капель применяли модельный 20 %-й солевой раствор NaCl, который при испарении оставляет на подложке солевой остаток в виде кристаллов.

Результаты. Полученные данные проверялись на воспроизводимость с помощью критерия Кохрена. Высокая дисперсность горячего тумана обеспечивает хорошее распространение капель рабочего раствора при высокой плотности искусственных растений. Высокая производительность вентилятора генератора холодного тумана способствует транспортировке капель, обеспечивая хорошую равномерность их распределения. Повышение дисперсности капель горячего тумана способствует снижению расхода рабочего раствора при значительной площади покрытия поверхности растений, особенно в труднодоступных зонах.

Заключение. В результате экспериментальных исследований установлено, что размер капель аэрозоля является важным фактором равномерного распределения и осаждения капель на труднодоступные зоны растения. Инерционное осаждение капель за счет направленного воздушного потока способствует равномерности распределения как размеров капель, так и их количества по площади распределения.

Ключевые слова: горячий туман, холодный туман, аэрозоль, равномерность, дисперсность

Для цитирования: Горячкина И. Н., Ликучев А.И., Юмаев Д.М., Рембалович Г. К., Чаткин М.Н.



Original article

LABORATORY STUDIES OF AEROSOL DISPERSION FOR MECHANIZED PROCESSING OF PLANTS

Irina N. Goryachkina¹, Artem I. Likuchev²✉, Dmitry Ю. Yumaev³ Georgy K. Rembalovich⁴, Mikhail N. Chatkin⁵

^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

⁵ N.P.Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

¹ gin.81@mail.ru

² artem_likuchev@mail.ru

³ yumaeb@yandex.ru

⁴ rgk.rgatu@yandex.ru

⁵ chatkinm@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Increasing productivity is one of the main tasks of agriculture. Treatment of plants with various preparations that protect against pests, diseases and stimulate growth is the basis for increasing yields. Spraying ensures uniform distribution and good adhesion of pesticides. Aerosol treatment involves the use of a foggy form of a pesticide to treat a plant's habitat. Diffusion of pesticide aerosols is largely ensured by the dispersion of droplets, as well as by means of special devices for directing flows or fan devices. Aerosol sorption on plants depends on the properties of the plant surface and the temperature difference between the fog and the plant. The purpose of the study is to increase the efficiency of aerosol treatment of plants based on the analysis of droplet dispersion.

Methodology. For the formation of aerosol, hot fog generator BF - 150 and cold fog generator KASEI 3W - 30 were used. The use of hot and cold fog for processing at high plant density or developed plant structure was studied. Pallets with artificial plants were used to create barriers to the spread of aerosols. To fix the droplets, a model 20 % NaCl saline solution was used, which, upon evaporation, leaves a salt residue in the form of crystals on the substrate.

Results. The obtained data were checked for reproducibility using the Cochran test. The high dispersity of the hot fog ensures good distribution of the working solution droplets at a high density of artificial plants. The high performance of the cold mist generator fan ensures the transport of droplets, ensuring a good uniformity of their distribution. Increasing the dispersion of hot mist droplets helps to reduce the consumption of the working solution with a large area of plant surface coverage, especially in hard-to-reach areas.

Conclusion. As a result of experimental studies, it was found that the size of aerosol droplets is an important factor in the uniform distribution and deposition of droplets on hard-to-reach areas of the plant. The inertial settling of droplets due to the directed air flow contributes to the uniform distribution of both the size of the droplets and their number over the distribution area.

Key words: hot fog, cold fog, aerosol, uniformity, dispersion

For citation: Goryachkina I. N., Likuchev A. I., Yumaev D. M., Rembalovich G. K., Chatkin M.N. Laboratory studies of aerosol dispersion for mechanized processing of plants. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.3. With 85-93 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.94.92.011>

Введение

Повышение урожайности является одной из основных задач сельского хозяйства. Обработка растений различными препаратами, защищающими от вредителей, болезней и стимулирующими рост, является основой повышения урожайности [1,10,12,13]. Существует несколько способов обработки сельскохозяйственных культур, имеющих широкое применение – опрыскивание (рис. 1) и аэрозольная обработка (фумигация). Опрыскивание обеспечивает равномерное распределение и хорошую прилипаемость пестицидов. При опрыскивании размер капли можно регулировать, что влияет на покрытие листовой поверхности. Критериями оценки эффективности опрыскивания являются: расход рабочего раствора, размер

капель и количество капель, приходящееся на единицу площади обрабатываемой поверхности, а также соотношение распыленного и осевшего рабочего раствора. Проникновение рабочего раствора и оседание на листья на внутренних частях растений определяется размером капель. Наилучшее оседание обеспечивают капли размером 200-300 мкм за счет высокой инерционности [3,4,8].

С уменьшением размера капель снижается инерционность и капли вместе с воздушными потоками обтекают листья и побеги растений. Для оседания мелких капель требуется наличие температурных, скоростных градиентов. В то же время высокая дисперсность капель снижает расход рабочего раствора и увеличивает контакт действующего вещества с труднодоступными местами,



например нижней поверхностью листа [1,11]. Время осаждения капель на растения влияет на снос

и испарение, а также на соотношение распыленного и осевшего рабочего раствора.



Рис. 1 – Различные типы опрыскивателей: а) ручные; б) тракторные; в) авиационные.
(Different types of sprayers: a) manual; b) tractor; c) aviation.)

Недостатками опрыскивания являются сложность расчета составов и нормы внесения рабочих растворов, трудности соблюдения нормы расхода рабочего раствора препарата. Дополнительные затраты на обслуживание опрыскивателя и вспомогательные материалы снижают эффективность опрыскивания. Применение ультрамалообъемного опрыскивания значительно повышает эффективность процесса, но предъявляет высокие требования к равномерности и размерам капель.

Аэрозольная обработка предполагает применение туманообразной формы пестицида для обработки среды обитания растений. Наибольшая эффективность аэрозольной обработки достигается при обработке теплиц, закрытых помещений и палаточной обработке растений. Эффективность аэрозольной обработки определяется условиями применения и свойствами пестицидов. Наиболее важными свойствами аэрозоля пестицидов являются летучесть, плотность, диффузия, сорбция на обрабатываемых поверхностях [2,7,9,16,18].

Летучесть аэрозоля – содержание парообразного пестицида в единице объема воздуха (г/м³). Плотность паров аэрозоля определяет возможности распространения паров пестицида. Более плотные туманы пестицидов вытесняют воздух у поверхности земли, для менее плотных необходимо обеспечивать герметичность обрабатываемого участка. Диффузия аэрозолей пестицидов в значительной степени обеспечивается дисперсностью капель, а также специальными устройствами для направления потоков или вентиляторными устройствами. Сорбция аэрозоля на растениях зависит от свойств поверхности растений и разницы температур тумана и растения. Наличие температурного градиента будет способствовать осаждению горячего тумана на холодные листья растений. Следует отметить, что большинство пор и устьиц расположено на нижней стороне листа и сорбция пестицидов в этой зоне будет эффективнее [1,14,15,17]. Высокая дисперсность аэрозольной формы пестицидов, с одной стороны, увеличивает токсическое действие пестицидов, с другой стороны повышает вероятность сноса облака тумана и ухудшает оседание частиц на растения.

Цель исследования – повышение эффективности аэрозольной обработки растений на основе анализа дисперсности капель.

Материалы и методы исследования

В настоящее время различают аппараты для образования холодного и горячего тумана. Генераторы холодного и горячего тумана представляют собой высокотехнологичные аппараты с возможностью автоматизации процесса обработки растений. Образованное ими облако тумана заполняет все пространство между растениями, комплексно воздействуя не только на растения, но и на почву, насекомых и воздух. Это позволяет уменьшить расход пестицидов, не снижая их эффективность. Особенно эффективны туманообразные пестициды системного действия [11,12].

Генератор холодного тумана образует «влажный» туман благодаря сочетанию высокого давления распыла рабочего раствора и высокой скорости воздушного потока. Варьирование подачи значительного объема воздуха позволяет получать необходимый размер частиц. Полученное облако мелкодисперсных частиц длительное время витает в зоне обработки растений, медленно оседая на обрабатываемые поверхности. Применение холодного тумана требует высокой концентрации рабочего раствора и обеспечивает равномерное распределение до 20000 капель на 1 см листа растений. Наибольшую эффективность холодный туман имеет при обработке высокостебельных культур, кустов, садовых и декоративных растений.

Генератор горячего тумана образует «сухой туман» при подаче рабочего раствора в поток горячего воздуха. Воздух предварительно нагревается и смешивается с топочными газами, испаряя рабочий раствор, а затем мгновенно охлаждая его в окружающем воздухе, в результате чего образуются капли. В зависимости от соотношения рабочего раствора и горячего воздуха выбирается нужный размер капель «сухого тумана». Время образования капель – доли секунды, а температура горячего тумана на выходе из генератора составляет около 60° С, поэтому активность пестицидов не меняется. Горячий туман возможно получать не только на основе водных растворов и суспензий, но и на основе масляных растворов. Применение горячего тумана требует высокой концентрации рабочего раствора и обеспечивает равномерное распределение до 20000 капель на 1 см листа растений.



Анализ показал, что недостаточно изучены вопросы распределения капель холодного и горячего тумана при обработке растений, а также сравнительные характеристики капель. Процесс изучения осаждения капель представляет определенные трудности, так как при осаждении капли достаточно быстро испаряются, что затрудняет их исследование [4,10].

Для фиксации капель применяли модельный 20 %-й солевой раствор NaCl, который при испарении оставляет на подложке солевой остаток в виде кристаллов. В качестве подложки использовали предметные стекла без обработки Сп-7102. Учитывая, что при испарении капель полученный средний размер солевого остатка уменьшается в 2,2 раза, для расчетов можно воспользоваться формулой [5,6]:

$$D = \frac{d}{\sqrt[3]{\frac{C_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{р}}}{\rho_{\text{пр}}}}}$$

где D – диаметр капли аэрозоля;
 d – средний диаметр солевого остатка;

$C_{\text{пр}}$ – относительная массовая концентрация солевой примеси (пестицида);

$\rho_{\text{пр}}$ – плотность солевой примеси;

$\rho_{\text{р}}$ – плотность солевого раствора.

Для образования аэрозоля использовали установки: генератор горячего тумана марки BF-150 и холодного тумана марки KASEI 3W-30. Исследовали применение горячего и холодного тумана для обработки при высокой плотности растений или развитой структуре растения. Для создания препятствий распространению аэрозолей использовались поддоны с искусственными растениями. Генераторы горячего и холодного тумана устанавливали на специальной тележке (рис. 2). Движение тележки осуществляли с помощью электрической лебедки со скоростью 1 м/с. На пути следования тележки размещали 2 поддона с искусственными растениями. На каждом поддоне вертикально закрепляли 9 подложек на расстоянии 0,3 м друг от друга по квадратной схеме. Каждая серия экспериментов содержала два прохода генераторов холодного и горячего тумана над двумя поддонами с установленными подложками (4 серии экспериментов).



а – генератор холодного тумана марки KASEI 3W - 30; б – генератор горячего тумана марки BF-150

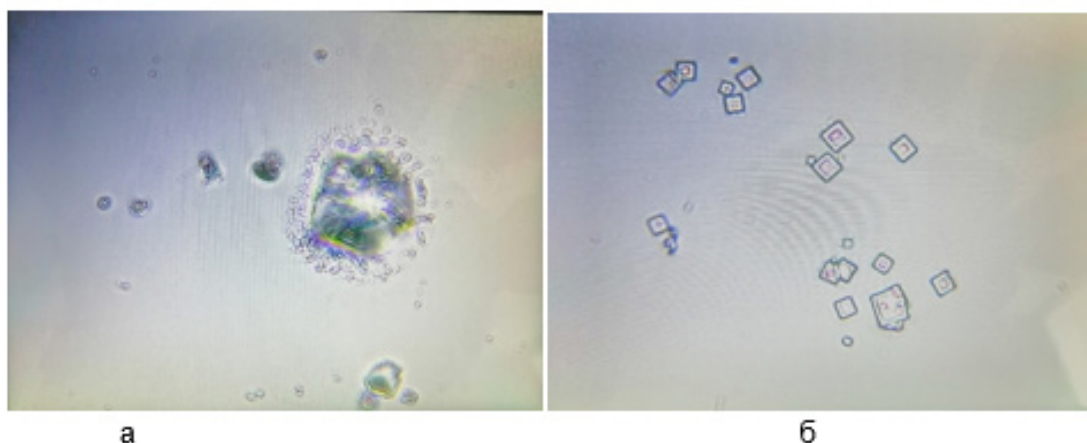
Рис. 2 – Общий вид лабораторной установки для исследования распределения капель аэрозоля в густом стеблестое растений (General view of a laboratory installation for studying the distribution of aerosol droplets in a dense plant stem: a-KASEI 3W-30 brand cold fog generator; B-BF – 150 brand burning fog generator)

Результаты исследований

После прохода тележки с генераторами холодного и горячего тумана маркированные предметные стекла подсушивали, анализировали с помощью микроскопа. Общий вид кристаллов при различных видах обработки представлен на рисунке 3.

При этом проводили оценку размеров и распределения капель на участке площадью 0,25 мм². Полученные данные проверялись на воспроизводимость с помощью критерия Кохрена. По результатам опытов рассчитали дисперсии и определили значение критерия Кохрена – 0,36, что существен-

но ниже табличного значения 0,76. Повторяемость опытов в заданных пределах с доверительной вероятностью 0,95 подтверждена. На основе опытных данных были построены зависимости распределения размера и количества капель, осевших на подложках (предметных стеклах), расположенных в различных местах поддона с искусственными растениями. Зависимости распределения размера и количества капель после прохода генератора горячего тумана представлены на рисунках 4 и 5. Зависимости распределения количества капель после прохода генератора холодного тумана представлены на рисунках 6 и 7.



а – кристаллы раствора соли при обработке генератором холодного тумана; б – кристаллы раствора соли при обработке генератором горячего тумана

Рис. 3 – Общий вид предметных стекол с кристаллами раствора соли NaCl
(General view of slides with crystals of NaCl salt solution: a - crystals of salt solution when treated with a cold fog generator; b - crystals of salt solution when treated with a hot fog generator)

Распределение размеров капель горячего тумана по площади поддона происходит неравномерно, коэффициент вариации составляет около 44,08 %, это обусловлено большей подвижностью капель меньшего размера. Показатели капель горячего и холодного тумана приведены в таблице.

Таблица – Показатели капель горячего и холодного тумана

Показатели	Размер капель		Количество капель на 1 см ²		Общая площадь капель, мкм ² на 1 см ² подложки	Общий объем капель, мкм ³	Соотношение объема к площади капель, мкм
	Средний размер, мкм	Среднее квадратич. отношение, мкм	Среднее количество, шт	Среднее квадратич. отношение, шт			
Холодный туман	25,52	6,94	7168	2056,08	27824	62337018	2240,40
Горячий туман	4,87	2,147	13912	3673,68	14336	841258	58,68
Сравнительное отношение	5,24	-	0,515	-	1,94	74,10	38,18

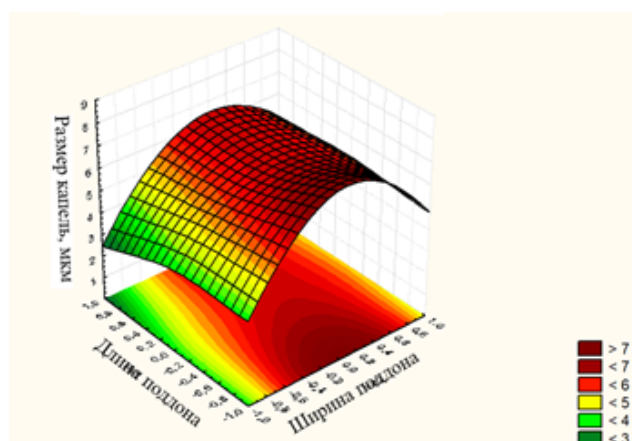


Рис. 4 – Зависимость распределения размеров капель горячего тумана по площади поддона
(Dependence of the distribution of the number of drops of hot mist over the area of the pallet)

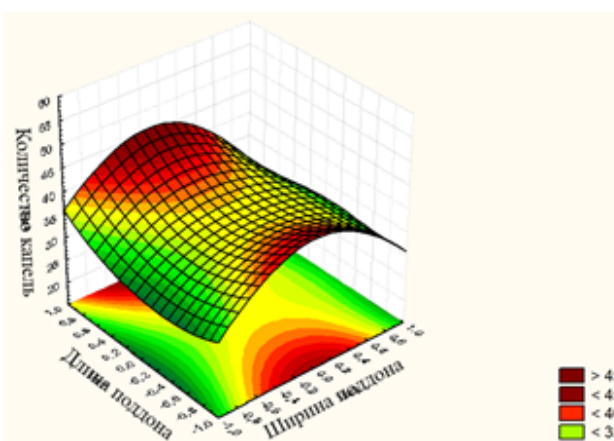


Рис. 5 – Зависимость распределения количества капель горячего тумана по площади поддона
(Dependence of the distribution of the number of drops of hot mist over the area of the pallet)



Анализ распределения количества капель горячего тумана по площади поддона показал высокую равномерность, коэффициент вариации составляет около 26,41 %. Высокая дисперсность горячего тумана обеспечивает хорошее распространение капель рабочего раствора при высокой плотности искусственных растений.

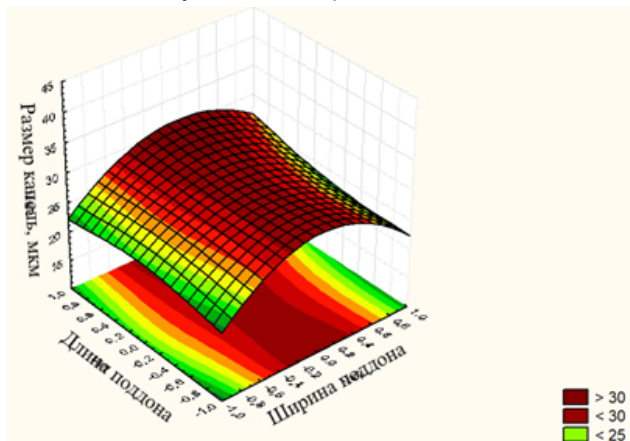


Рис. 6 – Зависимость распределения размеров капель холодного тумана по площади поддона

(Dependence of the distribution of the size of cold mist droplets over the area of the pallet)

Анализ распределения размеров капель холодного тумана по площади поддона показал, что размер капель более равномерный на всей ширине поддона в сравнении с горячим туманом, коэффициент вариации составляет около 27,19 %, это обусловлено значительной производительностью вентилятора, распределяющего капли аэрозоля.

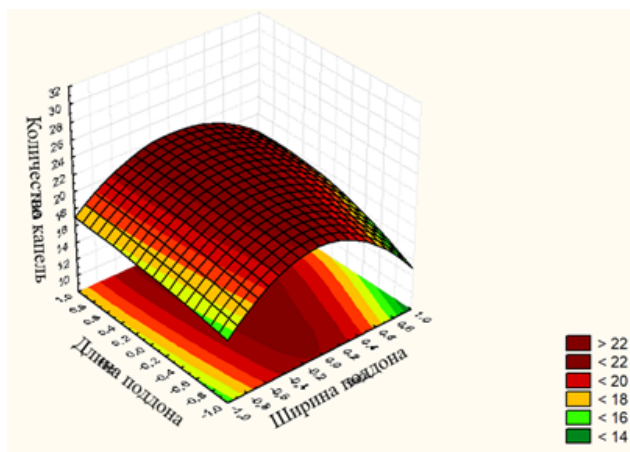


Рис. 7 – Зависимость распределения количества капель холодного тумана по площади поддона

(Dependence of the distribution of the number of drops of cold mist over the area of the pallet)

Анализ распределения количества капель холодного тумана по площади поддона показал высокую равномерность, коэффициент вариации составляет около 28,68 %. Высокая производительность вентилятора генератора холодного тумана способствует транспортировке капель, обеспечивая равномерность их распределения на уровне ге-

нератора горячего тумана. Следует отметить, что увеличение производительности воздушного потока будет способствовать повышению равномерности распределения капель как генератора холодного тумана, так и генератора горячего тумана.

Анализируя данные таблицы, можно заметить, что генератор горячего тумана осаждаёт большее в 1,94 раза количество капель, приходящееся на 1 см² подложки, хотя генератор холодного тумана обеспечивает почти в 2 раза большую площадь покрытия подложки. В то же время соотношение объема рабочего раствора и площади покрытия у генератора горячего тумана в 38,18 раз меньше, чем у генератора холодного тумана. Повышение дисперсности капель горячего тумана способствует снижению расхода рабочего раствора при значительной площади покрытия поверхности растений, особенно в труднодоступных зонах.

Заключение

В результате экспериментальных исследований установлено, что размер капель аэрозоля является важным фактором равномерного распределения и осаждения капель на труднодоступные зоны растения. Инерционное осаждение капель за счет направленного воздушного потока способствует равномерности распределения как размеров капель, так и их количества по площади распределения. Таким образом, применение генератора горячего тумана позволит существенного экономить расход рабочего раствора, особенно при использовании генератора горячего тумана совместно с вентиляторной установкой.

Список источников

1. Анализ технологий обработки биопрепаратами для стимуляции и защиты растений / М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкина, О. А. Тетерина [и др.] // Техническое обеспечение сельского хозяйства. – 2020. – № 1(2). – С. 122-127. – EDN KCZHTR.
2. Вихревой газожидкостный теплогенератор / А. И. Рудаков, Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, И. Р. Нафиков // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 94-102. – EDN XWNRIY.
3. Иванов, Б. Л. Повышение эффективности химической защиты растений с применением оригинальных форсунок / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, И. Х. Гайфуллин // Актуальные проблемы государственного и муниципального управления в условиях цифровой трансформации экономики : Научные труды II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 25–26 января 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 128-133. – EDN PICAOU.
4. Исследование работы генератора горячего тумана при обработке стеблестоя / М. Ю. Костенко, Р. В. Безносюк, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костыче-



ва. – 2019. – № 4(44). – С. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.

5. Ишматов, А. Н. Исследование развития высокодисперсного аэрозоля жидкости с учетом влияния слабоиспаряемой примеси / А. Н. Ишматов, Б. И. Ворожцов // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2010. – № 1. – С. 22-26. – EDN MUXFBN.

6. Ишматов, А. Н. Метод исследования тонкодисперсного распыления жидкостей / А. Н. Ишматов, Б. И. Ворожцов // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 7. – С. 653-656. – EDN OZFPNN.

7. Модернизированный прицепной агрегат малообъемного опрыскивания / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Т. Хохмут, А. В. Дмитриев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности : Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 199-204. – EDN UNVMYY.

8. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 3(54). – С. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655. – EDN HNUTDX.

9. Теория распыливания жидкости форсунками / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Р. Ф. Шарафеев, И. Р. Сагбиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2(53). – С. 95-99. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992. – EDN JZOEPE.

10. Тетерина, О. А. Обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов: диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Тетерина Ольга Анатольевна; [Место защиты: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева]. – Рязань, 2019. – 138 с. : ил. <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Обоснование%20параметров%20устройства%20предпосевной%20обработки%20семян%20горячим%20туманом%20%20Тетерина%20О.А..>

11. Федоренко, В. Ф. Технологические и методологические аспекты применения техники для

защиты растений в странах ЕС : Методические рекомендации / В. Ф. Федоренко, В. Г. Селиванов, В. М. Дринча. – Москва : Росинформагротех, 2016. – 160 с. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.

12. Хасанов, Э. Р. Научное обоснование и разработка технологических процессов и технических средств предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Э. Р. Хасанов. – Уфа, 2015. – 40 с. – EDN TVEDOD.

13. Chen X. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato // Plant, Soil and Environment 63(5). 2017. P. 201-206. DOI: 10.17221/24/2017-PSE

14. Da Piedade Melo A. Mixed rhizobia and Herbaspirillumseropedicae inoculations with humic acid-like substances improve water-stress recovery in common beans // Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4(1). 2017. URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0090-z>

15. Dos Santos L.H. Carbon of humic substances in soil aggregates cultivated with onion under no-till and conventional tillage systems // Idesia 36(1). 2018. P. 15-25. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100015>

16. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.

17. Sun Q. Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages // OP Conference Series: Earth and Environmental Science 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137

18. Teterin V., Terentyev V., Andreev K., Shemyakin A., Teterina O. Study of the parameters and operating modes of the installation for aerosol treatment of seed grain // E3S Web of Conferences. Ser. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. C. 02011. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302011

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Analiz tekhnologij obrabotki biopreparatami dlya stimulyacii i zashchity rastenij / M. YU. Kostenko, I. N. Goryachkina, O. A. Teterina [i dr.] // Tekhnicheskoe obespechenie sel'skogo hozyajstva. – 2020. – № 1(2). – С. 122-127. – EDN KCZHTP.

2. Vihrevoj gazozhidkostnyj teplogenerator / A. I. Rudakov, B. L. Ivanov, M. A. Lushnov, I. R. Nafikov // Agrarnaya nauka XXI veka. Aktual'nye issledovaniya i perspektivy : trudy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati d.t.n., professora Volkova I.E., Kazan', 04 iyunya 2021 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – С. 94-102. – EDN XWNRIY.

3. Ivanov, B. L. Povyshenie effektivnosti himicheskoy zashchity rastenij s primeneniem original'nyh forsunok / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, I. H. Gajfullin // Aktual'nye problemy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya v usloviyah cifrovoj transformacii ekonomiki : Nauchnye trudy II Vserossijskoj (nacional'noj)



nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu Kazanskogo GAU, Kazan', 25–26 yanvarya 2022 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. – S. 128-133. – EDN PICAOU.

4. Issledovanie raboty generatora goryachego tumana pri obrabotke steblestoya / M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk, I. N. Goryachkina [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2019. – № 4(44). – S. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.

5. Ishmatov, A. N. Issledovanie razvitiya vysokodispersnogo aerolya zhidkosti s uchetom vliyaniya slaboisparyaemoj primesi / A. N. Ishmatov, B. I. Vorozhcov // Kratkie soobshcheniya po fizike FIAN. – 2010. – № 1. – S. 22-26. – EDN MUXFBN.

6. Ishmatov, A. N. Metod issledovaniya tonkodispersnogo raspyleniya zhidkostej / A. N. Ishmatov, B. I. Vorozhcov // Optika atmosfery i okeana. – 2012. – T. 25. – № 7. – S. 653-656. – EDN OZFPFN.

7. Modernizirovannyj pricepnoj agregat maloob'emnogo opryskivaniya / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, T. Hohmut, A. V. Dmitriev // Global'nye vyzovy dlya prodovol'stvennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti : Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kazan', 01–03 iyulya 2021 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 199-204. – EDN UNVMYY.

8. Ocenka raspredeleniya kapel' dezinficiruyushchej zhidkosti po obrabatyvaemoj poverhnosti / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. I. Rudakov, M. A. Lushnov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T. 14. – № 3(54). – S. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655. – EDN HNUDX.

9. Teoriya raspylivaniya zhidkosti forsunkami / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, R. F. SHarafeev, I. R. Sagbiev // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T. 14. – № 2(53). – S. 95-99. – DOI 10.12737/article_5d3e174f90fe69.76703992. – EDN JZOZPE.

10. Teterina, O. A. Obosnovanie parametrov ustrojstva predposevnoj obrabotki semyan goryachim tumanom gumatov: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.20.01 / Teterina Ol'ga Anatol'evna; [Mesto zashchity: Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva]. – Ryazan', 2019. – 138 s. : il. <https://search.rsl.ru/ru/search?q=Obosnovanie%20parametrov%20ustrojstva%20predposevnoj%20obrabotki%20semyan%20goryachim%20tumanom%20%20Teterina%20O.A..>

11. Fedorenko, V. F. Tekhnologicheskie i metodologicheskie aspekty primeneniya tekhniki dlya zashchity rastenij v stranah ES : Metodicheskie rekomendacii / V. F. Fedorenko, V. G. Selivanov, V. M. Drincha. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2016. – 160 s. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.

12. Hasanov, E. R. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv predposevnoj obrabotki semyan sel'skohozyajstvennykh kul'tur : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / E. R. Hasanov. – Ufa, 2015. – 40 s. – EDN TVEDOD.

13. Chen X. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato // Plant, Soil and Environment 63(5). 2017. R. 201-206. DOI: 10.17221/24/2017-PSE

14. Da Piedade Melo A. Mixed rhizobia and Herbaspirillumseropedicae inoculations with humic acid-like substances improve water-stress recovery in common beans // Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4(1). 2017. URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0090-z>

15. Dos Santos L.H. Carbon of humic substances in soil aggregates cultivated with onion under no till and conventional tillage systems // Idesia 36(1). 2018. R. 15-25. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100015>

16. Droplet size of virocidic disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 maya 2021 goda. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.

17. Sun Q. Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages // OP Conference Series: Earth and Environmental Science 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137

18. Teterin V., Terentyev V., Andreev K., Shemyakin A., Teterina O. Study of the parameters and operating modes of the installation for aerosol treatment of seed grain // E3S Web of Conferences. Ser. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. S. 02011. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302011

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

Горячкина Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, gin.81@mail.ru

Ликучев Артем Игоревич, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, artem_likuchev@mail.ru



Юмаев Дмитрий Михайлович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, yumaeb@yandex.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, зав. кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Чаткин Михаил Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А.И. Лещанкина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, chatkinm@yandex.ru

Information about the authors

Goriachkina Irina N., Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, gin.81@mail.ru

Likuchev Artem I., Postgraduate Student, Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, artem_likychev@mail.ru

Yumaev Dmitry M., Postgraduate Student, Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yumaeb@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., Dr. Sc. Sciences, Head. Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, rgk.rgatu@yandex.ru

Chatkin Mikhail N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A.I. Leshchankin, National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev, chatkinm@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 10.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 697.9:65.29
DOI: 10.36508/RSATU.2022.26.67.012

**ПРИМЕНЕНИЕ АСПИРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА
В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕВАТОРА**

**Денис Сергеевич Ефимов¹, Ольга Евгеньевна Кротова²✉, Олег Николаевич Порываев³,
Татьяна Ильинична Тупольских⁴, Денис Алексеевич Степанов⁵**

^{1,5} Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К.Кортунова, г.Новочеркасск, Россия

^{2,4} Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, Россия

³ Волгоградский государственный аграрный университет, г.Волгоград, Россия

¹ efimow.denis809@yandex.ru

² alb9652@yandex.ru

³ poryffon@mail.ru

⁴ tupolskikh@mail.ru

⁵ dskylove@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель заключалась в исследовании эффективности использования аспирационного оборудования типа ББЦ и эффективности его использования на сегодняшний день по сравнению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности для процесса создания разрежения воздуха и удаления зерновой пыли при эксплуатации оборудования на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна.

Методология. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы об эффективности установок батарейных циклонов типа ББЦ был произведен расчет по количеству выбрасываемой зерновой пыли за период в 365 дней эксплуатации элеватора при режиме в 3 смены по «Временной методике расчёта плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов», в соответствии с «Методикой расчёта аспирационных установок и взрывозащитных устройств», серия 14, выпуск 1 «Промышленная безопасность взрывоопасных объектов хранения и переработки зерна».

Результаты. Согласно полученным результатам по произведенному расчету был установлен коэффициент очистки батарейных установок, который составил 95-96 %, количество удаленной зерновой пыли за год работы элеватора составляет 40,16 тонн. Данный показатель положительно влияет на оценку эффективности работы батарейных аспирационных установок типа ББЦ. Выявлен ряд недостатков и преимуществ аспирационных установок типа ББЦ в сравнении с современным аспирационным оборудованием на примере точечного локального фильтра.

Заключение. На сегодняшний день батарейные установки типа ББЦ являются эффективным аспирационным оборудованием, несмотря на неоспоримые преимущества инновационных точечных локальных фильтров, существенной проблемой которых является их малая универсальность.

Ключевые слова: элеватор, зерновая пыль, ББЦ, загрязнение, очистка

Для цитирования: Ефимов Д.С., Кротова О.Е., Порываев О.Н., Тупольских Т.И., Степанов Д.А. Применение аспирационного оборудования для предотвращения загрязнения воздушного бассейна в районе строительства элеватора // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, No 3. С.93-103 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.67.012>

Original article

**COMPARATIVE EFFICIENCY OF ASPIRATION EQUIPMENT FOR DUST PROTECTION
OF ELEVATOR COMPLEXES**

Denis S. Efimov¹, Olga E. Krotova²✉, Oleg N. Poryvaev³, Tatiana I. Tupolskikh⁴, Denis Alekseevich Stepanov⁵

^{1,5} Don State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after



A.K.Kortunov, Novocherkassk, Russia

^{2,4} Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

³ Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

¹efimow.denis809@yandex.ru

²alb9652@yandex.ru

³poryffon@mail.ru

⁴tupolskix@mail.ru

⁵dskylove@yandex.ru

Abstract.

The problem and the goal. The purpose was to study the efficiency of the use of aspiration equipment of the BC type and its efficiency of use today in comparison with the advanced achievements of aspiration technology in the elevator industry for the process of creating air dilution and removing grain dust during the operation of equipment using the example of a modern silo elevator with a capacity of 20,000 tons, in grain production, including acceptance and storage of air-conditioned grains.

Methodology. In order to achieve the purpose of the study and answer the research questions about the effectiveness of the installations of battery cyclones of the BC type, a calculation was made on the amount of grain dust emitted for a period of 365 days of elevator operation in 3 shifts according to the "Temporary method of calculating planned indicators for the protection of atmospheric air of grain processing enterprises and elevators", in accordance with the "Calculation Method aspiration installations and explosion-discharge devices", series 14, issue 1 "Industrial safety of explosive grain storage and processing facilities".

Results. According to the results obtained, according to the calculation, the cleaning coefficient of battery installations was established, which amounted to 95-96%, the amount of grain dust removed during the year of operation of the elevator is 40.16 tons. This indicator has a positive effect on the evaluation of the efficiency of battery-operated aspiration units of the BBTS type. A number of disadvantages and advantages of BBC type aspiration units over modern aspiration equipment have been identified on the example of a point local filter.

Conclusion. To date, battery installations of the BPC type are effective aspiration equipment, despite the undeniable advantages of innovative point local filters, the essential problem of which is their low versatility.

Key words: elevator, aspiration equipment, grain dust, BBTS, pollution, cleaning

For citation: Efimov D.S., Krotova O.E., Poryvaev O.N., Tupolskikh T.I., Stepanov D.A. Comparative efficiency of aspiration equipment for dust protection of elevator complexes. //Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 3, P 93-103 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.67.012>

Введение

Сельское хозяйство России – крупная отрасль экономики страны. Россия занимает первое место в мире по экспорту пшеницы. В частности, зерновая пищевая промышленность – один из основных источников дохода страны при экспорте сельхозпродукции [1,3]. В связи с перспективным развитием сельскохозяйственной промышленности, где экспорт зерна является стратегически важным фактором для экономики государства, возрастает актуальность строительства предприятий по хранению и переработке зерна. По статистическим данным на 2020 год общий объем экспорта сельскохозяйственного сырья и продовольствия достиг 30 млрд долларов [5,7].

Столь интенсивный рост развития этой отрасли влечет за собой активный спрос на строительство элеваторов. Основным сопутствующим явлением при работе такого предприятия является наличие зерновой пыли, которая содержит вредные вещества, влияющие на здоровье рабочих и населения близь расположенного от территории элеватора жилья [2,6,9]. Одним из жизненно важных элементов окружающей природной среды является атмосферный воздух [4,8,11]; особую опасность представляет нахождение частиц зерновой пыли в неразрезанном воздушном пространстве, что ведет к взрывоопасной ситуации на предприятии. Для избежания этого на элеваторах

согласно «Правилам безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья», утвержденных Приказом Ростехнадзора от 15 ноября 2016 года № 475, следует использовать специальное аспирационное оборудование.

На сегодняшний день для очистки воздуха от производственной пыли и ее удаления при транспортировке зерна на предприятии все чаще используют сравнительно современное оборудование, такое как точечные локальные фильтры [10,12]. Однако, параллельно новым техническим открытиям многие предприятия по-прежнему вот уже более полувека активно используют батарейные установки типа ББЦ, входящие в состав аспирационной сети [13]. Такой выбор обоснован значимыми факторами, которые исследованы и представлены в данной статье на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является аспирационное оборудование типа ББЦ и эффективность его использования на сегодняшний день по сравнению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности и для процесса создания разрежения воздуха и удаления



зерновой пыли при эксплуатации оборудования на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна (рис. 1).

В технологический комплекс входят следующие здания и сооружения:

1) устройство приема зерна из автотранспорта

на два проезда (поз. 1);

2) блок из двух бункеров для отходов (поз. 2);

3) устройство отгрузки зерна на автотранспорт ОАТ2хСКД5/7-45 (поз. 3);

4) пост управления и ПЩ (поз. 4);

5) емкости для хранения зерна СПД 18/19 - 4 шт, общей вместимостью 20000 тонн (поз. 5-8);

6) конвейерные надземные эстакады (поз. -12)

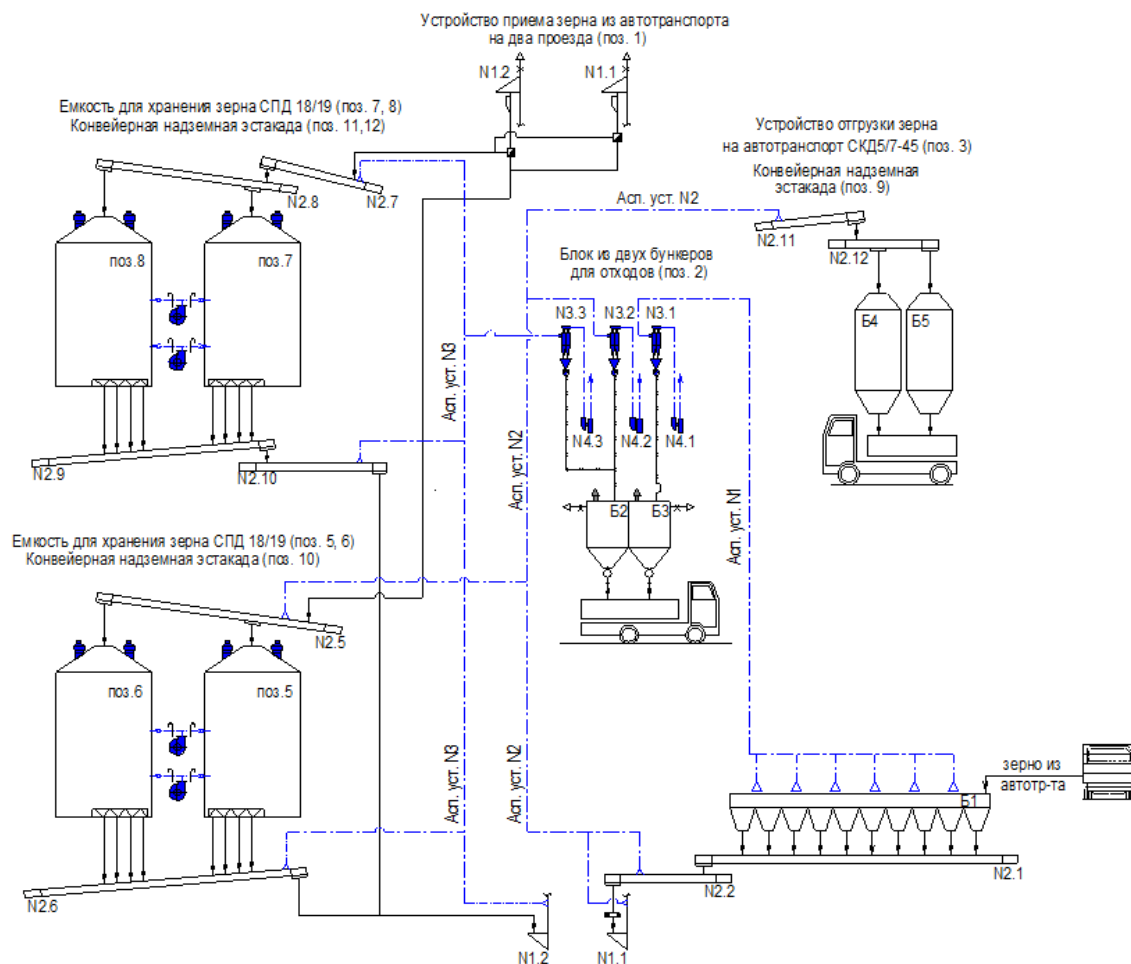


Рис. 1 – Технологическая схема элеватора вместимостью 20000 тонн
(Technological scheme of the elevator with a capacity of 20,000 tons)

Схемой технологического процесса предусмотрено выполнение следующих операций:

- приём зерна из автотранспорта с подачей в любой ряд емкостей для хранения зерна СПД 18/19;

- перекачка зерна из емкости в емкость, а также из каждого ряда емкостей в любой ряд емкостей;

- отгрузка зерна из емкостей для хранения зерна СПД 18/19 на автотранспорт.

Управление производством осуществляется автоматической системой управления технологическим процессом (АСУТП) на базе персональных компьютеров с установкой оборудования в помещении поста управления.

Режим работы – 3 смены, 365 дней в году.

Очистка воздуха в аспирационных установках предусмотрена на установках батарейных цикло-

нов ББЦ ООО «Корпорация «СКЭСС» с использованием вентиляторов фирмы «Завод «ВЕНТИЛЯТОР»». Для уменьшения объемов выбросов пыли до нормативных пределов предусмотрена аспирация всех мест пылеобразования. К таким местам относятся: место отгрузки зерна с автотранспорта в приемные бункера; башмаки нории; места загрузки и выгрузки конвейеров надсилосных, подсилосных и транспортирующих по предприятию. Произведена компоновка аспирационных сетей в общую сеть, по принципу согласованности и одновременности работы оборудования в целях более рационального использования энергоресурсов (табл.1). Расчет и подбор оборудования осуществлен на основе паспортных данных упомянутых выше фирм.



Таблица 1 – Компонировка аспирационных установок

Наименование аспируемых машин	Отм. установ- ки	Кол. ма- шин	Норма отсоса воздуха от 1 машины м³/час	Всего отса- сыв. воздуха м³/час	Пылеотделитель, вентилятор
Устройство приема зерна из автотранспорта на два проезда (поз. 1)					
Аспирационная установка №1					
Бункеры устройства приема зерна из автотранспорта Б1	0,000	1	1300x5	6500	Установка батарейная циклонов ББЦ-500 №3.1 Вентилятор ВЦП 7-40-5 №4.1
Qвент.=6500x1,05+150=6975 м³/час					
Аспирационная установка №2					
Нория II-175 №1.1	0,000	1	1540	3070	Установка батарейная циклонов ББЦ-350 №3.2 Вентилятор ВЦП 5-45-4,25 №4.2
Конвейер скребковый №2.2; №2.5; №2.11	-4,550 +10,500 +30,200	3	510x3		
Qвент.=3070x1,05+150=3376 м³/час					
Аспирационная установка №3					
Нория II-175 №1.2	-5,450	1	1540	3070	Установка батарейная циклонов ББЦ-350 №3.4 Вентилятор ВЦ 5-45-4,25 №4.4
Конвейер скребковый №2.6;№2.7; №2.10	0,000 0,000 +30,200	3	510x3		
Qвент.=3070x1,05+150=3376 м³/час					

Аспирационное оборудование предназначено для удаления зерновой пыли и газов, которые образуются в ходе работы технологического оборудования на предприятии.

Зерновая пыль – субстанция, состоящая из мелких частиц, возникающих от процесса трения зерен друг о друга и о стенки оборудования при перемещении на производстве. Зерновая пыль многогранна по своему составу. Она содержит минеральную пыль (почва), разрушенное зерно и

части растений, семена сорняков, мицелии и споры грибов, микробов, насекомых и клещей. Зерновая пыль и споры грибов опасны для здоровья работающих и населения прилегающих к предприятиям сельских территорий. Она является источником так называемой «зерновой лихорадки», хронических поражений лёгких («лёгкие фермеров») и других системных поражений внутренних органов (табл. 2).

Таблица 2 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) зерновой пыли

ПДК максимально концентрация зерновой пыли в атмосферном воздухе		
	разовая	среднесуточная
городское население	0,5 мг/м³	0,15 мг/м³
сельское население	0,5 мг/м³	0,15 мг/м³
ПДК зерновой пыли в воздухе рабочего пространства – 4 мг/м³		

Главной опасностью является легкая воспламеняемость этой субстанции в сочетании с созданием пониженного давления при транспортировке зерна. Она относится к 3-му классу опасности по токсичности и взрывоопасности.

Объектом исследования является аспирационное оборудование типа ББЦ и эффективность его использования на сегодняшний день по срав-

нению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности. Батарейные установки типа ББЦ предназначены для улавливания среднедисперсной пыли в системах пневмотранспорта и аспирационных установках (рис. 2).

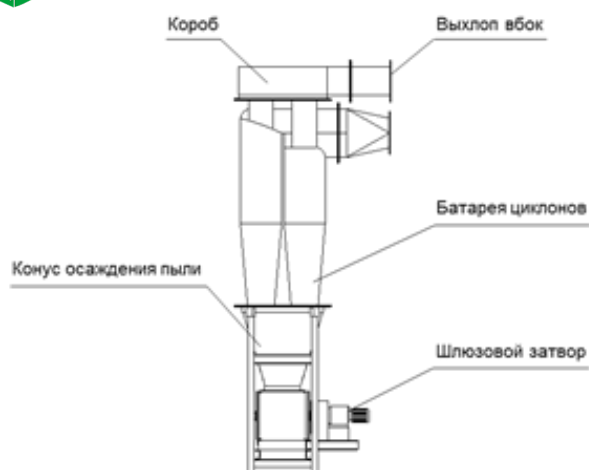


Рис. 2 – Батарейная установка типа ББЦ
(Battery installation of the BBTS type)



Рис. 3 – Схема движения воздушной массы в аспирационной установке №2 (табл. 1)
(Diagram of the movement of the air mass in the aspiration unit No. 2 (Table 1))

Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы об эффективности установок батарейных циклонов типа ББЦ был произведен расчет по количеству выбрасываемой зерновой пыли за период в 365 дней эксплуатации элеватора при режиме в 3 смены по «Временной методике расчёта плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов», в соответствии с «Методикой расчёта аспирационных установок и взрывозащитных устройств», серия 14, выпуск 1 «Промышленная безопасность взрывоопасных объектов хранения и переработки зерна».

Организованным источникам выбросов, соответственно номерам аспирационных установок, присвоены номера с №1 по №3.

Расчет производится по формуле:

$$m = V \times Z_k, \text{ г/сек},$$

где m – выброс пыли, г/сек;

V – объем воздуха, выбрасываемый источником, $\text{м}^3/\text{сек}$.

Z_k – концентрация пыли в воздухе после очистки, $\text{г}/\text{м}^3$.

Объем воздуха (V), выбрасываемый источником, определяется по формуле:

$$V = \frac{(\sum_{\text{оот}} \times 1,05) + Q_{\text{б.у.}}}{3600}, \text{ м}^3 / \text{сек},$$

где $Q_{\text{б.у.}}$ – количество воздуха, подсасываемого в циклонах, $\text{м}^3/\text{час}$.

Концентрация пыли в воздухе после очистки (Z_k) определяется по таблице 10 (приложение 32) «Методики расчёта аспирационных установок и взрывозащитных устройств» в зависимости от концентрации пыли и скорости воздуха на входе в пылеотделитель.



Устройство приема зерна из автотранспорта
на два проезда (поз. 1)
Источник № 1

Аспирационная установка № 1

Загрязняющее вещество	– пыль зерновая
Объем воздуха	– 1,94 м³/сек
Диаметр выхлопного воздуховода	– 0,50 м
Высота выброса	– 2,5 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	– 1450 час/год
Пылеотделитель	– установка батарейная циклонов ББЦ-500
Коэффициент очистки фильтра	– не менее 95 %

Наименование аспирируемого оборудования	Объем отсасываемого воздуха, м³/час	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, г/м³
Бункера устройства приема зерна из автотранспорта на два проезда	6500	1,3

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки - 1,21 г/м³
 Количество пыли в воздухе до очистки:
 $m = 1,21 \times 1,94 = 2,35$ г/сек
 Концентрация пыли в воздухе после очистки — 0,0625 г/м³

Выброс пыли после очистки составит:
 $m = 0,0625 \times 1,94 = 0,12$ г/сек; 0,63 т/год
 Коэффициент очистки батарейной установки составит - 95 %

Источник № 2

Аспирационная установка № 2

Загрязняющее вещество	– пыль зерновая
Объем воздуха	– 1,54 м³/сек
Диаметр выхлопного воздуховода	– 0,450 м
Высота выброса	– 11,9 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	– 1450 час/год
Пылеотделитель	– установка батарейная циклонов ББЦ-350
Коэффициент очистки фильтра	– не менее 96 %

Наименование аспирируемого оборудования	Объем отсасываемого воздуха, м³/час	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, г/м³
Нория II-175 №1.1	1540	2,0
Конвейер скребковый №2.2; №2.5; №2.11	510х3	0,8

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки — 1,28 г/м³.
 Количество пыли в воздухе до очистки:
 $m = 1,28 \times 0,94 = 1,2$ г/сек.
 Концентрация пыли в воздухе после очистки — 0,0513 г/м³

Выброс пыли после очистки составит:
 $m = 0,0513 \times 0,94 = 0,048$ г/сек; 0,25 т/год
 Коэффициент очистки батарейной установки составит - 96%

Источник № 3

Аспирационная установка № 3

Загрязняющее вещество	– пыль зерновая
Объем воздуха	– 1,54 м³/сек
Диаметр выхлопного воздуховода	– 0,450 м
Высота выброса	– 11,9 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	– 1450 час/год
Пылеотделитель	– установка батарейная циклонов ББЦ-350
Коэффициент очистки фильтра	– не менее 96 %



Наименование аспирируемого оборудования	Объем отсасываемого воздуха, м³/час	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, г/м³
Нория II-175 №1.2	1540	2,0
Конвейер скребковый №2.6; №2.7; №2.10	510х3	0,8

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки – 1,28 г/м³.

Количество пыли в воздухе до очистки:

$$m = 1,28 \times 0,94 = 1,2 \text{ г/сек.}$$

Концентрация пыли в воздухе после очистки – 0,0513 г/м³

Выброс пыли после очистки составит:

$$m = 0,0513 \times 0,94 = 0,048 \text{ г/сек; } 0,25 \text{ т/год}$$

Коэффициент очистки батарейной установки составит – 96 %

В процессе эксплуатации предприятия, кроме загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, образуются некормовые отходы от аспирационных установок №1-3, которые накапливаются в блоке из двух бункеров для отходов (поз. 2). По мере накопления отходы отгружаются на автотранспорт для вывоза на полигон ТБО.

Сводная таблица данных по организованным источникам выбросов аспирационных установок приведена в таблице 3. Количество и характеристика отходов приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Сводная таблица данных по организованным источникам выбросов аспирационных установок

№№ источников	Объем воздуха в сети м³/сек	Кол-во выделяемой пыли до очист. г/сек	Количество выделяемой пыли после очистки г/сек	Загрязняющее вещество	Тип пылеотделителя		Диаметр выхлопного воз-да, м	Высота выброса, м	Время работы источника, час/год
					Типа ББЦ	Коэффициент очистки %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,94	2,35	0,12	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-500	95,0	0,500	2,5	1450
2	0,94	1,12	0,048	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-350	96,0	0,355	11,9	1450
3	0,94	1,12	0,048	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-350	96,0	0,355	11,9	1450

Результаты исследований

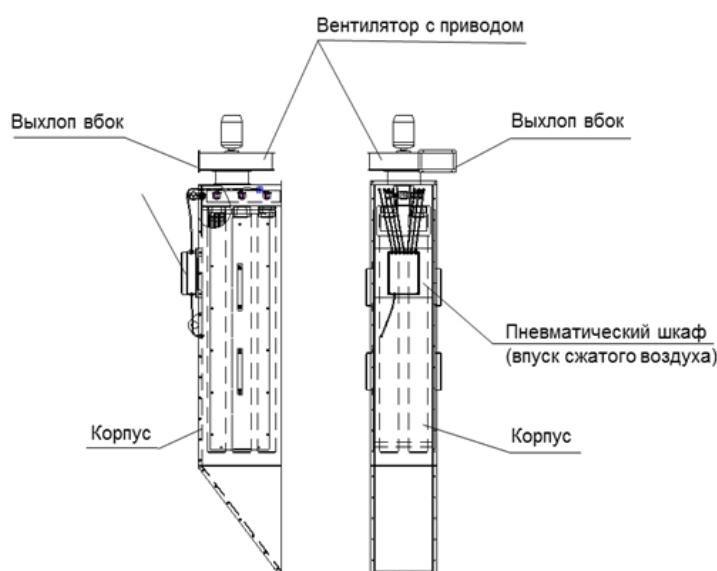
Согласно полученным результатам количество удаленной зерновой пыли за год работы элеватора составляет 40,16 тонн. Данный показатель положительно влияет на оценку эффективности работы батарейных аспирационных установок типа ББЦ. Выделенная зерновая пыль не только предотвращает пожаровзрывоопасную обстановку,

способствует сохранению здоровья работающих на предприятии и населения прилегающих к предприятию территорий, но и влияет на качество заготавливаемого для хранения зерна при крупном производстве. Это существенное преимущество данных установок перед точечными локальными фильтрами, принцип работы которых имеет немало другую специфику (рис. 4).



Таблица 4 – Количество и характеристика отходов

Наим.	Место образования отходов	Класс опасности	Физико-химическая характеристика отходов (состав, содержание элементов, состояние, влажность и т.д.)	Периодичность образования отходов	Кол-во отходов, т/год	Использование отходов (т/год)	
						Передано другим организациям	Складирование в накопителях, на полигонах
Некормовые отходы зернового сырья	Устройство приема зерна из автотранспорта на два проезда (поз. 1)	III	Пыль аспирационная, осаждаемая в установках батарейных циклонов	Постоянно	40,16	–	Вывоз на полигон ТБО

Рис. 4 – Локальный фильтр для вертикального монтажа
(Local filter for vertical mounting)

Локальный фильтр устанавливается непосредственно на оборудование, которое подлежит аспирации и работает параллельно с ним, то есть, когда транспортируется продукт и происходит образование пыли, запускается и локальный фильтр. Соответственно исчезает необходимость воздухопроводов. В момент, когда транспортное оборудование не работает, локальный фильтр также отключен. В каждом месте образующая пыль улавливается и возвращается эффективно в процессный поток, при этом поддерживается незначительное отрицательное давление в системе. В результате не происходит утилизация ценного продукта, повышается выход продукта и производительность. В этом заключается ряд преимуществ точечного локального фильтра.

Однако, так как принцип работы локального фильтра не предполагает отвода зерновой пыли,

а пускают ее обратно в продукт при транспортировке, сохраняя выход продукта, то при этом снижается качество заготавливаемого сырья, особенно это важно, если сырье идет на переработку в крупное или мукомольное производство.

Так как локальные фильтры работают, используя сжатый воздух, то обязательным пунктом становится постройка компрессорной, что приводит к большим расходам. Точечные локальные фильтры являются современной, высокоэффективной заменой централизованных систем аспирации. Но проблема заключается в том, что современные фирмы, выпускающие данные фильтры, изготавливают их акцентированно под размеры нового технологического оборудования. В связи с этим не каждое предприятие может подобрать фильтр под свой типоразмер и перейти на его использование.



Заключение

В связи с перспективным развитием сельскохозяйственной промышленности страны, где экспорт зерна является стратегически важным фактором для экономики государства, возрастает актуальность строительства предприятий по хранению и переработке зерна.

В данной статье были рассмотрены основные отрицательные факторы, сопутствующие эксплуатации элеватора. Было дано определение зерновой пыли, как субстанции из мелких частиц, заключающих в себе ряд негативных явлений: вред здоровью для работников предприятия и населения пунктов, входящих в район работы элеватора, провоцирующий заболевания легких; взрывопожароопасность; влияние на качество заготавливаемого продукта.

Для аспирации оборудования предприятия была выбрана батарейная аспирационная установка типа ББЦ. На примере предполагаемого современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна, была рассмотрена эффективность работы установок типа ББЦ.

По произведенному расчету был установлен коэффициент очистки батарейных установок, который составил 95-96 %. Количество отходов для утилизации составило 40,16 т/год.

Выявлен ряд недостатков и преимуществ аспирационных установок типа ББЦ в сравнении с современным аспирационным оборудованием на примере точечного локального фильтра. К недостаткам относится: необходимость в наличии аспирационной сети, включающей в себя различной протяженности воздуховоды, которые со временем стираются от постоянного соприкосновения абразивных частиц зерновой пыли со стенками трубы; осаждение в камерах части продукции совместно с зерновой пылью; обязательность утилизации собранных отходов. К преимуществам относится: высокая степень очистки; универсальность данной аспирационной установки для различного технологического оборудования; экономическая выгода, так как присутствует только потребление электроэнергии, нет необходимости в компрессорной установке в отличие от локальных фильтров.

Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день батарейные установки типа ББЦ являются эффективным аспирационным оборудованием, несмотря на неоспоримые преимущества инновационных точечных локальных фильтров, существенной проблемой которых является их малая универсальность.

Список источников

1. Анализ систем аспирации для малого зерноперерабатывающего производства / Калтыгин К.В., Пшенов Е.А. // В сборнике: Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ. Новосибирск,

2021. С. 295-299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47710385>

2. Опыт модернизации аспирационных установок / Смольников Д. // Комбикорма. 2013. № 11. С. 55-57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20519816>

3. Зернохранилища России – 2022 / Комбикорма. 2022. № 4. С. 24-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48242436>

4. Исследования в области механизации, охраны труда, аспирационных и пневмотранспортных установок / Володин Н.П., Егоров В.Т., Меньшин А.И. // В сборнике: 75 лет развития науки, технологии и техники хранения и переработки зерна. юбилейный сборник. Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки" (ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии); отв. ред. Мачихина Л. И., Москва, 2005. С. 131-136. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25785876>

5. Основные недостатки компоновочных решений аспирационных установок зерноперерабатывающих предприятий, возникающие на этапе проектирования / Лыткина Л.И., Григорьев Р.Г. // В сборнике: Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Материалы IV Международной научно-технической конференции. 2014. С. 262-264. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27287676>

6. Аспирационные и пневмотранспортные установки / Комбикорма. 2020. № 12. С. 36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44430399>

7. Исследование эффективности работы пылеочистительных установок на элеваторе / Сайфутдинов А.З. // В сборнике: Перспективы агропромышленного производства регионов России в условиях реализации приоритетного национального проекта "Развитие АПК". Материалы всероссийской научно-практической конференции (в рамках XVI Международной специализированной выставки "АгроКомплекс-2006"). МСХ РФ, МСХ РБ, АН РБ, Башкирский ГАУ, Башкирский НИИ СХ, ОАО Выставочный комплекс "Башкортостан", Башкирская выставочная кампания; ответственный за выпуск Г. Б. Кириллова. 2006. С. 185-187. Зерновая пыль. негативное влияние на экологию методы очистки / Теслюк В.С. // Наука через призму времени. 2018. № 12 (21). С. 22-23. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21549339>

8. Модернизация аспирационных установок на элеваторах / Смольников А. // Хлебопродукты. 2007. № 5. С. 49-52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16539735>

9. Проблемы аспирации оборудования подсилосного этажа элеватора / Земелькин В., Земелькин А. // Комбикорма. 2019. № 3. С. 32-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37179975>

10. Проблемы функционирования аспирационных установок и пути их совершенствования / Гапонюк О.И., Гончарук А.А., Липин А.П. // Научные труды Одесской национальной академии пи-



щевых технологий. 2014. Т. 46. № 1. С. 201-204. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28913508>

11. Аспирационная пылеулавливающая установка / Лаврентьева Л.М., Азаров А.В., Жукова Н.С., Евтушенко А.И., Тертишников И.В., Добринский Д.Р. // Патент на полезную модель 204195 U1, 14.05.2021. Заявка № 2020131157 от 22.09.2020. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38366142>

12. Высокоэффективная система очистки технологического воздуха для мукомольных, хлебопекарных и других пищевых предприятий / Тур-

чанинова Т.П., Гречанников М.В., Ейвин П.С. // Пищевая промышленность. 2016. № 6. С. 24-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26286859>

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. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302296>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Analiz sistem aspiracii dlya malogo zernopererabatyvayushchego proizvodstva / Kaltygin K.V., Pshenov E.A. / V sbornike: Sostoyanie i innovacii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya. Materialy XIII mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu kafedry Nadezhnosti i remonta mashin FGBOU VO Novosibirskogo GAU. Novosibirsk, 2021. S. 295-299. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47710385>

2. Opyt modernizacii aspiracionnyh ustanovok / Smol'nikov D. // Kombikorma. 2013. № 11. S. 55-57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20519816>

3. Zernohranilishcha rossii – 2022 / Kombikorma. 2022. № 4. S. 24-27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48242436>

4. Issledovaniya v oblasti mekhanizacii, ohrany truda, aspiracionnyh i pnevmotransportnyh ustanovok / Volodin N.P., Egorov V.T., Men'shenin A.I. // V sbornike: 75 let razvitiya nauki, tekhnologii i tekhniki hraneniya i pererabotki zerna. yubilejnyj sbornik. Rossijskaya akademiya sel'skohozyajstvennyh nauk, Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zerna i produktov ego pererabotki" (GNU VNIIZ Rossel'hoz akademii); otv. red. Machihina L. I., Moskva, 2005. S. 131-136. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25785876>

5. Osnovnye nedostatki komponovochnyh reshenij aspiracionnyh ustanovok zernopererabatyvayushchih predpriyatij, vznikayushchie na etape proektirovaniya / Lytkina L.I., Grigor'ev R.G. // V sbornike: Novoe v tekhnologii i tekhnike funkcional'nyh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenij. Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. 2014. S. 262-264. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27287676>

6. Aspiracionnye i pnevmotransportnye ustanovki / Kombikorma. 2020. № 12. S. 36. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44430399>

7. Issledovanie effektivnosti raboty pyleochistitel'nyh ustanovok na elevatore / Sajfutdinov A.Z. // V sbornike: Perspektivy agropromyshlennogo proizvodstva regionov Rossii v usloviyah realizacii prioritetnogo nacional'nogo proekta "Razvitie APK". Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (v ramkah HVI Mezhdunarodnoj specializirovannoj vystavki "AgroKompleks-2006"). MSKH RF, MSKH RB, AN RB, Bashkirskij GAU, Bashkirskij NII SKH, OAO Vystavochnyj kompleks "Bashkortostan", Bashkirskaya vystavochnaya kompaniya; otvetstvennyj za vypusk G. B. Kirillova. 2006. S. 185-187. Zernovaya pyl'. negativnoe vliyanie na ekologiyu metody ochistki / Teslyuk V.S. // Nauka cherez prizmu vremeni. 2018. № 12 (21). S. 22-23. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21549339>

8. Modernizaciya aspiracionnyh ustanovok na elevatorah / Smol'nikov A. // Hleboprodukty. 2007. № 5. S. 49-52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16539735>

9. Problemy aspiracii oborudovaniya podsilosnogo etazha elevatora / Zemel'kin V., Zemel'kin A. // Kombikorma. 2019. № 3. S. 32-33. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37179975>

10. Problemy funkcionirovaniya aspiracionnyh ustanovok i puti ih sovershenstvovaniya / Gaponyuk O.I., Goncharuk A.A., Lipin A.P. // Nauchnye trudy Odesskoj nacional'noj akademii pishchevyh tekhnologij. 2014. Т. 46. № 1. S. 201-204. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28913508>

11. Aspiracionnaya pyleulavlivayushchaya ustanovka / Lavrent'eva L.M., Azarov A.V., Zhukova N.S., Evtushenko A.I., Tertishnikov I.V., Dobrinskij D.R. // Patent na poleznuyu model' 204195 U1, 14.05.2021. Заявка № 2020131157 от 22.09.2020. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38366142>

12. Vysokoeffektivnaya sistema ochistki tekhnologicheskogo vozduha dlya mukomol'nyh, hlebopekarnykh i drugih pishchevyh predpriyatij / Turchaninova T.P., Grechannikov M.V., Ejvin P.S. // Pishchevaya promyshlennost'. 2016. № 6. S. 24-26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26286859>

13. Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa / Sbornik nauchnyh trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V ramkah Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii: vystavok «Interagromash», «Agrotekhnologii», 2021. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46302296>



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

Ефимов Денис Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнического строительства, Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К.Кортунова, efimow.denis809@yandex.ru

Кротова Ольга Евгеньевна, д-р биол. наук, профессор кафедры техника и технологии пищевых производств, Донской государственный технический университет, alb9652@yandex.ru

Порываев Олег Николаевич, аспирант Волгоградский государственный аграрный университет, poryffon@mail.ru

Тупольских Татьяна Ильинична, канд. техн. наук, доцент кафедры техника и технологии пищевых производств, Донской государственный технический университет, tupolskix@mail.ru

Степанов Денис Алексеевич, магистрант, Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К.Кортунова, г.Новочеркасск, Россия, dskylove@yandex.ru

Information about the authors

Efimov Denis S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydraulic Engineering, Don State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K.Kortunov, efimow.denis809@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

Poryvaev Oleg N., Postgraduate student Volgograd State Agrarian University, poryffon@mail.ru

Tupolskikh Tatiana I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Technology of Food Production, Don State Technical University, tupolskix@mail.ru

Stepanov Denis A., master, of the Department of Hydraulic Engineering, Don State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K.Kortunov, dskylove@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №3, с. 105-112
Vestnik RGATU, 2022, Vol. 14, №3, pp 105-112

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.43
DOI: 10.36508/RSATU.2022.53.64.013

**ДЕВБАЛЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЕЙ АПК**

Светлана Дмитриевна Полищук

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань,
Россия
svpolishuk@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Техническое состояние двигателей внутреннего сгорания в процессе эксплуатации изменяется неравномерно, а существующие системы оповещения об опасном состоянии срабатывают, когда их эксплуатация уже невозможна. Цель – использовать девбалльный метод оценки состояния двигателей путем перевода фактических значений эксплуатационных показателей в безразмерную величину (девбалл).

Методология. Объект исследования – двигатель внутреннего сгорания и его техническое состояние при выполнении ремонтных работ. Известна автоматическая система с нейро-нечеткой сетью для комплексной технической диагностики и управления энергетической установкой с модулем диагностики, который содержит блок комплексной диагностики и блок сортировки; система содержит также интеллектуальный модуль; логический модуль; блок знаний, блок автоматизированного нейроуправления, многомерную базу данных, блок ручного ввода информации; блок автоматического рабочего места оператора и блок формирования отчетов. Для обработки данных представлен девбалльный метод оценки технического состояния. Разработанный метод и диагностический комплекс позволяют осуществлять постоянный контроль двигателя на протяжении всего периода эксплуатации

Результаты. Предложена новая классификация эксплуатационных показателей, учитывая которые разработан метод оценки, основанный на переводе эксплуатационных показателей дизеля в безразмерную величину, исчисляемую от 0 до 9 (девбалл). Разработанный девбалльный метод для оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания в процессе эксплуатации позволяет своевременно оповещать об опасном техническом состоянии двигателя внутреннего сгорания в рамках нормативно-технической документации.

Заключение. Создана принципиальная схема экспериментальной установки по оценке технического состояния двигателей внутреннего сгорания и девбалльный блок, который предназначен для перевода фактических значений эксплуатационных показателей в безразмерную величину (девбалл), что способствует выделению категории опасности.

Ключевые слова: оценка технического состояния, двигатель внутреннего сгорания, диагностирование, девбалльная установка

Для цитирования: Полищук С.Д. Девбалльный метод оценки технического состояния при ремонте двигателей внутреннего сгорания в условиях эксплуатации автомобилей АПК // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. с 105-112 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.53.64.013>

Original article

**THE NINE-SCORE METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION
OF OPERATING DIESEL ENGINES**

Svetlana Dmitrievna Polishchuk

Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia
svpolishuk@mail.ru

**Abstract.**

Problem and purpose. The technical condition of internal combustion engines during operation changes unevenly, and the existing systems for warning about a dangerous condition are triggered when their operation is no longer possible. The purpose was to use a nine-score method for assessing the condition of engines by converting the actual values of performance indicators into a dimensionless value (nine-score).

Methodology. The object of research was the internal combustion engine and its technical condition during repair work. The known automatic system with a neuro-fuzzy network for complex technical diagnostics and power plant control contained a diagnostic module, which contains a complex diagnostic unit and a sorting unit, as well as an intelligent module; logic module; knowledge block, automated neurocontrol block, multidimensional database, manual information input block; block of an automatic workplace of the operator and the block of formation of reports. To process data, a nine-score method for assessing the technical condition was presented. The developed method and diagnostic complex allow constant monitoring of the engine throughout the entire period of operation.

Results. A new classification of performance indicators was proposed. Taking it into account an assessment method was developed based on the conversion of diesel performance indicators into a dimensionless value calculated from 0 to 9 (nine-score). The developed nine-score method for assessing the technical condition of operating internal combustion engines allowed timely notification of a dangerous technical condition of an internal combustion engine within the framework of regulatory and technical documentation.

Conclusion. A schematic diagram of an experimental setting for assessing the technical condition of internal combustion engines and a nine-score block was created, which was designed to convert the actual values of operational indicators into a dimensionless value (nine-score), which contributed to the allocation of a hazard category.

Key words: assessment of the technical condition, internal combustion engine, diagnostics, nine-score setting

For citation: Polishchuk S.D. The nine-score method for assessing the technical condition of operating diesel engines. //Herald of Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 3, P. 105-112 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.53.64.013>

Введение

Эксплуатация сельскохозяйственной техники приводит к разрушению рабочих деталей, которые восстанавливают разными способами [1-4], придавая восстанавливаемым агрегатам требуемые эксплуатационные свойства. Такой процесс бывает достаточно трудоемким, поэтому легче предупредить поломку, используя интерактивные методы контроля за рабочим состоянием агрегатов. Необходимы исследования по разработке методик определения технического состояния дизелей автомобилей в сельскохозяйственном производстве для определения оптимальной периодичности профилактики элементов дизеля. Проведенные исследования показывают, что работоспособность большинства машин определяется чаще всего не отказами, а изменениями свойств работы отдельных структур, которые возможно устранить, не допуская отказ работы двигателя.

Автоматическая система с нейро-нечеткой сетью для комплексной технической диагностики и управления энергетической установкой работает следующим образом. Модуль диагностики осуществляет непрерывный контроль фактических значений диагностических показателей энергетической установки и параметров внешней среды (температура окружающей среды) через блок комплексной диагностики, которые сортируются блоком сортировки на группы [5,6]. Перед проведением технического обслуживания автомобиля диагностика обязательна, что определяется потребностью в выполнении ремонтных работ.

К самым распространенным неисправностям двигателей внутреннего сгорания относятся: падение мощности, уменьшение компрессии в цилиндрах, повышенный расход моторного масла, наличие вибраций. К основным причинам вибра-

ции двигателей внутреннего сгорания относятся неравномерная работа поршней или отказ одного из поршней, разбалансировка коленчатого вала. Предлагаемый девбалльный метод оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания позволит перевести фактические значения эксплуатационных показателей (прямых и обратных) в безразмерную величину (девбалл) на основе кривой нормального распределения [7-12]. Это облегчит контроль за работой, тогда как существующие системы оповещения об опасном состоянии двигателя срабатывают, когда его эксплуатация уже невозможна [11,12].

Результаты исследования

Система комплексной оценки технического состояния дизеля [13-15] (рис.1) содержит пьезоэлектрический преобразователь температуры 1 с усилителем электрического сигнала 2, пьезоэлектрический преобразователь вибрации 3 с усилителем электрического сигнала 4, а также модуль технического состояния 5, включающий блок исходной информации 6, первый микроконтроллер 7, второй микроконтроллер 8, третий микроконтроллер 9, цифровой экран 10.

Система работает следующим образом. Двигатель внутреннего сгорания (на рисунке не показан) работает в диагностическом режиме с выделением отработанных газов в выхлопной коллектор (выхлопной коллектор на фигуре не показан). Пьезоэлектрический преобразователь температуры 1 и пьезоэлектрический преобразователь вибрации 3 установлены на стенке выхлопного коллектора (стенка выхлопного коллектора на фигуре не показана). Электрические сигналы от пьезоэлектрических преобразователей поступают на усилители электрических сигналов 2; 4 и передаются на модуль технического состояния.



Фактическое напряжение с усилителя пьезоэлектрического преобразователя температуры передаётся на первый микроконтроллер 7, который определяет температурный признак по формуле:

$$ТП = \frac{1}{8 \cdot \sigma_{U_t}} \cdot (U_{t_{\text{факт}}} - M_{U_t} + \sigma_{U_t}) \quad (1)$$

где σ_{U_t} – стандартное отклонение напряжения с преобразователя, Вт; $U_{t_{\text{факт}}}$ – фактическое напряжение, Вт; M_{U_t} – среднее арифметическое, Вт.

Фактическое напряжение с усилителя пьезоэлектрического преобразователя вибрации передаётся на второй микроконтроллер 8, который определяет вибрационный признак по формуле:

$$ВП = \frac{1}{8 \cdot \sigma_{U_v}} \cdot (U_{v_{\text{факт}}} - M_{U_v} + \sigma_{U_v}) \quad (2)$$

где σ_{U_v} – стандартное отклонение напряжения пьезоэлектрического преобразователя вибрации, Вт; $U_{v_{\text{факт}}}$ – фактическое напряжение

пьезоэлектрического преобразователя вибрации, Вт; M_{U_v} – среднее арифметическое значение напряжения пьезоэлектрического преобразователя вибрации, Вт.

При этом первый и второй микроконтроллеры 7 и 8 получают стандартные отклонения напряжений пьезоэлектрического преобразователя температуры σ_{U_t} и пьезоэлектрического преобразователя вибрации σ_{U_v} и средние арифметические значения напряжений M_{U_t} и M_{U_v} из блока исходной информации 6.

Далее первый микроконтроллер 7 и второй микроконтроллер 8 передают рассчитанные значения температурного и вибрационного признаков на третий микроконтроллер 9, который определяет комплексный признак КО по формуле:

$$КО = \frac{ТП + ВП}{2} \quad (3)$$

где ТП – температурный признак;

ВП – вибрационный признак.

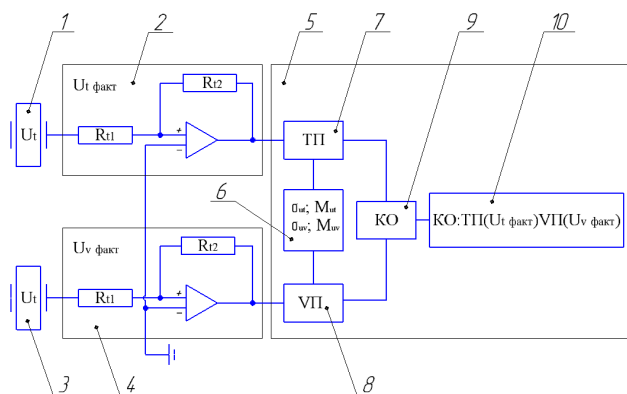


Рис. 1 – Схема комплексной оценки технического состояния дизеля.
(The scheme for a comprehensive assessment of the technical condition of a diesel engine)

Микроконтроллер 9 передаёт комплексный признак КО, температурный ТП и вибрационный ВП признаки на цифровой экран в виде цифрового кода: КО:ТП($U_{t_{\text{факт}}}$)ВП($U_{v_{\text{факт}}}$) [7].

Девбалльный метод оценки состояния двигателей представлен на рисунке 2.

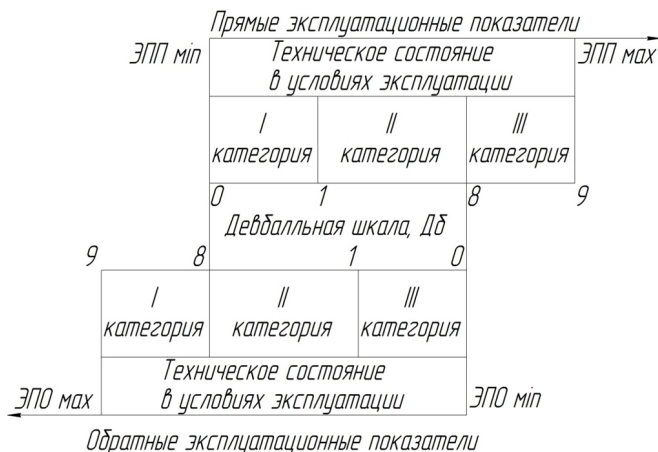


Рис. 2 – Девбалльный метод оценки технического состояния дизелей в условиях эксплуатации
(Nine-score method for assessing the technical condition of operating diesel engines)



Предложена новая классификация эксплуатационных показателей по направлению оси X кривой нормального распределения. Прямые: увеличиваются по направлению оси X (прямо) кривой нормального распределения; обратные: увеличи-

ваются обратно направлению оси X (обратно) кривой нормального распределения. Классификация эксплуатационных показателей по направлению оси X кривой нормального распределения представлена в табл.

Таблица – Классификация эксплуатационных показателей по направлению оси X кривой нормального распределения

Прямые эксплуатационные показатели (ЭПП)		Обратные эксплуатационные показатели (ЭПО)	
Стандартное отклонение, σ			
ЭППmin	ЭППmax	ЭПОmin	ЭПОmax
M- σ	M+2 σ	M+ σ	M-2 σ
Девбалльная шкала, Дб			
0	9	9	0

Разработаны формулы по переводу фактических значений прямых эксплуатационных показателей Дб_{эпп} в девбалл:

$$Дб_{эпп} = \frac{3}{\sigma_{эпп}} (\text{ЭПП}_{\text{факт}} - M_{эпп} + \sigma_{эпп}), Дб \quad (4)$$

где $\sigma_{эпп}$ – стандартное отклонение для прямых эксплуатационных показателей;

$\text{ЭПП}_{\text{факт}}$ – фактическое значение прямого эксплуатационного показателя;

$M_{эпп}$ – среднее арифметическое значение прямого эксплуатационного показателя.

Стандартное отклонение для прямых эксплуатационных показателей $\sigma_{эпп}$ определяется по формуле:

$$\sigma_{эпп} = \frac{\text{ЭПП}_{\text{min}} - \text{ЭПП}_{\text{max}}}{3} \quad (5)$$

где ЭПП_{min} – минимальное значение прямого эксплуатационного показателя;

ЭПП_{max} – максимальное значение прямого эксплуатационного показателя.

Среднее арифметическое значение $M_{эпп}$ определяется по формуле:

$$M_{эпп} = \text{ЭПП}_{\text{min}} + \frac{\text{ЭПП}_{\text{min}} - \text{ЭПП}_{\text{max}}}{3} \quad (6)$$

Например, перевод максимального давления в цилиндре Дб_{рз} (тип: прямой) в безразмерную величину (девбалл) осуществляется по формуле:

$$Дб_{рз} = \frac{3}{\sigma_{эпп}} \left(\frac{\lambda R_{\mu} M_a T_a}{V_a} \varepsilon^{n1} - M_{эпп} + \sigma_{эпп} \right), Дб \quad (7)$$

где $\sigma_{эпп}$ – стандартное отклонение;

$M_{эпп}$ – среднее арифметическое значение;

λ – степень повышения давления при сгорании, равная 1,325;

R_{μ} – универсальная газовая постоянная, равная 8,32 Дж/(моль·К);

M_a – количество газообразных продуктов, моль;

T_a – температура воздуха в цилиндре на момент сжатия, К;

V_a – полный объем цилиндра, м³;

ε – геометрическая степень сжатия, равная

13,5;

n_1 – показатель политропы сжатия, равный

1,38.

Разработаны формулы по переводу фактических значений обратных эксплуатационных показателей Дб_{эпо} в девбалл:

$$Дб_{эпо} = -\frac{3}{\sigma_{эпо}} (\text{ЭПО}_{\text{факт}} - M_{эпо} - \sigma_{эпо}) \quad (8)$$

где $\sigma_{эпо}$ – стандартное отклонение для обратных эксплуатационных показателей;

$\text{ЭПО}_{\text{факт}}$ – фактическое значение обратного эксплуатационного показателя;

$M_{эпо}$ – среднее арифметическое значение обратного эксплуатационного показателя.

Стандартное отклонение $\sigma_{эпо}$ определяется по формуле:

$$\sigma_{эпо} = -\frac{\text{ЭПО}_{\text{min}} - \text{ЭПО}_{\text{max}}}{3} \quad (9)$$

где ЭПО_{min} – минимальное значение обратного эксплуатационного показателя;

ЭПО_{max} – максимальное значение обратного эксплуатационного показателя.

Среднее арифметическое значение $M_{эпо}$ определяется по формуле:

$$M_{эпо} = \text{ЭПО}_{\text{min}} - \frac{\text{ЭПО}_{\text{min}} - \text{ЭПО}_{\text{max}}}{3} \quad (10)$$

Теоретическая закономерность изменения технического состояния ($ТС_{\text{расч}}$) дизелей в процессе эксплуатации определяется по формуле:

$$ТС_{\text{расч}} = \frac{\sum Дб_{эпп} + \sum Дб_{эпо}}{n}, Дб \quad (11)$$



где $\sum Db_{\text{эпп}}$ – сумма девбаллов для прямых эксплуатационных показателей;

$\sum Db_{\text{эпо}}$ – сумма девбаллов для обратных эксплуатационных показателей;

n – общее количество измеряемых эксплуатационных показателей.

Математическая модель позволяет рассчитать фактические значения эксплуатационных показателей с учётом внешних условий и дать общую оценку технического состояния (девбалльный код, категория) для различных типов двигателей внутреннего сгорания.

Для оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания показаны принципиальная схема и девбалльный блок (рис. 3), который предназначен для перевода фактических значений эксплуатационных показателей в безразмерную величину (девбалл) и выделения категории:

- I категория: $0 \leq TC \leq 1$;
- II категория: $1 < TC < 8$;
- III категория: $8 \leq TC \leq 9$.

Девбалльная установка для оценки технического состояния работает следующим образом (рис. 4). Двигатель внутреннего сгорания 1 работает на полной мощности. Пьезоэлектрические датчики 3 (А, В, С, D, Е) на технических системах 2 преобразуют эксплуатационные параметры в напряжения электрической сети (UA, UB, UC, UD, UE). Напряжения электрической сети в операционных системах 4 преобразуются в фактические напряжения электрической сети (UAфакт, UBфакт, UCфакт, UDфакт, UEфакт). Фактическое напряжение электрической сети UAфакт для технической системы А определяется по формуле [2]:

$$UA_{\text{факт.}} = - \frac{RA_2}{RA_1} UA \quad (12)$$

где RA_1 – прямое сопротивление для технической системы А, Ом;

RA_2 – обратное сопротивление для технической системы А, Ом;

UA – напряжение электрической сети для технической системы А, В.

Микроконтроллер 5 на основе программного обеспечения преобразует фактические напряжения в показатели технического состояния. Техни-

ческое состояние формируется следующим образом:

$$(TCA; TCB; TCC; TCD; TCE) \quad (13)$$

где TCA – техническое состояние для системы А;

TCB – техническое состояние для системы В;

TCC – техническое состояние для системы С;

TCD – техническое состояние для системы D;

TCE – техническое состояние для системы Е.

Например, техническое состояние для системы А определяется по формуле:

$$A = \frac{3}{\sigma_A} (UA_{\text{факт}} - MA + \sigma_A) \quad (14)$$

где $UA_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряжения, поступившего от системы А;

MA – среднее арифметическое значение для системы А;

σ_A – стандартное отклонение для системы А.

Среднее арифметическое значение для системы А определяется по формуле:

$$MA = UA_{\min} + \frac{UA_{\max} - UA_{\min}}{3} \quad (15)$$

где $UA_{\min}$ и $UA_{\max}$ – предельные значения напряжений в рамках нормативно технической документации (НТД) для системы А, которые хранятся в блоке исходной информации 6.

Общее техническое состояние ДВС в рамках НТД определяется по формуле:

$$T_{\text{Собщ}} = \frac{TCA + TCB + TCC + TCD + TCE}{n} \quad (16)$$

где n – количество параметров.

Общее техническое состояние ДВС в рамках НТД ТС передается из микроконтроллера 5 на девбалльный блок 7 через аналоговый преобразователь 8, который выделяет опасное техническое состояние следующим образом: $6 < TCK \leq 9$: II категория (опасное техническое состояние дизеля), загорается цветовая секция опасного те.

На рисунках 3, 4 показана модель математической оценки технического состояния двигателей совместно с девбалльным модулем и девбалльная установка для оценки технического состояния двигателей в рамках нормативно-технической документации.

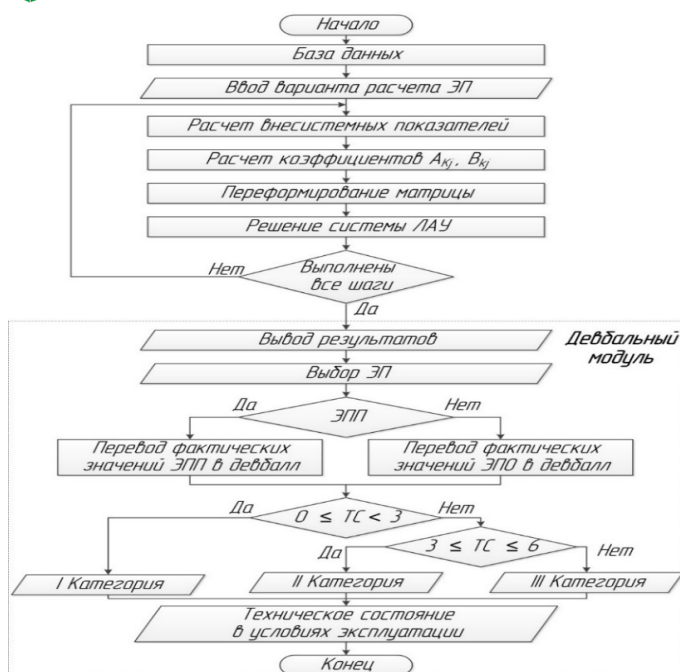


Рис. 3 – Модель математической оценки технического состояния двигателей совместно с девбалльным модулем.
(The model of mathematical assessment of the technical condition of engines together with the nine-score module)

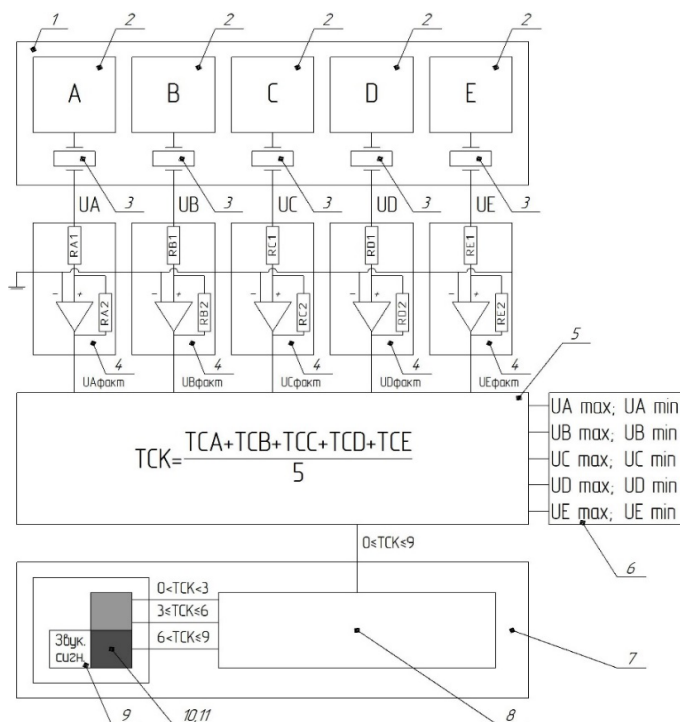


Рис. 4 – Девбалльная установка для оценки технического состояния двигателей в рамках нормативно-технической документации: 1 – дизель; 2 – техническая система; 3 – пьезоэлектрический датчик; 4 – операционная система; 5 – микроконтроллер; 6 – блок исходной информации; 7 – девбалльный блок; 8 – преобразователь; 9 – сигнальщик; 10, 11 – цветные секции

(The nine-score setting for assessing the technical condition of engines in the framework of regulatory and technical documentation:

1 - diesel engine; 2 - technical system;
3 - piezoelectric sensor; 4 - operating system;
5 - microcontroller; 6 - block of initial information; 7 - nine-score block; 8 - converter; 9 - signalman; 10, 11 - color sections)

Закключение

Работа актуальна, так как от технического состояния двигателей внутреннего сгорания зависят экономические и эксплуатационные показатели всей энергетической установки автомобиля. Разработанный девбалльный метод для оценки технического состояния позволяет в рамках нормативно-технической документации своевременно оповещать об опасном техническом состоянии двигателя и самого автомобиля.

Список источников

1. Чурилов, Д.Г. Комбинированный способ восстановления и упрочнения деталей сельскохозяй-

ственной техники типа "вал" с использованием легированных ферромагнитных порошков/ Д.Г. Чурилов//Диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03. Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск.- 2014.- 158 с.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22348008>

2. Полищук, С.Д. Восстановление сельскохозяйственной техники и оборудования гальваническими покрытиями на основе железа/ С.Д. Полищук, Ю.А. Стекольников, Д.Г. Чурилов, Н.Ю. Стекольников, И.С. Арапов //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2019. - № 3 (43). - С. 130-



135-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41485504>

3. Черноиванов, В.И. Инновационные методы повышения послеремонтной надежности сельскохозяйственной техники и инвестиционной привлекательности ремонтно-обслуживающих предприятий в АПК / В.И. Черноиванов, В.Ф. Федоренко, Р.Ю. Соловьев, А.К. Ольховацкий, и др. // Монография под общей ред. В.И. Черноиванова. – М.: ГНУ ГОСНИТИ. – 2012. – 399 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18956301>

4. Халфин, М.А. Качество и надежность новой и отремонтированной сельскохозяйственной техники. / М.А. Халфин // Журнал МТС. М.: ГОСНИТИ, – 1998-№ 5, с. 37-41. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=6561798>

5. Габитов И.И. Информационно-измерительный комплекс для исследований топливоподающих систем автотракторных дизелей. Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей. / И.И. Габитов, А.В. Неговора, М.Д. Гафуров // Сб. научн. тр. пост. действ. семинара стран СНГ, С-Пб.:СПбГАУ, 2000. – 118 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26067310>

6. Чичиланов, И.И. Обзор методов и средств диагностирования двигателей тракторов / А.Г. Арженовский, И.И. Чичиланов // Совершенствование конструкций и повышение эффективности эксплуатации колесных и гусеничных машин в АПК: Межвузовский сб. науч. тр. – Зерноград, 2010. – С. 16-21. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15277646>

7. Чичиланов, И.И. Методика и результаты диагностирования тракторных дизелей с ГТН / А.Г. Арженовский, С.В. Асатурян, И.И. Чичиланов // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – №5 (38). – С. 167-170. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=33820622>

8. Габитов, И.И. Малогабаритный стенд для испытания топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей / И. И. Габитов, Р. В. Ягодин, А. Ф. Ахметов, В. А. Ильин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 57-59. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15101767>

9. Савочкин, А.А. Методы технического диагностирования дизелей / А. А. Савочкин, И. С. Костин,

Д. О. Панин [и др.]. // Молодой ученый. — 2020. — № 14 (304). — С. 88-90. — URL: <https://moluch.ru/archive/304/68490/>

10. Чемазоков, М. М. Улучшение показателей работы тракторных дизелей путем совершенствования режима настройки топливных насосов высокого давления при выполнении ремонтно-обслуживающих работ : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – Нальчик. – 2006. – 22 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15895837>

11. Буклагина, Г. В. Улучшение показателей работы тракторных дизелей путем оптимизации параметров топливоподачи при выполнении ремонтно-обслуживающих работ / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2002. – № 4. – С. 989. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=6563992>

12. Лянденбургский, В. В. Контроль электрооборудования автомобилей вероятностно-логическим методом поиска неисправностей / В. В. Лянденбургский, М. В. Нефедов, А. В. Лонцакова // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 37-40. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29203583>

13. Вероятностный подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, А. И. Тарасов, И. Е. Долганов // Вестник Таджикского технического университета. – 2013. – № 1(21). – С. 57-60. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19424328>

14. Кулешов, А. С. Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС : специальность 05.04.02 "Тепловые двигатели" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Кулешов Андрей Сергеевич. – Москва, 2012. – 157 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19261856>

References

1. Churilov, D.G. *Kombinirovannyj sposob vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki tipa "val" s ispol'zovaniem legirovannyh ferromagnitnyh poroshkov* / D.G. Churilov // *Dissertaciya ... kandidata tekhnicheskix nauk: 05.20.03. Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Michurinsk.* – 2014. – 158 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22348008>

2. Polishchuk, S.D. *Vosstanovlenie sel'skohozyajstvennoj tekhniki i oborudovaniya gal'vanicheskimi pokrytiami na osnove zheleza* / S.D. Polishchuk, YU.A. Stekol'nikov, D.G. Churilov, N.YU. Stekol'nikova, I.S. Arapov // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva.* – 2019. – № 3 (43). – С. 130-135 – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41485504>

3. Chernoi Ivanov, V.I. *Innovacionnye metody povysheniya posleremontnoj nadezhnosti sel'skohozyajstvennoj tekhniki i investicionnoj privlekatel'nosti remontno-obsluzhivayushchih predpriyatij v APK* / V.I. Chernoi Ivanov, V.F. Fedorenko, R.YU. Solov'ev, A.K. Ol'hovackij, i dr. // *Monografiya pod obshchej red. V.I. Chernoi Ivanova.* – М.: GNU GOSNITI. – 2012. – 399 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18956301>

4. Halfin, M.A. *Kachestvo i nadezhnost' novoj i otremonirovannoj sel'skohozyajstvennoj tekhniki.* / M.A. Halfin // *ZHurnal MTS. M.: GOSNITI, – 1998-№ 5, s. 37-41.* – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=6561798>

5. Gabitov I.I. *Informacionno-izmeritel'nyj kompleks dlya issledovanij toplivopodayushchih sistem avtotraktornyh dizelej. Uluchshenie ekspluatacionnyh pokazatelej dvigatelej, traktorov i avtomobilej.* / I.I. Gabitov, A.B. Negovora, M.D. Gafurov // *Sb. nauchn. tr. post. dejstv. seminarov stran SNG, S-Pb.:SPbGAU, 2000.* – 118 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26067310>

6. Chichilanov, I.I. *Obzor metodov i sredstv diagnostirovaniya dvigatelej traktorov* / A.G. Arzhenovskij, I.I.



CHichilanov // Sovershenstvovanie konstrukcij i povyshenie effektivnosti ekspluatatsii kolesnyh i gusenichnyh mashin v APK: Mezhevuzovskij sb. nauch. tr. – Zernograd, 2010. – S. 16-21. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15277646>

7..CHichilanov, I.I. Metodika i rezul'taty diagnostirovaniya traktornyh dizelej s GTN / A.G. Arzhenovskij, S.V. Asaturyan, I.I. CHichilanov // Vestnik Orel GAU. –2012. – №5 (38). – S. 167-170. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=33820622>

8.Gabitov, I.I. Malogabaritnyj stend dlya ispytaniya toplivnyh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornyh dizelej / I. I. Gabitov, R. V. YAgodin, A. F. Ahmetov, V. A. Il'in // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2010. – № 2. – S. 57-59. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15101767>

9.Savochkin, A.A. Metody tekhnicheskogo diagnostirovaniya dizelej / A. A. Savochkin, I. S. Kostin, D. O. Panin [i dr.]. // Molodoj uchenyj. — 2020. — № 14 (304). — S. 88-90. — URL: <https://moluch.ru/archive/304/68490/>

10.CHemazokov, M. M. Uluchshenie pokazatelej raboty traktornyh dizelej putem sovershenstvovaniya rezhima nastrojki toplivnyh nasosov vysokogo davleniya pri vypolnenii remontno-obsluzhivayushchih rabot : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo hozyajstva", 05.20.03 "Tekhnologii i sredstva tekhnicheskogo obsluzhivaniya v sel'skom hozyajstve" : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk – Nal'chik. - 2006. – 22 s. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15895837>

11.Buklagina, G. V. Uluchshenie pokazatelej raboty traktornyh dizelej putem optimizatsii parametrov toplivopodachi pri vypolnenii remontno-obsluzhivayushchih rabot / G. V. Buklagina // Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK. Referativnyj zhurnal. – 2002. – № 4. – S. 989. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=6563992>

12.Lyandenburskij, V. V. Kontrol' elektrooborudovaniya avtomobilej veroyatnostno-logicheskim metodom poiska neispravnostej / V. V. Lyandenburskij, M. V. Nefedov, A. V. Lonshchakova // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. – 2017. – T. 4. – № 4. – S. 37-40. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=29203583>

13.Veroyatnostnyj podhod k opredeleniyu veroyatnostno-logicheskogo koefitsienta poiska neispravnostej avtomobilej / V. V. Lyandenburskij, YU. V. Rodionov, A. I. Tarasov, I. E. Dolganov // Vestnik Tadzhičskogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – № 1(21). – S. 57-60. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=19424328>

14.Kuleshov, A. S. Razvitie metodov rasčeta i optimizatsiya rabočih processov DVS : special'nost' 05.04.02 "Teplovyje dvigateli" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Kuleshov Andrej Sergeevich. – Moskva, 2012. – 157 s. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=19261856>

Информация об авторе

Светлана Дмитриевна Полищук, доктор технических наук, профессор Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
svpolishuk@mail.ru

Author Information

Svetlana Dmitrievna Polishchuk, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, svpolishuk@ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №3, с. 113-120
Vestnik RGATU, 2022, Vol.14, №3, pp 113-120

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.3.02
DOI: 10.36508/RSATU.2022.26.12.014

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ХРОМОВОМ ПОКРЫТИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОУГЛЕРОДА

Светлана Дмитриевна Полищук

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
svpolishuk@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель – повышение технического уровня хромирования изношенных деталей электролитическим способом. Повышения качества гальванических осадков можно добиться за счет применения нестационарных способов нанесения покрытий и легирующих нанодобавок, влияющих на физико-химические характеристики хромированных покрытий.

Методология. Хромирование является одним из эффективных методов упрочнения восстанавливаемых деталей. Необходимо изучение процесса осаждения металла с наночастицами, которые можно рассматривать в качестве ингибитора коррозии и материала, повышающего фрикционные свойства. К прогрессивным технологическим процессам ремонта изношенных деталей относится нанесение легированных композиционных, гальванических покрытий. Это важно особенно в условиях сельского хозяйства, что обусловлено физико-механическими свойствами осадков, которые должны иметь высокую износостойкость в сравнении с другими материалами. Исследования основаны на взаимосвязи характеристик хромового покрытия с параметрами электролиза и легирования тугоплавкими металлами.

Результаты. Предложена рецептура экологосажающего малоконцентрированного электролита с уменьшенным на 40-50 % содержанием хромового ангидрида и серной кислоты, в присутствии катализатора индиго с дополнительным введением наноуглерода для получения износостойких качественных покрытий.

Заключение. Предложенные условия осаждения снижают с первого класса экологическую опасность процесса хромирования. Легирование хромовых покрытий, нанодобавками способствует повышению микротвердости хромовых покрытий на 20 %. Наилучший результат получен при использовании наоалмазов с концентрацией 10 г/л. Внедрение в практику ремонта на предприятиях технического сервиса, имеющих гальванические линии, разработанных технологических процессов позволит повысить долговечность и износостойкость отремонтированных деталей машин, снизить эксплуатационные расходы на монтажно-демонтажные работы, увеличить сроки службы.

Ключевые слова: ремонт изношенных деталей, хромирование, покрытия, легирование, нанодобавки, микротвердость, износостойкость

Для цитирования: Полищук С.Д. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники хромовым покрытием с применением наноуглерода // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т. 14, № 3. с 113- 120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.12.014>

Original article

RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS WITH CHROME COATING USING NANOCARBON

Svetlana Dmitrievna Polishchuk

Ryazan State Agrotechnical University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

Abstract.

Problem and purpose. The purpose was to increase the technical level of chromium plating of worn parts by the electrolytic method. Improving the quality of galvanic deposits could be achieved through the use of non-stationary methods of coating and alloying nano-additives that affected the physical-chemical characteristics of chrome coatings.

Methodology. Chromium plating is one of the effective methods of hardening of restored parts. It is necessary



to study the process of deposition of metal with nanoparticles, which can be considered as a corrosion inhibitor and a material that increases frictional properties. Progressive technological processes for the repair of worn parts include the application of alloyed composite, galvanic coatings. This is especially important in agricultural conditions, which is due to physical and mechanical properties of sediments, which must have high wear resistance in comparison with other materials. The research was based on the relationship between characteristics of a chromium coating and parameters of electrolysis and alloying with refractory metals.

Results. The article presents a formulation of an environmentally friendly low-concentration electrolyte with a content of chromic anhydride and sulfuric acid reduced by 40-50 %, in the presence of an indigo catalyst with the additional introduction of nanocarbon to obtain high-quality wear-resistant coatings is proposed.

Conclusion. The proposed conditions of deposition were reduced from the first class of environmental hazard of the chromium plating process. Alloying of chromium coatings with nano-additives increased the microhardness of chromium coatings by 20 %. The best result was obtained when using nano diamonds with a concentration of 10 g/l. The introduction of the developed technological processes into the practice of repair at technical service enterprises with galvanizing lines will increase the durability and wear resistance of repaired machine parts, reduce operating costs for assembly and dismantling, and increase service life.

Key words: repair of worn parts, chromium plating, coatings, alloying, nano-additives, microhardness, wear resistance

For citation: Polishchuk S.D. Restoration of agricultural machinery parts with chrome coating using nanocarbon. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No. 3, P.113-120 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.12.014>

Введение

Надежность, долговечность, работоспособность деталей напрямую связаны с процессами их изнашивания. Формирование защитных износостойких покрытий на рабочих поверхностях деталей сельскохозяйственной техники на основе современных технологий нанесения, и применение новых материалов является одним из способов защиты деталей от износа. [1,2,3]. Гальванопокрытие — один из методов, основанный на принципе электролиза, с помощью которого широко применяются процессы хромирования — нанесения электролитического защитного износостойкого слоя как для восстановления геометрических размеров изношенных деталей, так и для придания требуемых физико-механических свойств поверхностным слоям (коррозионной стойкости, антифрикционных свойств и др.) [4,5,6]. Характеристики хромовых покрытий зависят от концентрации осаждаемого электролита и режима самого процесса. Для осаждения хрома в основном используются сульфатные электролиты. Хромовые гальванические покрытия обладают важными свойствами: химической стойкостью, термостойкостью, высокой отражательной способностью, твердостью, износостойкостью и низким коэффициентом трения [7-10]. Нанесение твердого хромового покрытия на поверхность детали увеличивает ее срок службы в два-три раза [11,12]. Требования к износостойкости деталей, работающих в экстремальных условиях, высокие, поэтому в последнее время в электролиты осаждения стали вводить легирующие добавки, в том числе нанодобавки — оксиды, карбиды, углеродные наноматериалы [13-15]. С использованием наночастиц создаются различные композиционные электрохимические покрытия на основе хрома. При введении наночастиц в электрохимические покрытия микротвердость увеличивается, что связано с уменьшением размера доменов металла в покрытиях.

Материалы и методы исследования

В исследованиях использовались наноалмазы детонационного синтеза [16,17]. В детонационной

волне молекулы взрывчатого вещества распадаются на атомы. Атомы углерода конденсируются в аморфную углеродную фазу с дальнейшим фазовым переходом в алмаз. В электролитах электрохимических покрытий детонационные наноалмазы должны быть достаточно сильно диспергированы, так как они быстро осаждаются, образуя рыхлый осадок, который при механическом перемешивании может быть переведен во взвешенное состояние.

Каждая частица детонационных наноалмазов имеет многослойную сольватную оболочку, так как поверхность частиц наноалмазов содержит преимущественно гидрофильные функциональные группы — COOH , CHO , OH , CO , адсорбция которых взаимодействует с образованием водородных связей.

В данной работе использовались наноалмазы в виде водной суспензии алмазной шихты, содержащей 62 мас. %. Суспензии получали обработкой в водной среде с использованием кавитационного дезинтегратора. Содержание наноалмазов в покрытии 0,03 % а.е.

Измерение микротвердости проводилось на твердомере ПМТЗ при нагрузке 100 кгс на индентор прибора.

Результаты проведенных исследований

Для хромирования был выбран наиболее распространенный в промышленности стандартный сульфатный электролит: ангидрид хрома CrO_3 — 250 г/л; серная кислота H_2SO_4 — 2,5 г/л, низкоконцентрированный CrO_3 — 150 г/л и серная кислота H_2SO_4 — 1,5 г/л (табл.1).

Режим напыления D 50-300 А/дм², температура 50-55° С.

Последовательность приготовления 10 литров электролита: необходимое количество CrO_3 растворяли в горячей дистиллированной воде (t 60° С) в объеме 8 литров. Для завершения растворения использовали воздушное перемешивание, для чего в емкость опускали трубы ПВХ и подавали воздух. Перемешивание проводили до полного растворения кристаллов хромово-



го ангидрида. Затем добавляли серную кислоту.

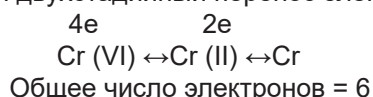
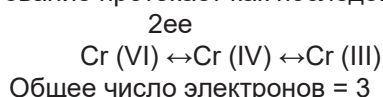
Продолжительность хромирования зависит от толщины наносимого покрытия, режима процесса

и состава электролита. Данные показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав электролитов и режимы хромирования

Наименование компонентов и параметров	Электролит и условия электролиза		
	Малоконцентрированный	Стандартный	Концентрированный
Хромовый ангидрид, CrO_3 , г/л	120-150	200-250	350-400
Серная кислота, H_2SO_4 , г/л	1,2- 1,5	2,0 -2,5	3,5 -4,0
Температура электролиза, °С	40-100	20-60	15-30
Плотность тока, А/дм ²	50-65	45-55	40-50
Выход по току, %	16-18	13-15	10-12

Хромирование протекает как последовательный двухстадийный перенос электронов.



На первом этапе образуется коллоидно-дисперсионная пленка за счет присоединения к шестивалентному хрому трех электронов с образованием соединений трехвалентного хрома, которые на втором этапе присоединяют еще три электрона и образуют металлический хром, а его выделение происходит из адсорбированных CrO_4^{2-} - ионов при $\text{pH} > 4$.

Протекание процесса хромирования через образование коллоидно-дисперсной поверхностной пленки соединений Cr(III) подтверждает ход поляризационных кривых (рис. 1), где показан ход поляризационных кривых (скорость вращения электрода 2000 мин^{-1}) при наличии катализаторов в электролите (индиго и кристаллический фиолетовый) (кривая 2,3) и без них (кривые 1 и 4).

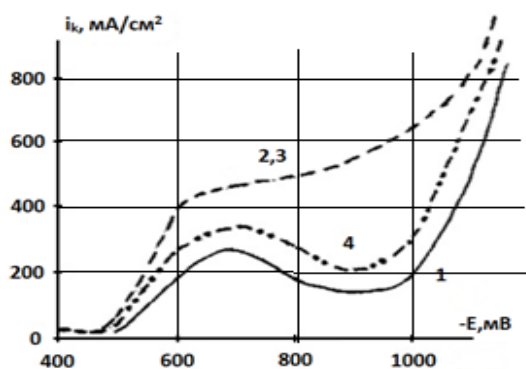


Рис. 1 – Поляризационные динамические кривые при скорости развертки 50 мВ/с , при 50°С в стандартном сульфатном электролите (1), и в низкоконцентрированном (4); в концентрированном и низкоконцентрированном с добавлением 1 г/л КФ(2) и 1 г/л индиго (3)

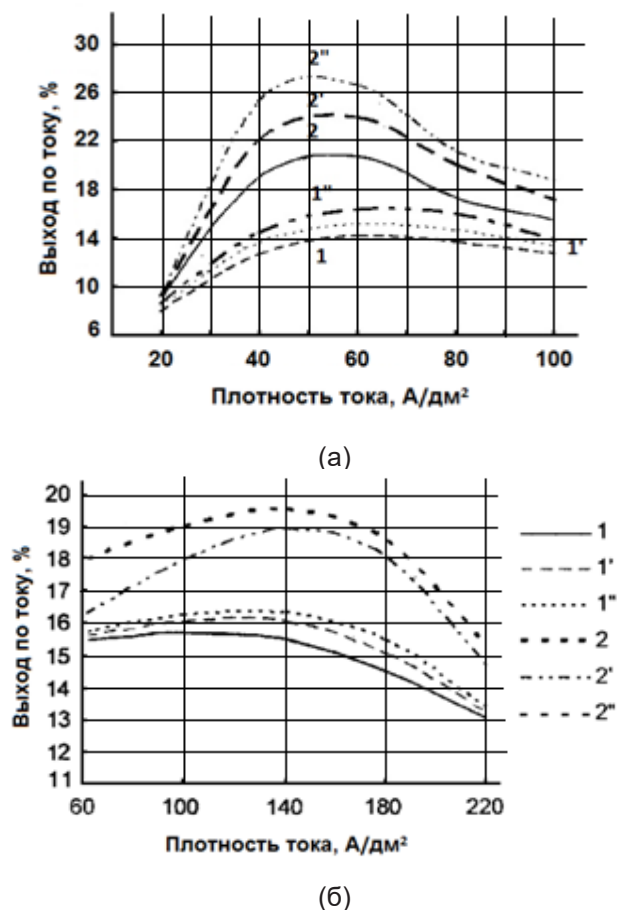
(Polarization dynamic curves at a sweep rate of 50 мВ/с , at 50°С in a standard sulfate electrolyte (1), and in a low concentrated one (4); in a concentrated one and a low concentrated one with the addition of 1 г/л CF (2) and 1 г/л indigo (3))

На начальном этапе наблюдается рост плотности тока, обусловленный процессом начала образования коллоидно-дисперсной пленки и восстановлением Cr(VI) до Cr(III) . На следующем этапе происходит формирование коллоидно-дисперсной пленки. При этом наблюдается снижение плотности тока в растворах без катализаторов. В растворах с катализаторами кривая проходит без спада плотности тока с небольшим нарастанием. Здесь за меньший промежуток времени за счет участия катализаторов формируется более устойчивая поверхностная коллоидно-дисперсная пленка, которая ускоряет процесс осаждения металлического хрома. При достижении потенциала 1000 мВ формирование пленки заканчивается, начинается процесс восстановления трехвалентного хрома до металлического. На этой стадии добавляется сопутствующий паразитный процесс восстановления ионов водорода и насыщение им поверхностного слоя осадков хрома.

Исследования проводили в двух электролитах – стандартном и малоконцентрированном.

На выход по току влияет форма поляризующего тока [18]. На рисунке 2 представлены зависимости выхода хрома по току в зависимости от форм поляризующего тока при температуре электролита 55°С : от плотности постоянного тока (рис. 2а) и асимметричного переменного (время катодной поляризации – 200 с , анодной – 4 с ; $\text{Дк/Да} = 1$) (рис. 2б). Рост плотности тока увеличивает выход хрома до определенного уровня, с последующим снижением.

Введение катализаторов снижает сопутствующее выделение водорода от 69% без катализаторов до 52% в их присутствии. Выход по току хрома увеличивается в присутствии катализаторов как в стандартных (кривые 1, 1', 1''), так и в низкоконцентрированных растворах (кривые 2, 2', 2''). Электролит в диапазоне $55-60 \text{ А/дм}^2$, при этом КПД индиго выше, чем у КФ на $2-5 \%$.



а) постоянный ток; б) асимметричный переменный ток.

Рис. 2 – Влияние плотности тока на выделение хрома, сталь 40Х, 55° С из:

1 – стандартный; 1' – стандартный + 1 г/л КФ; 1'' – стандартный + 1 г/л индиго;

2 – малоконцентрированный, 2' – малоконцентрированный + 1 г/л КФ,

2'' – малоконцентрированный + 1 г/л индиго

(The influence of current density on chromium release, steel 40X, 55° C from: 1 - standard, 1' - standard + 1 g/l CF, 1'' - standard + 1 g/l indigo; 2 - low concentration, 2' - low concentration + 1 g/l CF, 2'' - low concentration + 1 g/l indigo; a) direct current; b) asymmetric alternating current

Увеличение температуры электролита приводит к падению выхода хрома по току. С ростом температуры на асимметричном переменном токе выход хрома по току вначале изменяется незначительно, затем падает при 57-60° С в стандартном электролите без катализаторов, а с катализаторами при 65° С. В малоконцентрированных электролитах граница резкого падения силы тока сдвигается к 70° С. Влияние индиго на повышение выхода по току во всем исследованном интервале температур больше, чем КФ. Наиболее значительно КФ и индиго влияют на выход по току в области малых температур из-за образования поверхностных коллоидных пленок основного хромата. Форма поляризующего тока практически не влияет на выход тока по хрому и температурной зависимо-

сти.

Хромовые покрытия, наносимые на рабочие поверхности деталей, должны соответствовать указанным требованиям. Определена зависимость микротвердости хромовых отложений от плотности тока и температуры электролита. При хромировании на постоянном токе микротвердость увеличивается с увеличением плотности тока до 80-100 А/дм², при дальнейшем увеличении плотности тока наблюдается небольшое снижение микротвердости. С повышением температуры микротвердость хрома, проходя через максимум, падает при 57-60° С в стандартном электролите без добавок, а с добавками – при 65° С и при высоком выходе по току. В растворах с добавками КФ и индиго образуются плотные, малодефектные отложения хрома. Оба катализатора повышают микротвердость, с максимумом при температурах 55-57° С в низкоконцентрированном электролите и 50-55° С в стандартном.

Весовой износ покрытий определяется температурой и имеет минимум при 50° С в стандартном (2,5 г/л H₂SO₄ + 250 г/л CrO₃) и 63° С, в малоконцентрированном (1,5 г/л H₂SO₄ + 150 г/л CrO₃) электролитах. Износ в малоконцентрированных растворах меньше (рис. 3). Влияние катализаторов на весовой износ не сказывается: кривые при наличии катализаторов и при их отсутствии совпадают.

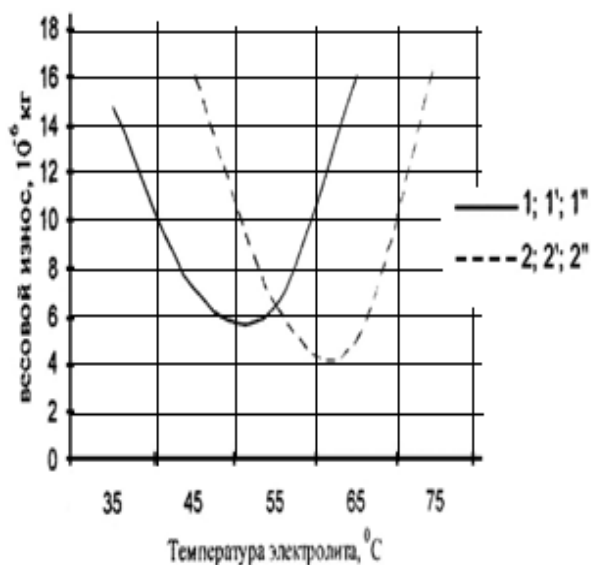


Рис. 3 – Влияние температуры на весовой износ осадков хрома (80 А/дм²) в растворах:

1 – стандартный; 1' – стандартный + 1 г/л КФ; 1'' – стандартный + 1 г/л индиго;

2 – малоконцентрированный; 2' – малоконцентрированный + 1 г/л КФ; 2'' – малоконцентрированный + 1 г/л индиго

(The influence of temperature on the weight wear of chromium deposits (80 A/dm²) in solutions:

1 – standard; 1' – standard + 1 g/l CF;

1'' – standard + 1 g/l indigo; 2 - low concentration, 2' – low concentration + 1 g/l CF, 2'' – low concentration + 1 g/l indigo)



Вязкость и сцепление осадков хрома зависят от режима электролиза. Так, уменьшение сцепления с ростом тока обусловлено получением крупнозернистых осадков и их наводороживанием. Из-за включения в осадок менее стойкой модификации гидридов хрома по границам кристаллитов адсорбционная прочность в блоках кристаллитов снижается (рис.4)

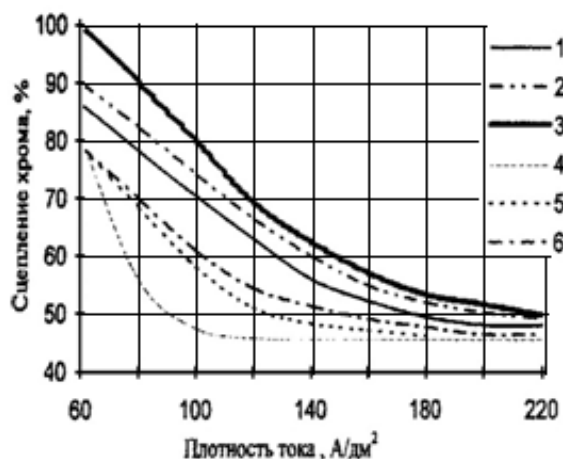


Рис. 4 – Влияние плотности тока на сцепление осадков хрома при 55° С для растворов:

1 – малоконцентрированный; 2 – малоконцентрированный + 1 г/л КФ; 3 – малоконцентрированный + 1 г/л индиго; 4 – стандартный; 5 – стандартный + 1 г/л КФ; 6 – стандартный + 1 г/л индиго
(The influence of current density on cohesion of chromium deposits at 55° C for solutions:
1 - low concentration; 2 - low concentration + 1 g/l CF; 3 - low concentration + 1 g/l indigo;
4 - standard; 5 - standard + 1 g/l CF; 6 - standard + 1 g/l indigo)

Сцепление покрытий, полученных из малоконцентрированных электролитов с катализаторами, значительно отличается от такового для стандартных растворов (рис. 4), что связано с получением более мелкозернистых и более плотных осадков. Сцепляемость покрытий хромом с основой в растворах индиго меньше в стандартном электролите по сравнению с малоконцентрированным.

Методы повышения микротвёрдости гальванических покрытий, связанные с технологическими режимами процесса

Гальванические процессы регулируются режимом электролиза, плотностью тока и температурой, они играют важную роль в хромировании. Благоприятная температура для хромирования составляет 45-55° С, колебания до $\pm 1-2^\circ$ С. Высокая микротвёрдость хромовых осадков из стандартных электролитов шестивалентного хрома связана с мелкозернистой структурой при его кристаллизации на катоде, т.е. переходом метастабильной модификации хрома в стабильную кубическую. Известно, что микротвёрдость хромового покрытия в настоящее время не соответствует современным требованиям машиностроения. В последнее время развивается направление повышения микротвёрдости, связанное с технологическими условиями процесса. В частности, применение различных добавок к электролитам упрощает процесс повышения микротвёрдости. Так, введение наночастиц алмаза в электрохимические покрытия существенно повышает микротвёрдость, что связано с уменьшением размера доменов металла в покрытиях. Размеры наночастицы малы, но обладают высокой удельной площадью поверхности и создают достаточно плотное и равномерное распределение по покрытию, что приводит к изменению физико-механических характеристик композиционных электрохимических покрытий на основе хрома; некоторые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики электрохимических Cr- алмазных покрытий

Покрытие	Износостойкость	HV (см. а), кг·мм ⁻²	Пористость	Устойчивость
Cr- НЧ алмаза	Повышение в 8-10 раз	до 2300	Понижение в 2-3 раза	Повышение в 1-6 раз

Влияние нанодобавок на микротвёрдость хромового покрытия

Выполнены следующие этапы:

- нанесение хромового покрытия из низкоконцентрированного электролита на сталь 40Х, 55° С;
- нанесение покрытия на сталь 40Х, 55° С из низкоконцентрированного электролита с наноглеродной добавкой;
- определение концентрации нанодобавки, при которой наблюдается наивысшая микротвёрдость хромового покрытия.

На каждом этапе покрытие наносилось на 5 образцов; после измерения микротвёрдости (в 5 точках каждого образца) результаты усреднялись.

Нанесение хромового покрытия из низкоконцентрированного электролита без добавок дало результирующий показатель микротвёрдости 853 кг/мм². С этим значением осуществлялось сравнение результатов всех последующих экспериментов. Концентрация наноалмазов менялась от 2 до 15 г/л (табл.3).

Таблица 3 – Результаты экспериментов по определению микротвёрдости хромового покрытия с добавлением наноалмазов

№ эксперимента	Концентрация наноалмазов, г/л	Микротвёрдость, кг/мм ²
1	0	853



2	2	1009
3	5	1022
4	10	1025
5	15	983

Величина микротвёрдости модифицированно-го наноалмазами хромового покрытия достигала 1025 кг/мм², наибольшее значение микротвёрдости хромового покрытия было получено при концентрации наноалмазов 10 г/л; увеличение микротвёрдости составляет 20 %.

Ультрадисперсные алмазы (средний размер 4-6 нм) служат материалом для заполнения и упрочнения металлической матрицы в композиционных электрохимических покрытиях. Дисперсные частицы выполняют роль микробарьеров на пути микротрещин, дефектов, что и приводит к упрочнению материала. Наличие в покрытии чрезвычайно развитых по площади и прочных химических связей граничных слоев «металл-алмаз» обеспечивает не только микротвёрдость, но и износостойкость.

Заключение

Рассмотрены результаты внедрения технологии хромирования при восстановлении изношенных деталей сельскохозяйственных машин. Предложена рецептура экологощадящего мало-концентрированного электролита с уменьшенным на 40-50 % содержанием хромового ангидрида и серной кислоты, и дополнительным введением 1-1,5 грамм на литр катализаторов индиго или КФ. Введение в электролиты катализаторов типа КФ и индиго способствует упрочнению на 20-30 %, снижению шероховатости поверхности – на 0,08-0,12 мм, уменьшению наводороживания в 3 раза. Показана возможность нанесения хромовых гальванических покрытий при добавлении заданной концентрации углеродных наноматериалов в электролит. Это позволит увеличить микротвёрдость на 20 % по сравнению с традиционным хромовым покрытием, износостойкость, коррозионную стойкость и получать покрытия меньшей пористости. Наилучший результат получен при использовании наноалмазов с концентрацией 10 г/л.

Список источников

1. Лялякин, В. П. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники / В. П. Лялякин, И. Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 4. – С. 41-43.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26164986>
2. Черноиванов, В.И. Модернизация-основа повышения технического уровня эксплуатации машин и оборудования/В.И. Черноиванов. - М. Росинфоргагротех.-2004.-467 с.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9263795>
3. Юдин, В.М. Повышение производительности электроосажденных покрытий при восстановлении деталей/В.М. Юдин, В.В.Серебровский, Л.И. Серебровская, Р.И.Сафонов // Вестник Курской ГСХА,-2010.-№2.-С.225-226.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26069248>

4. Chessin H. Novel low concentration decorative chromium plating baths and method, 1980.-patent/US4206019. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US4206019#section=Full-Text>

5. Kolomko Z. Chromowanie decoraly new kanieli niskostezeniowej /Kolomko Z// Powl. ochr.-1976.- №3.- P. 15-17.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=33272784>

6. Konishi, S. Effects of bath composition and plating conditions on appearance of chromium plating// Journal of The Surface Finishing Society of Japan - 1972. V.23. №10.-P. 585-590.- DOI:10.4139/SFJ1950.23.585

7. Polischuk, S.D. Corrective Maintenance and Hardening of Agricultural Machinery Parts / S.D. Polischuk, Y.A. Stekolnikov, D.G.Churilov, N.V.Byshov, S.N. Borychev, I.A.Uspensky, I.A.Yukhin, I.S. Arapov // Key Engineering Materials.-2020.-T.836.-C.158-167.DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158

8. Мичукова, Н.Ю. Оценка промышленного использования электролитического восстановления и упрочнения деталей машин/ Н.Ю. Мичукова, Е.В. Бомешко //Гальванотехника и обработка поверхности.- 1998. -Т.2. -№3. -С.52-54.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=>

9. Чурилов, Д.Г. Промышленное использование хромирования при ремонте деталей сельскохозяйственной техники / Стекольников Ю. А., Арапов И. С., Шемякин А. В., Андреев К. П. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. - № 4. - С. 120-125. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41584089>

10. Stekolnikov, Y.A. Theoretical analysis chroming electrolytes and properties of chrome coatings/ Polischuk S.D., Churilov D.G., Byshov N.V., Borychev S.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Arapov I.S. // Key Engineering Materials.-2020.-T.836.-C.142-150.- DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158

11. Стекольников, Ю.А. Электроосаждение хромовых покрытий из низкоконцентрированных сульфатных электролитов на основе соединений Cr (VI) /Ю.А. Стекольников, Ю.Е. Мамонтова, Н.Ю. Стекольников, // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естест.тех. имед.науки. -2013.-№3.- С. 144-149.-URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23307858>

12. Емцев, В.В. Износостойкость деталей, восстановленных хромированием на нестационарных режимах осаждения/ В.К. Астанин, Ю.А.Стекольников, В.В.Емцев, Э.М.Санников. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2017. - № 2. - С. 102-109.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29896406>



13. Дубенец, В.Г. Численный анализ эффективных характеристик нанокompозитных материалов/В.Г. Дубенец, О.А. Горбатко, О.Л. Деркач //Вестник черниговского государственного технологического университета, серия: технические науки.-2010.- № (55).-46-58 с.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=2081809133920016>

14. Александрова, Г.С. Об осаждении хрома в присутствии модифицированных бором детонационных наномалмазов в стандартном электролите хромирования/ Г.С.Александрова, Г.К. Буркат, В.Ю. Долматов, Е.В. Гмысин//Химическая промышленность. - 2016. - Т.93.- № 1. - С. 15- 21.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25660281>

15. Лапковская, Е.Ю. Влияние ультрадисперсного порошка алмаза детонационного синтеза на свойства и структуру термоэластопласта на основе ПВХ/ Е.Ю. Лапковская, П.О. Сухода-

ев, В.Е. Редькин, А.И. Лямкин, Д.В. Ершов //Пластические массы.- 2020.- № 1-2. С. 30-32.-<https://elibrary.ru/item.asp?id=42549333>

16. Буркат, Г.К. Ультрадисперсные алмазы в гальванотехнике /Г.К. Буркат, В.Ю. Долматов // Физика твердого тела. -2004. - Т. 46.-№. 4. - С.685-692.-URL: [tps://elibrary.ru/item.asp?id=20335104](https://elibrary.ru/item.asp?id=20335104)

17. Yur'ev, G.S. X-ray diffraction study of detonation nanodiamonds/ G.S. Yur'ev, Y.Y. Dolmatov//J. Superhard Mater. -2010. -№ 32. -P. 311-328. DOI: 10.3103/S1063457610050035

18. Сафонов, В. В. Нанокompозиционное гальваническое хромирование / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, В. С. Семочкин // Главный механик. – 2010. – № 1. – С. 40-42. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20842461>

References

1.Lyalyakin, V. P. Perspektivy vosstanovleniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki / V. P. Lyalyakin, I. G. Golubev // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2016. – № 4. – С. 41-43.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26164986>

2.CHernoivanov, V.I. Modernizaciya-osnova povysheniya tekhnicheskogo urovnya ekspluatatsii mashin i oborudovaniya/V.I. CHernoivanov. - M. Rosinformagrotekh.-2004.-467 s.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9263795>

3.YUdin, V.M. Povyshenie proizvoditel'nosti elektroosazhdennykh pokrytij pri vosstanovlenii detalej/V.M. YUdin, V.V.Serebrovskij, L.I. Serebrovskaya, R.I.Safonov // Vestnik Kurskoj GSKHA,-2010.-№2.-S.225-226.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26069248>

4.Chessin H. Novel low concentration decorative chromium plating baths and method, 1980.-patent/US4206019. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US4206019#section=Full-Text>

5.Kolomko Z. Chromowanie decoraly new kanieli niskostezeniowej /KolomkoZ// Powl. ochr.-1976.- №3.- P. 15-17.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=33272784>

6.Konishi, S. Effects of bath composition and platingconditions on appearance of chromium plating// Journal of The Surface Finishing Society of Japan - 1972. V.23. №10.-P. 585-590.- DOI:10.4139/SFJ1950.23.585

7.Polischuk, S.D. Corrective Maintenance and Hardening of Agricultural Machinery Parts / S.D. Polischuk, Y.A. Stekolnikov, D.G.Churilov, N.V.Byshov, S.N. Borychev, I.A.Uspensky, I.A.Yukhin, I.S. Arapov // Key Engineering Materials.-2020.-T.836.-C.158-167.DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158

8.Michukova, N.YU. Ocenka promyshlennogo ispol'zovaniya elektroliticheskogo vosstanovleniya i uprochneniya detalej mashin/ N.YU. Michukova, E.V. Bomeshko //Gal'vanotekhnika i obrabotka poverhnosti.- 1998. -T.2. -№3. -S.52-54.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23307858>

9.CHurilov, D.G. Promyshlennoe ispol'zovanie hromirovaniya pri remonte detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki / Stekol'nikov YU. A., Arapov I. S., SHemyakin A. V., Andreev K. P. // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – 2019. - № 4. - С. 120-125. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41584089>

10.Stekolnikov, Y.A. Theoretical analysis chroming electrolytes and properties of chrome coatings/ Polischuk S.D., Churilov D.G., Byshov N.V., Borychev S.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Arapov I.S. // Key Engineering Materials.-2020.-T.836.-C.142-150.- DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.836.158

11.Stekol'nikov, YU.A. Elektroosazhdenie hromovykh pokrytij iz nizkokoncentrirovannykh sul'fatnykh elektrolitov na osnove soedinenij Cr (VI) /YU.A. Stekol'nikov, YU.E. Mamontova, N.YU. Stekol'nikova, // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estest.tekh.imed.nauki. -2013.-№3.- S. 144-149.-URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23307858>

12.Emcev, V.V. Iznosostojkost' detalej, vosstanovlennykh hromirovaniem na nestacionarnykh rezhimakh osazhdeniya/ V.K. Astanin, YU.A.Stekol'nikov, V.V.Emcev, E.M.Sannikov. // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 2. - С. 102-109.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29896406>

13.Dubenec', V.G. CHislennyj analiz effektivnykh harakteristik nanokompозитnykh materialov/V.G. Dubenec, O.A. Gorbatko, O.L. Derkach //Vestnik chernigovskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta, seriya: tekhnicheskie nauki.-2010.- № (55).-46-58 s.- URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=2081809133920016>

14.Aleksandrova, G.S. Ob osazhdenii hroma v prisutstvii modifitsirovannykh borom detonacionnykh nanoalmazov v standartnom elektrolite hromirovaniya/ G.S.Aleksandrova, G.K. Burkat, V.YU. Dolmatov, E.V. Gmysin//Himicheskaya promyshlennost'. - 2016. - Т.93.- № 1. - С. 15- 21.-URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25660281>



15. Lapkovskaya, E.YU Vliyanie ul'tradispersnogo poroshka almaza detonacionnogo sinteza na svoystva i strukturu termoelastoplasta na osnove PVH/ E.YU. Lapkovskaya, P.O. Suhodaev, V.E. Red'kin, A.I. Lyamkin, D.V. Ershov //Plasticheskie massy.– 2020.– № 1-2. S. 30-32.-[tps://elibrary.ru/item.asp?id= 42549333](https://elibrary.ru/item.asp?id=42549333)
16. Burkat, G.K. Ul'tradispersnye almazы v gal'vanotekhnike /G.K. Burkat, V.YU. Dolmatov // Fizika tverdogo tela. -2004. - T. 46.-№. 4. - S.685-692.-URL: [tps://elibrary.ru/item.asp?id= 20335104](tps://elibrary.ru/item.asp?id=20335104)
17. Yur'ev, G.S. X-ray diffraction study of detonation nanodiamonds/ G.S. Ynr'ev, U.U. Dolmatov//J. Superhard Mater. -2010. -№ 32. -R. 311-328. DOI: 10.3103/S1063457610050035
18. Safonov, V. V. Nanokompozicionnoe gal'vanicheskoe hromirovanie / V. V. Safonov, S. A. Shishurin, V. S. Semochkin // Glavnyj mekhanik. – 2010. – № 1. – S. 40-42. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20842461>

Информация об авторе

Светлана Дмитриевна Полищук, доктор технических наук, профессор Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г Рязань, Россия
svpolishuk@mail.ru

Author Information

Polishchuk Svetlana D., Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, svpolishuk@.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ТРУДА ПРИ ВЫГРУЗКЕ РУЛОНОВ СЕНА ИЗ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Алексей Иванович Ряднов¹✉, Алексей Валерьевич Федоров²

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

¹ alex.rjadnov@mail.ru

² alex_fedorow_97@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследования – дать оценку затрат труда при выгрузке рулонов сена из кузова серийных транспортных средств, по результатам которой рекомендовать сельскохозяйственным предприятиям транспортное средство, обеспечивающее существенное снижение затрат времени и труда на выгрузку рулонов сена.

Методология. Объекты исследования: серийные технические средства, используемые на транспортировке рулонов сена с поля к месту складирования, а также экспериментальная грузовая платформа к бортовому автомобилю ГАЗ-3302 «Газель». Основной метод исследований – хронометраж технологических операций на перевозке рулонов сена.

Результаты. Анализ экспериментальных результатов показал, что из всех исследуемых транспортных средств наиболее востребованным является автомобиль ГАЗ-3302. В среднестатистическом хозяйстве Волгоградской области, осуществляющем заготовку сена в рулонах, автомобилями данной марки перевезено в среднем за год 40,6 % общего числа рулонов сена. Максимальная продолжительность разгрузки рулонов приходится на машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 – 1003 с. Максимальные затраты времени непосредственно на выгрузку рулонов приходятся на несамосвалный автомобиль ГАЗ-3302 – 316 с., что составляет 50,8 % суммарной продолжительности разгрузки рулонов. Максимальные затраты труда на выгрузку рулонов сена относятся к бортовому автомобилю ГАЗ-3302 «Газель». Разработана и изготовлена грузовая платформа к ГАЗ-3302 «Газель».

Заключение. При использовании разработанной грузовой платформы на бортовом автомобиле не требуется дополнительного применения разгрузочных машин или механизмов, снижаются затраты труда при выгрузке рулонов сена в 5,5 раз по сравнению с выгрузкой рулонов из кузова серийного автомобиля данной марки.

Ключевые слова: транспортное средство, затраты труда при разгрузке, грузовая платформа

Для цитирования: Ряднов А.И., Федоров А.В. Снижение затрат труда при выгрузке рулонов сена из кузова транспортного средства // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. С 121-129 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.12.014>

Original article

REDUCTION OF LABOR COSTS WHEN UNLOADING HAY ROLLS FROM THE VEHICLE BODY

Alexey I. Ryadnov¹✉, Alexey V. Fedorov²

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

¹ alex.rjadnov@mail.ru

² alex_fedorow_97@mail.ru

Annotation.

The problem and the goal. The purpose of the study is to assess labor costs when unloading hay rolls from the body of serial vehicles, according to the results of which to recommend to agricultural enterprises a vehicle



that provides a significant reduction in time and labor spent on unloading hay rolls.

Methodology. Objects of research: serial technical means used for transporting hay rolls from the field to the storage site, as well as an experimental cargo platform to the GAZ-3302 Gazelle on-board vehicle. The main method of research is the timing of technological operations for the transportation of hay rolls.

Results. The analysis of the experimental results showed that of all the studied vehicles, the GAZ-3302 car is the most in demand. In the average household of the Volgograd region, engaged in harvesting hay in rolls, cars of this brand transported an average of 40.6% of the total number of hay rolls per year. The maximum duration of unloading rolls falls on the MTZ-82.1+ 2PTS machine-tractor unit-4.5 – 1003 s. The maximum time spent directly on unloading the rolls falls on a non-dump truck GAZ-3302 - 316 s., which is 50.8% of the total duration of unloading the rolls. The maximum labor costs for unloading hay rolls relate to the GAZ-3302 Gazelle on-board vehicle. A cargo platform for the GAZ-3302 Gazelle has been developed and manufactured.

Conclusion. When using the developed cargo platform on an on-board vehicle, no additional use of unloading machines or mechanisms is required, labor costs are reduced when unloading hay rolls by 5.5 times compared to unloading rolls from the body of a serial car of this brand.

Key words: vehicle, labor costs when unloading hay rolls from the body

For citation: Ryadnov A.I., Fedorov A.V. Reduction of labor costs when unloading hay rolls from the vehicle body // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. 14(3). P 121-129(in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.26.12.014>

Введение

Одно из приоритетных направлений развития современного агропромышленного комплекса Российской Федерации – развитие животноводства за счет увеличения поголовья животных и их продуктивности. Успешное решение данного направления невозможно без создания кормовой базы сельскохозяйственных предприятий, основой которой, например, для крупного рогатого скота, является силос и комбикорма, а также грубый корм в виде сена и соломы некоторых культур, например, ячменя.

Грубый корм – один из важнейших источников клетчатки. Его включение в рацион крупного рогатого скота необходимо для улучшения пищеварения. Так, в хозяйствах Волгоградской области в стойловый период крупного рогатого скота доля сена и соломы ячменя в общем объеме их корма достигает 80 %.

Важнейшим условием при заготовке грубого корма является сохранность листьев и соцветий растений, в которых содержится большая доля питательных веществ. При заготовке сена в рассыпном виде, сушка которого осуществляется в естественных условиях, сохраняется не более 10 % каротина [1], в то время как в сене, спрессованном в тюки или рулоны, теряется питательных веществ в 1,5-2,0 раза меньше, чем в рассыпном. Спрессованное сено лучше хранится [2], занимает меньше места в хранилищах.

Наибольшее распространение в сельскохозяйственных предприятиях Волгоградской области получила заготовка сена, спрессованного в рулоны.

При уборке сена в рулонах существенны затраты на операции по их транспортировке с поля к месту хранения [3, 4], а также погрузочно-разгрузочные [5, 6].

На операциях по транспортировке рулонов сена применяются как серийные автомобили и машинно-тракторные агрегаты, так и специализированный транспорт [7, 8, 9].

Транспортные и погрузочно-разгрузочные операции необходимо выполнять высокоэффектив-

ными техническими средствами [10, 11], выбор которых следует осуществлять по комплексному критерию эффективности [12], включающему частные показатели, в том числе и трудоёмкость выполнения технологических операций [13].

Снижение затрат труда, в частности, при разгрузке сена, спрессованного в рулоны, из кузова транспортного средства является актуальной задачей [14, 15, 16, 17, 18].

Цель настоящей работы – дать оценку затрат труда при разгрузке рулонов сена из тракторного прицепа и кузова серийных транспортных средств, по результатам которой рекомендовать сельскохозяйственным предприятиям транспортное средство, обеспечивающее существенное снижение затрат времени и труда на выгрузку рулонов сена.

Методы исследования

Определен ряд статистических показателей использования технических средств при транспортировке рулонов сена: количество выполненных рейсов в среднем за год, количество перевезённых рулонов сена и некоторые другие. Дана оценка затрат времени на разгрузочные операции, включающие подъезд к месту выгрузки рулонов, непосредственно выгрузку их из транспортного средства и отъезд от места выгрузки.

Основной метод исследований – хронометраж технологических операций на перевозке рулонов сена различными транспортными средствами в ряде хозяйств Волгоградской области в уборочные сезоны 2019-2021 годов. Хронометраж выполнялся в соответствии с ГОСТ 28722-90. Относительная ошибка среднеарифметической исследуемой величины была принята равной 5-10 %.

Результаты хронометража обрабатывали с использованием Microsoft Excel - 2010.

Разгрузка рулонов сена осуществлялась без использования других средств механизации.

Результаты исследования

Сельскохозяйственные предприятия Волгоградской области в достаточной степени обеспечены рулонными пресс-подборщиками, в том числе ПР-Ф-110 и ППР-120 (рис.1).



ПР-Ф-110



ППР-120

Рис. 1 – Рулонные пресс-подборщики (Roll Balers)

Пресс-подборщик ПР-Ф-110 формирует рулоны сена длиной 1,2 м, диаметром 1,1 м и массой 120-200 кг, а ППР-120 "Pelikan" – соответственно 1,2 м, 1,2 м и 270 кг.

При транспортировке рулонов сена в сельскохозяйственных предприятиях, в которых проводи-

лись исследования, применялись: машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (рис.2,а), а также автомобили: ГАЗ-3302 «Газель» (рис.2,б), ГАЗ-САЗ-3507/35071 (рис.3,а), КАМАЗ 55102 (рис.3,б).



а



б

Рис. 2 – Тракторная тележка 2ПТС-4,5 (а) и автомобиль ГАЗ-3302 «Газель» (б)
(Tractor truck 2PTS-4,5 (a) and the GAZ-3302 Gazelle car (b))



а



б

Рис. 3 – Автомобили ГАЗ-САЗ-3507/35071 (а) и КАМАЗ 55102 (б)
(Cars GAZ-SAZ-3507/35071 (a) and KAMAZ 55102 (b))



Полученные статистические данные по использованию выбранных технических средств на внутриусадебных (расстояние перевозки менее 3 км), внутрихозяйственных (от 3 км до 20 км) и

внехозяйственных (расстояние перевозки превышает 20 км) перевозках в среднестатистическом сельскохозяйственном предприятии Волгоградской области даны в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические данные по использованию транспортных средств

Показатель	МТЗ-382.1 +2ПТС -4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ-3507/35071		КАМАЗ 55102 с прицепом
	Виды перевозки						
	внутри- усадеб- ные	внутри- усадеб- ные	внутри- хозяйст- венные	вне- хозяй- ствен- ные	внутри- усадеб- ные	Внутри- хозяй- ственные	внехозяй- ственные
	от подборщика ПР-Ф-110						
Среднее количество рулонов, пере- везённых за год, шт.	993	1803	926	802	1072	138	1188
	от подборщика ПРП-120						
	396	2279	507	234	1628	531	3624
	всего						
	1389	4082	1433	1036	2700	669	4812
Среднее количество рулонов за один рейс, шт	от подборщика ПР-Ф-110						
	14,0	9,39	8,9	8,6	10,0	7,7	37,1
	от подборщика ПРП-120						
	12,0	5,8	5,4	4,4	9,6	9,2	35,8
Количество рейсов	от подборщика ПР-Ф-110						
	71	192	104	93	107	18	32
	от подборщика ПРП-120						
	33	395	94	53	169	58	101
	всего						
	104	587	198	146	286	76	133

Представленные в таблице 1 данные показывают:

– в среднем за один год перевезено 6922 рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ПР-Ф-110, и 9199 рулонов – ПРП-120;

– большая доля рулонов (50,7 %) перевозятся на расстояние до 3 км;

– на внехозяйственных перевозках транспортируется 36,3 % общего числа рулонов сена;

– автомобиль ГАЗ-3302 «Газель» является наиболее востребованным транспортным средством. Автомобилями данной марки перевезено 6551 рулонов, т.е. 40,6 % общего числа рулонов сена;

– КАМАЗ 45144 с прицепом применялся за годы исследования только на внехозяйственных перевозках, а машинно-тракторный агрегат (МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5) – на внутриусадебных;

– большее число рейсов выполнял ГАЗ-3302 при выполнении перевозок внутри усадьбы.

Хронометраж показал, что при перевозке на расстояние до 3 км использовались МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 и ГАЗ-САЗ-3507/35071, на расстояние от 3 км до 20 км – ГАЗ-3302 и ГАЗ-САЗ-3507/35071, а на расстояние более 20 км – ГАЗ-3302 и КАМАЗ 55102.

Погрузка рулонов на все транспортные средства осуществлялась погрузчиками ПФ-0,5 с ПТ-Ф-500 и СНУ-550. Эти погрузчики использовались также и на разгрузке рулонов с ГАЗ-3302 «Газель».

Экспериментальные данные по затратам времени на разгрузочные операции, включающие подъезд к месту выгрузки, выгрузку рулонов непосредственно из кузова и отъезд, представлены в таблице 2.



Таблица 2 – Затраты времени на разгрузку транспортных средств

Марка транспортного средства	Продолжительность элементов времени разгрузки, с			Суммарная продолжительность разгрузки, с
	подъезда	выгрузки	отъезда	
МТЗ-82.1+2 ПТС-4,5	596	193	214	1003
ГАЗ-3302 "Газель"	168	316	138	622
ГАЗ-САЗ-3507/35071	203	115	136	454
КАМАЗ 55102 с прицепом/ без прицепа	462 / 228	286 / 126	246 / 185	994 / 539

Результаты экспериментов показали, что максимальная продолжительность разгрузки рулонов приходится на МТЗ-82.1+ 2ПТС-4,5 – 1003 с. 59,4 % этого времени приходится на подъезд агрегата к месту разгрузки рулонов.

Максимальные затраты чистого времени на выгрузку рулонов из кузова на площадку места хранения относятся к несамосвальному автомобилю ГАЗ-3302 – 316 с., что составляет 50,8 % суммарной продолжительности разгрузки рулонов.

Полученные результаты затрат времени по составляющим продолжительности разгрузки транспортных средств, представленные в таблице 3, позволили рассчитать трудоемкость выгрузки рулонов (рис. 4).

Анализ результатов исследований показал, что минимум затрат труда относится к выгрузке рулонов из ГАЗ-САЗ-3507/35071, а также КАМАЗ 55102 (без прицепа), соответственно равные 0,032 и 0,035 чел.ч. При этом максимальные значения данного показателя относятся к бортовому автомобилю ГАЗ-3302 «Газель».

Полученный результат определил необходимость проведения дополнительных поисковых экспериментов, использование которых позволило разработать и изготовить грузовую платформу

к бортовому транспортному средству [19].

На рис. 5 представлена схема грузовой платформы, разработанной сотрудниками Волгоградского ГАУ для бортового автомобиля ГАЗ-3302 «Газель».

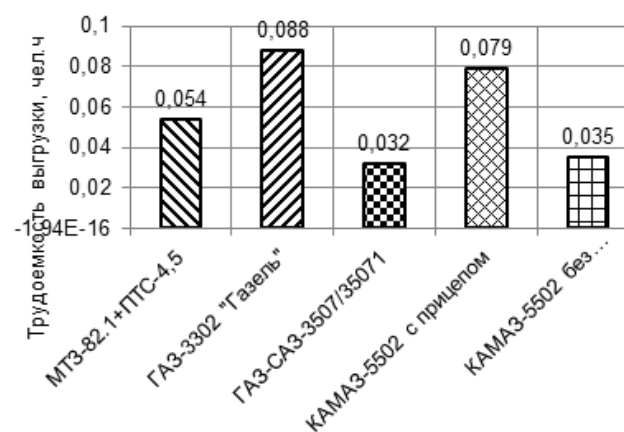


Рис. 4 – Трудоемкость выгрузки рулонов (The complexity of unloading rolls)

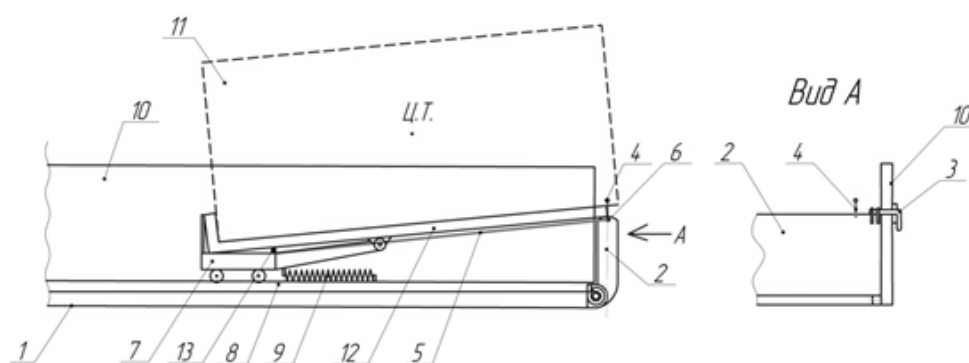


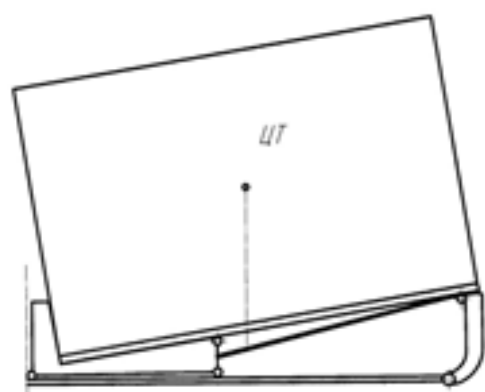
Рис. 5 – Схема грузовой платформы (Cargo platform diagram)



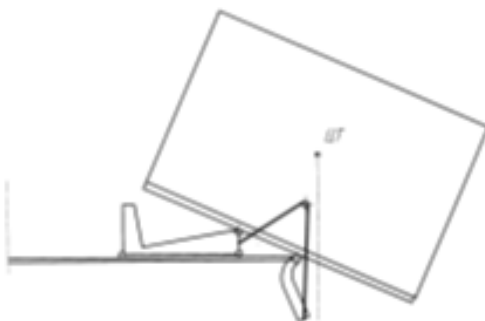
Чтобы выгрузить рулоны сена из разработанной грузовой платформы, необходимо сначала механизмом фиксации борта 3 отсоединить боковой борт 2 от заднего 10 и переднего бортов. Затем рукояткой управления разгрузкой 4 повернуть боковой борт 2 вокруг оси его крепления к полу 1. При этом посредством гибкой связи 5, соединенной с верхней частью бортового борта 2 с помощью узла крепления 6 и механизмом возврата 13 открывающегося борта 2, подвижный брус 7 совместно с уложенным на нем опорным щитом 12, опирающимся на боковой борт 2, перемещается по направляющим 8 в направлении выгрузки рулонов 11. Опорный щит 12 наклоняется. При перемещении подвижного бруса 7 сжимаются пружины 9. Центры тяжести рулонов 11 при этом смещаются в сторону открывающегося борта 2 и после их перехода вертикальной плоскости, проходящей через край платформы 1, рулоны сена 11, скользя по опорному щиту 12, выгружаются на площадку. Пружины 9 разжимаются, опорный щит 12 воздействует на подвижный брус 7 и возвращает его в первоначальное положение. Посредством гибкой связи 5 боковой борт 2 закрывается, после чего он фиксируется водителем с задним 10 и передним бортами.

Аналогично выгружаются рулоны сена 11 с другой стороны грузовой платформы 1.

Описанный процесс выгрузки рулонов представлен графически на рис. 6.



(а)



(б)

а – положение рулона сена на платформе при транспортировке; б – выгрузка рулона

Рис. 6 – Схема выгрузки рулонов
(The scheme of unloading rolls)

Следует отметить, что разработанная грузовая платформа с некоторыми изменениями геометрических параметров может быть использована на тракторных прицепах и других не самосвалных транспортных средствах.

Исследования автомобиля ГАЗ-3302, оборудованного экспериментальной грузовой платформой, в ряде хозяйств Волгоградской области в течение уборочных сезонов 2019-2021 годов позволили определить средние значения составляющих затрат времени на выгрузку рулонов сена: подъезд к месту выгрузки – 180 с, непосредственно выгрузка рулонов – 57 с и отъезд автомобиля от места выгрузки с учетом затрат времени на закрытие бортов – 139 с.

Затраты труда на разгрузку рулонов сена с платформы составили 0,104 чел·ч, а на выгрузку – 0,016 чел·ч.

Применение разработанной грузовой платформы к бортовому автомобилю ГАЗ-3302 позволило в 1,7 раза снизить затраты труда при разгрузке рулонов сена, а при выгрузке – в 5,5 раз.

Выводы

Для наиболее востребованного в сельскохозяйственных предприятиях на перевозке рулонов сена автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» разработана специальная грузовая платформа, использование которой позволяет снизить затраты труда при выгрузке рулонов сена в 5,5 раз по сравнению с выгрузкой рулонов из кузова серийного автомобиля данной марки.

Список источников

1. Особов В.И. Современные технологии и комплексы машин для заготовки кормов // Техника и оборудование для села. 2005. № 4. С. 20–21.
2. Иванов, Ю. А. Современные технологии заготовки, хранения и раздачи кормов на животноводческих фермах и комплексах / Ю. А. Иванов, В. К. Скоркин, Л. М. Цой // Техника и оборудование для села. – 2008. – № 11. – С. 8-13. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22636154>.
3. Гамаюнов, П. П. Модель движения автотракторного поезда / П. П. Гамаюнов, С. А. Алексеев // Научное обозрение. – 2018. – № 4. – С. 8-11. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39373290>.
4. Особенности применения современного тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 126. – С. 180-198. – DOI 10.21515/1990-4665-126-013.
5. Гуськов, Ю. А. Использование специализированных транспортных средств в технологиях сбора и транспортировки прессованной в рулоны растительной массы в условиях Сибири / Ю. А. Гуськов, И. В. Тихонкин, Ю. Н. Блынский // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 2(46). – С. 146-152. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35727085>.
6. Тихонкин, И.В. Технологические схемы сбора и транспортировки рулонов растительной массы Тихонкин, И.В., Блынский Ю.Н., Гуськов Ю.А.//



Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет. 2003. С. 97–103.

7. Каплиев, К. И. Многофункциональные машины в животноводстве - универсальность и импортозамещение / К. И. Каплиев, Д. В. Казанский // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2015. – № 4(20). – С. 233-235. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25035986>.

8. Классификация типажа машин для заготовки прессованного сена / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 133-138. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32247316>.

9. Ряднов, А. И. Усовершенствованная грузовая платформа автомобиля ГАЗ-3302 "Газель" / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, И. В. Алмазов // Сельский механизатор. – 2015. – № 5. – С. 14. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24149123>.

10. Калачин, С. В. Алгоритм управления режимами работы машинно-тракторного агрегата / С. В. Калачин // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 3. – С. 45-50. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-3-45-50.

11. Ряднов, А. И. Выбор транспортного средства для перевозки рулонов сена по затратам на топливо-смазочные материалы / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, И. В. Алмазов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 364-371. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-48.

12. Бышов, Н. В. Методика комплексной оценки эффективности использования транспорта в сельскохозяйственном производстве / Н. В. Бышов, А. И. Ряднов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 1(41). – С. 104-108. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38247184>.

13. Федорова, О. А. К обоснованию комплексного критерия эффективности использования технических средств для уборки суданской травы / О. А. Федорова, С. Ю. Фандеев // Вестник НГИЭИ. –

2021. – № 6(121). – С. 5-14. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-6-5-14.

14. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspensky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012145. – DOI 10.1088/1755-1315/341/1/012145.

15. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin [et al.] // Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies, Moscow, 25–27 июня 2018 года. – Moscow: ACM New York, NY, USA, 2018. – P. 176-179. – DOI 10.1145/3233347.3233362.

16. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S. N. Borychev, I. Uspensky, I. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 12–14 мая 2021 года. – Volgograd, 2022. – P. 012048. – DOI 10.1088/1755-1315/965/1/012048.

17. Development prospects of transportation in the agroindustrial complex by reducing the damage of fruit and vegetable products when using the pneumatic container / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [et al.] // International Journal of Engineering and Technology(UAE). – 2018. – Vol. 7. – No 4.36. – P. 914-919.

18. Gusev, A. Innovations in the Regional Agro-Industrial Complex / A. Gusev, I. Uspenskiy // Towards Productive, Sustainable and Resilient Global Agriculture and Food Systems : Conference proceedings, Nitra, 16–17 мая 2018 года. – Nitra: Published by Wolters Kluwer, 2018. – P. 2289-2299.

19. Патент № 2554036 С2 Российская Федерация, МПК В60Р 1/52, В62Д 33/027. Грузовая платформа автомобиля для перевозки рулонов сена, соломы : № 2013146127/11 : заявл. 15.10.2013 : опубл. 20.06.2015 / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, И. В. Алмазов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный аграрный университет. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37816955>.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Osobov V.I. *Sovremennyye tekhnologii i komplekсы машин dlya zagotovki kormov* // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2005. № 4. С. 20–21.
2. Ivanov, YU. A. *Sovremennyye tekhnologii zagotovki, hraneniya i razdachi kormov na zhivotnovodcheskih fermah i kompleksah* / YU. A. Ivanov, V. K. Skorkin, L. M. Coj // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2008. – № 11. – С. 8-13. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22636154>.
3. Gamayunov, P. P. *Model' dvizheniya avtotraktornogo poezda* / P. P. Gamayunov, S. A. Alekseev // *Nauchnoe obozrenie*. – 2018. – № 4. – С. 8-11. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39373290>.
4. *Osobennosti primeneniya sovremennogo traktornogo transporta v tekhnologicheskikh processah po vozdeystviyu sel'skhozayajstvennykh kul'tur* / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.] // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*.



– 2017. – № 126. – С. 180-198. – DOI 10.21515/1990-4665-126-013.

5. Gus'kov, YU. A. Ispol'zovanie specializirovannyh transportnyh sredstv v tekhnologiyah sbora i transportirovki pressovannoj rulony rastitel'noj massy v usloviyah Sibiri / YU. A. Gus'kov, I. V. Tihonkin, YU. N. Blynskiy // *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. – 2018. – № 2(46). – С. 146-152. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35727085>.

6. Tihonkin I.V., Blynskiy YU.N., Gus'kov YU.A. Tekhnologicheskie skhemy sbora i transportirovki rulonov rastitel'noj massy // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy mezhdunar. nauch.- prakt. konf. Novosibirsk: Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet*. 2003. С. 97– 103.

7. Kapliev, K. I. Mnogofunktsional'nye mashiny v zhivotnovodstve - universal'nost' i importozameshchenie / K. I. Kapliev, D. V. Kazanskiy // *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. – 2015. – № 4(20). – С. 233-235. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25035986>.

8. Klassifikatsiya tipazha mashin dlya zagotovki pressovannogo sena / I. I. Piunovskiy, V. R. Petrovec, N. I. Dudko, D. V. Grekov // *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii*. – 2012. – № 4. – С. 133-138. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32247316>.

9. Ryadnov, A. I. Usovershenstvovannaya gruzovaya platforma avtomobilya GAZ-3302 "Gazel" / A. I. Ryadnov, R. V. SHaripov, I. V. Almazov // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2015. – № 5. – С. 14. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24149123>.

10. Kalachin, S. V. Algoritmy upravleniya rezhimami raboty mashinno-traktornogo agregata / S. V. Kalachin // *Traktory i sel'hozmashiny*. – 2019. – № 3. – С. 45-50. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-3-45-50.

11. Ryadnov, A. I. Vybory transportnogo sredstva dlya perevozki rulonov sena po zatratam na toplivo-smazochnye materialy / A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, I. V. Almazov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2019. – № 1(53). – С. 364-371. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-48.

12. Byshov, N. V. Metodika kompleksnoy ocenki effektivnosti ispol'zovaniya transporta v sel'skohozyajstvennom proizvodstve / N. V. Byshov, A. I. Ryadnov // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2019. – № 1(41). – С. 104-108. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38247184>.

13. Fedorova, O. A. K obosnovaniyu kompleksnogo kriteriya effektivnosti ispol'zovaniya tekhnicheskikh sredstv dlya uborki sudanskoj travy / O. A. Fedorova, S. YU. Fandeev // *Vestnik NGIEI*. – 2021. – № 6(121). – С. 5-14. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-6-5-14.

14. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 aprelya 2019 goda*. – Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012145. – DOI 10.1088/1755-1315/341/1/012145.

15. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin [et al.] // *Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies, Moscow, 25–27 iyunya 2018 goda*. – Moscow: ACM New York, NY, USA, 2018. – P. 176-179. – DOI 10.1145/3233347.3233362.

16. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S. N. Borychev, I. Uspenskiy, I. Yukhin [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 12–14 maya 2021 goda*. – Volgograd, 2022. – P. 012048. – DOI 10.1088/1755-1315/965/1/012048.

17. Development prospects of transportation in the agroindustrial complex by reducing the damage of fruit and vegetable products when using the pneumatic container / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy [et al.] // *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*. – 2018. – Vol. 7. – No 4.36. – P. 914-919.

18. Gusev, A. Innovations in the Regional Agro-Industrial Complex / A. Gusev, I. Uspenskiy // *Towards Productive, Sustainable and Resilient Global Agriculture and Food Systems : Conference proceedings, Nitra, 16–17 maya 2018 goda*. – Nitra: Published by Wolters Kluwer, 2018. – P. 2289-2299.

19. Patent № 2554036 C2 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B60P 1/52, B62D 33/027. Gruzovaya platforma avtomobilya dlya perevozki rulonov sena, solomy : № 2013146127/11 : zayavl. 15.10.2013 : opubl. 20.06.2015 / A. I. Ryadnov, R. V. SHaripov, I. V. Almazov ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Volgogradskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37816955>.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», Волгоградский государственный аграрный университет», alex.rjadnov@mail.ru

Федоров Алексей Валерьевич, студент факультета автоматизированных систем, транспорта и вооружений, Волгоградский государственный технический университет, alex_fedorow_97@mail.ru.



Information about the authors

Ryadnov Alexey I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in the agro-industrial complex", Volgograd State Agrarian University,
alex.rjadnov@mail.ru

Fedorov Alexey V., student of the Faculty of Automated Systems, Transport and Weapons, Volgograd State Technical University, alex_fedorow_97@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.7.024
DOI: 10.36508/RSATU.2022.90.53.015

**ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МОЙКИ С АКТИВАЦИЕЙ
МОЮЩЕГО РАСТВОРА ЦЕНТРИФУГОЙ**

**Иван Васильевич Фадеев¹✉, Екатерина Ивановна Степанова², Александр Сергеевич
Казарин³, Владимир Петрович Воронов⁴**

¹Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия

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

¹ivan-fadeev-2012@mail.ru

²stepanowastepanova@yandex.ru.

³Frady@inbox.ru

⁴vp_voronov@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные вопросы было изучено влияние активации моющего раствора центрифугой на степень очистки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники при различных продолжительностях мойки.

Методология. Определяли степень очистки (%) образцов от загрязнений в моечной установке с активацией моющего раствора центрифугой при продолжительности мойки – 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут. В качестве моющего раствора использовали 7 %-й водный раствор «Темп-100» с добавкой тетрабората аммония (ТБА) концентрацией 5 г/л. В качестве загрязнения – искусственное загрязнение, представляющее собой смесь отработанного дизельного (моторного) масла и смолистого отложения из центрифуги соотношением 2:1. В качестве опытного образца – шлифованные с одной стороны пластины размерами 30×100×2 мм из стали 40Х. Температуру моющего раствора поддерживали в пределах 85-90° С, количество образцов в вариантах эксперимента было 5 штук. Загрязнение наносили с одной стороны образца, взвешивание образцов осуществляли на весах ВЛА-200Г-М с точностью до 0,0001 г. Подготовку образцов к экспериментам и сами эксперименты проводили по методикам, описанным в литературных источниках. Степень очистки определяли весовым методом, который основывается на определении процента смываемости загрязнений с поверхности детали.

Результаты. Экспериментально установлена рациональная продолжительность мойки деталей, равная 5 мин. Получено математическое описание влияния продолжительности мойки на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений при активации моющего раствора центрифугой, с помощью которого расчетным путем можно проверить правильность экспериментального определения рациональной продолжительности мойки.

Заключение. Определен полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90°С центрифугой. Значение коэффициента достоверности ($R^2 = 0,9814$) указывает на сильную зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки. Значения рациональной продолжительности мойки, определенные экспериментальным и расчетным путем, коррелируют друг с другом, что подтверждает правильность определения рациональной продолжительности мойки.

Ключевые слова: автотракторная техника, технологические процессы ремонта, загрязнения, способы мойки деталей, тип моечной установки

Для цитирования: Фадеев И.В., Степанова Е.И., Казарин А.С., Воронов В.П. Зависимость степени очистки поверхностей деталей агрегатов автотракторной техники от продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022.Т14, №2. С 130-138 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.90.53.015>



THE DEPENDENCE OF THE DEGREE OF CLEANING OF THE SURFACES OF PARTS OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT UNITS ON THE DURATION OF WASHING WITH ACTIVATION OF THE WASHING SOLUTION BY A CENTRIFUGE

Ivan V. Fadeev¹✉, Ekaterina I. Stepanova², Alexander S. Kazarin³, Vladimir P. Voronov⁴

¹Chuvash State Pedagogical University Named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary, Russia

^{2,3,4}Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹van-fadeev-2012@mail.ru

²stepanowastepanova@yandex.ru.

³Frady@inbox.ru

⁴vp_voronov@bk.ru

Abstract.

Problem and purpose. To achieve the goal of the study and answer the questions posed, the effect of activation of the washing solution by a centrifuge on the degree of cleaning of the surfaces of parts during the repair of automotive equipment units was studied at various washing times.

Methods. The degree of purification (%) of samples from contamination in a washing unit with activation of the washing solution by a centrifuge was determined at a washing time of 1, 2, 3, 4, 5, 6 minutes. A 7% aqueous solution of Temp-100 with the addition of ammonium tetraborate (ATB) at a concentration of 5 g / l was used as a washing solution, and artificial pollution was used as a pollution, which is a mixture of used diesel (motor) oil and resinous deposits centrifuge with a ratio of 2:1, as a prototype - polished on one side of the plate with dimensions of 30×10×2 (mm) from steel 40X. The temperature of the washing solution was maintained within 85-90°C, the number of samples in the experimental variants was 5 pieces. Contamination was applied on one side of the sample, the samples were weighed on a VLA-200G-M balance with an accuracy of 0.0001 g. Sample preparation for experiments and the experiments themselves were carried out according to the methods described in the literature. The degree of purification was determined by the gravimetric method, which is based on determining the percentage of washout of contaminants from the surface of the part.

Results. The rational duration of parts washing was experimentally established, equal to 5 min. A mathematical description is obtained of the effect of the washing duration on the degree of cleaning of the surfaces of parts from contamination when the washing solution is activated by a centrifuge, with the help of which it is possible to check the correctness of the experimental determination of the rational washing duration by calculation.

Conclusion. The polynomial nature of the relationship between the degree of purification of samples and the duration of washing with the activation of the washing solution at a temperature of 85-90°C by a centrifuge is determined. The value of the confidence factor ($R^2 = 0.9814$) indicates a strong dependence of the degree of cleaning of parts on the duration of washing. The values of the rational duration of washing, determined experimentally and by calculation, correlate with each other, which confirms the correctness of determining the rational duration of washing.

Key words: autotractor equipment, technological processes of repair, pollution, washing of parts, washing methods, type of washing installation

For citation: Fadeev I. V., Stepanova E. I., Kazarin A. S., Voronov V. P. Analysis of environmental cleaning and washing of affected parts in the process of repairing units of automotive and tractor equipment. Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022; 14(1). P130-138 (in Russ.). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.90.53.015>

Введение

От эффективности процессов очистки и мойки деталей агрегатов решающим образом зависит производительность труда, качество ремонтных работ, межремонтный ресурс автотракторной техники, культура труда в ремонтном производстве сельскохозяйственных предприятий и др. [1, 2, 3]. В связи с этим очистные и моечные работы включены в технологические процессы ремонта и обслуживания автотракторной техники, без которых точное определение состояния рабочих поверхностей деталей, их остаточных размеров, обнаружение скрытых погрешностей и неточностей при дефектовке невозможно, так как этому мешает наличие на поверхности деталей различных загрязнений [4, 5, 6]. Из общей трудоемкости капиталь-

ного ремонта агрегатов автотракторной техники на долю очистных и моечных работ приходится около 10 % [7, 8, 9]. На производство моечно-очистительных работ затрачиваются огромные средства, что связано с приобретением синтетических моющих средств (СМС), расходами воды, электроэнергии на привод моечной машины, подогрев и поддержание рабочей температуры раствора, ее утилизацией и др. [10, 11, 12]. Вышеизложенное позволяет утверждать, что исследования, проведенные в настоящей работе, актуальны и востребованы.

Цель исследования – изучить и проанализировать влияние продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой на степень очистки поверхностей деталей в процессе ремонта агрегатов автотракторной техники при различ-



ных продолжительностях мойки и определить рациональную продолжительность мойки.

Объектом исследования в данной работе является технологический процесс удаления загрязнений с поверхностей деталей под воздействием моющего раствора, а предметом исследования – степень очистки поверхностей деталей от загрязнений.

Научной новизной работы является впервые полученное математическое описание влияния продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений.

Практическая значимость работы заключается в том, что в ней экспериментально определена рациональная продолжительность мойки деталей с активацией моющего раствора центрифугой, равная 5 минутам.

Материалы и методы исследования

Для уточнения влияния продолжительности на качество мойки деталей определяли степень очистки (%) образцов от загрязнений в моечной установке с активацией моющего раствора центрифугой при продолжительности мойки образцов 1, 2, 3, 4, 5, 6 минут. В качестве моющего раствора использовали 7 %-й водный раствор «Темп-100» с добавкой тетрабората аммония (ТБА) концентрацией 5 г/л, разработанный в РГАТУ им. П.А. Костычева в 2021 г. [2]; в качестве искусственного загрязнения – смесь отработанного дизельного (моторного) масла и смолистого отложения из центрифуги соотношением 2:1 [13]; в качестве образцов для экспериментов – пластины прямоугольной формы размерами 30×100×2 мм из стали 40Х, которые отшлифованы с одной стороны. Выбор материала образца обосновывается тем, что многие детали двигателей автотракторной техники изготовлены из стали 40Х [2].

Условия эксперимента были следующими:

- температура раствора – 85-90° С;
- количество образцов в вариантах эксперимента – 5 штук, которые для размещения в моечную установку собирали в пакеты с использованием специальных кронштейнов. При этом загрязнение наносили только с одной стороны образцов, т.к. при двустороннем нанесении загрязнения взвешивание образцов на весах ВЛА-200Г-М затрудняется и возможно допущение ошибки в определении массы нанесенного загрязнения.

Методики, по которым образцы готовили к экспериментам и проводили сами эксперименты по изучению зависимости степени очистки образцов от продолжительности мойки, описываются в [14, 15, 16].

Степень очистки определяли весовым методом, который основывается на определении про-

цента смываемости загрязнений с поверхности детали [17, 18, 19]:

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%,$$

где M_1 – масса образца до мойки (с модельным загрязнением), г;

M_2 – масса образца после мойки, г.

Статистическую обработку результатов исследований проводили в три этапа [2, 20, 21], в ходе которых оценивали корреляционную зависимость интересующих параметров, а также проводили регрессионный анализ результатов исследований.

На первом этапе с использованием критерия Стьюдента t (t_{α}) проверяли принадлежность резко отличающихся значений выходов генеральной совокупности. Резко отличающиеся данные исключали из массива результатов [1].

На следующем этапе лабораторных экспериментов исследовали связь между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки в оригинальной моечной установке при активации моющего раствора центрифугой.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные результаты исследований степени очистки при различных продолжительностях мойки отражены в таблице 1, а для лучшего визуального восприятия – в виде графика (рис.).

Первый вариант: продолжительность мойки $x = 1$ мин.; выходные результаты (степень очистки) y : 22,26 ; 23,76; 23,18; 25,53; 22,85 %.

После ранжирования получим: 22,26; 22,85; 23,18; 23,76; 25,53 %.

Левый член [1]:

$$t_{лев} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{22,85 - 22,26}{25,53 - 22,26} = \frac{0,59}{3,27} =$$

$$= 0,18 < t_{табл.} = 0,807;$$

Правый член [1]:

$$t_{прав} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1} = \frac{25,53 - 23,76}{25,53 - 22,26} =$$

$$= \frac{1,77}{3,27} = 0,541 < t_{табл.} = 0,807.$$

Оба члена принадлежат совокупности, так как:

$$t_{лев} = 0,18 < t_{табл.} = 0,807;$$

$$t_{прав} = 0,541 < t_{табл.} = 0,807.$$



Таблица 1 – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90°C центрифугой

Продолжительность мойки, x_i , мин	№№ образцов	Масса, г					Степень очистки, y_i , %	
		образца		загрязнения	образца после эксперимента, M_2	загрязнения после эксперимента, $\Delta M_2 = M_2 - M_0$	каждого образца	средняя по вариантам
		чистого M_0	до эксперимента с загрязнением M_1	$\Delta M_1 = M_1 - M_0$				
1,0	1	45,4630	49,1211	3,6581	48,3068	2,8438	там	23,51
	2	45,4273	48,6418	3,2145	47,8780	2,4507		
	3	45,3045	48,5688	3,2643	48,1121	2,8076		
	4	46,6013	50,1231	3,5218	49,2240	2,6227	25,53	
	5	46,5120	49,9105	3,3985	49,1339	2,6219	22,85	
2,0	6	46,4910	50,6954	4,2044	49,0759	2,5849	38,52	39,13
	7	46,0044	50,2195	4,2151	48,5866	2,5822	38,74	
	8	45,3346	50,4619	4,1273	47,8638	2,5292	38,72	
	9	45,6415	49,8000	4,1585	48,1008	2,4593	40,86	
	10	46,6940	50,8361	4,1421	49,2290	2,5350	38,80	
3,0	11	46,1130	49,9515	3,8385	47,3786	1,2656	67,03	67,15
	12	45,4203	49,3326	3,9123	46,6163	1,1960	69,43	
	13	46,1143	49,3458	3,2315	47,2082	1,0939	66,15	
	14	46,3478	49,6466	3,2988	47,4671	1,1193	66,07	
	15	45,4617	48,9739	3,5122	46,6183	1,1566	67,07	
4,0	16	45,6411	49,5389	3,8978	46,2453	0,6042	84,50	84,34
	17	46,6144	49,8660	3,2516	47,2069	0,5928	81,77	
	18	45,2406	48,3927	3,1521	45,7084	0,4678	85,16	
	19	45,3841	49,6252	4,2411	45,9965	0,6124	85,56	
	20	45,7461	49,6212	3,8751	46,3390	0,5929	84,70	
5,0	21	45,6450	48,7912	3,1462	45,9876	0,3426	89,11	90,35
	22	46,4323	49,6479	3,2155	46,7284	0,2961	90,79	
	23	45,4777	49,3530	3,8753	45,8149	0,3372	91,30	
	24	46,1234	49,3991	3,2257	46,4579	0,3345	89,63	
	25	45,6343	49,4874	3,8531	45,9830	0,3487	90,95	
6,0	26	46,0431	49,6192	3,5761	46,3135	0,2704	92,44	91,00
	27	46,0670	50,2914	4,2244	46,3965	0,3295	92,20	
	28	45,7143	49,8295	4,1152	46,1353	0,4210	89,77	
	29	45,4306	48,8263	3,3957	45,7613	0,3307	90,26	
	30	46,0561	50,0472	3,9911	46,4424	0,3863	90,32	

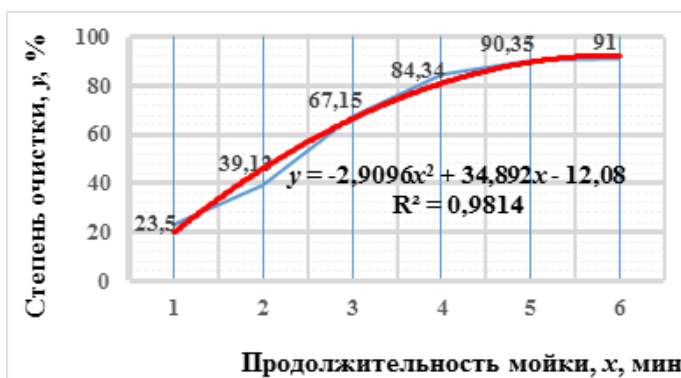


Рис. – Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой
(Changing the degree of cleaning depending on the duration of washing with the activation of the washing solution at a temperature of 85-90° C by a centrifuge)

Расчеты статистических характеристик: среднего значения ряда $\bar{y}$, дисперсии S^2 , среднеквадратического отклонения S и коэффициента вариации ϑ приведены в таблице 2. Вспомогательные

расчеты для определения статистических характеристик результатов исследований сведены в таблицу 3, результаты подготовительных расчетов – в таблицу 4.

Таблица 2 – Определение статистических характеристик результатов исследований степени очистки при различных продолжительностях мойки

№№ вариантов эксперимента	Продолжительность мойки, x , мин	Степень очистки, y , %		Проверка принадлежности сомнительных членов совокупности	Статистические характеристики результатов выходов			
		каждого образца	средняя по вариантам		$\bar{y}$	S^2	S	ϑ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,0	22,26	23,51	$\tau_{лев.} = 0,18$ $\tau_{прав.} = 0,541$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	23,51	1,57	1,25	5,33
		23,76						
		23,18						
		25,53						
		22,85						
2	2,0	38,52	39,13	$\tau_{лев.} = 0,23$ $\tau_{прав.} = 0,024$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	39,13	0,58	0,76	0,03
		38,74						
		38,72						
		40,86						
		38,80						
3	3,0	67,03	67,15	$\tau_{лев.} = 0,024$ $\tau_{прав.} = 0,7$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	67,15	1,85	1,36	0,024
		69,43						
		66,15						
		66,07						
		67,07						
4	4,0	84,50	84,34	$\tau_{лев.} = 0,72$ $\tau_{прав.} = 0,1055$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	84,34	2,23	1,49	0,02
		81,77						
		85,16						
		85,56						
		84,70						
5	5,0	89,11	90,35	$\tau_{лев.} = 0,37$ $\tau_{прав.} = 0,17$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	90,35	0,8	0,90	0,01
		90,79						
		91,30						
		89,63						
		90,95						



6	6,0	92,44	91,00	$\tau_{лев.} = 0,19$ $\tau_{прав.} = 0,01$ $\tau_{табл.} = 0,807.$	91,00	1,56	1,25	0,02
		92,20						
		89,77						
		90,26						
		90,32						

Таблица 3 – Вспомогательные расчеты

№№ вариан- тов экспери- мента, n	Продолжи- тельность мойки, x_i , мин	Степень очистки, y_i , %	x_i^2	$x_i y_i$	Расчеты				$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$
					$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	
1	1,0	23,51	1	23,51	-2,5	-42,4	6,25	1799,46	106,0
2	2,0	39,13	4	78,26	-1,5	-26,78	2,25	717,17	40,17
3	3,0	67,15	9	201,45	-0,5	1,24	0,25	1,54	-0,62
4	4,0	84,34	16	337,36	0,5	18,43	0,25	339,66	9,22
5	5,0	90,35	25	451,75	1,5	24,44	2,25	597,31	36,66
6	6,0	91,00	36	546	2,5	25,09	6,25	629,51	62,73
Σ	21,0	395,48	91,0	1638,33	0	0	17,5	4084,65	254,16

Таблица 4 – Результаты подготовительных расчетов для определения статистических характеристик

Выходные значения, y_i	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
22,26	-1,18	1,39
23,76	0,32	0,10
23,18	-0,26	0,07
25,53	2,09	4,37
22,85	-0,59	0,35
$\Sigma 117,58$		$\Sigma 6,28$

Среднее значение:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 117,58 = 23,44 \text{ %};$$

– дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{6,28}{5-1} = 1,57;$$

– стандартное отклонение:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{1,57} = 1,25;$$

– коэффициент вариации:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100 \% = \frac{1,25}{23,44} \cdot 100 \% = 5,33 \text{ %};$$

$$\vartheta = 5,33 \% < 33 \text{ %}.$$

Значение коэффициента вариации подтверждает, что совокупность подчиняется закону нормального распределения [2].

Такие же расчеты проводили для продолжительностей мойки: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 мин., дан-

ные по которым сведены в таблицу 2.

Вид связи между степенью очистки (y) и продолжительностью мойки (x) определяли на втором этапе.

Коэффициент корреляции r [2]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{254,16}{\sqrt{17,5 \cdot 4084,65}} = 0,98;$$

Значение коэффициента корреляции $r = 0,98$ свидетельствует об очень сильной связи между продолжительностью мойки и степенью очистки [2].

Регрессионный анализ проводили на третьем этапе статистической обработки результатов.

По методике, описанной в [1], проведена математическая статистическая обработка выходных результатов экспериментов, в ходе которой оценивали корреляционную зависимость интересующих параметров, а также проводили регрессионный анализ результатов экспериментов [2].



По значению коэффициента достоверности ($R^2 = 0,9814$) определили полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой.

Из рисунка следует, что с повышением продолжительности мойки до 5 мин степень очистки образцов повышается, а при дальнейшем увеличении она улучшается незначительно. Следовательно, продолжительность мойки деталей 5 мин. будет рациональной.

Получено математическое описание влияния продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений (рис.), с помощью которой можно проверить правильность определения рациональной продолжительности мойки экспериментальным путем.

Из условия 90,35 %-й очистки деталей рациональная продолжительность мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой составит:

$$y = -2,9096x^2 + 34,892x - 12,08;$$

$$90,35 = -2,9096x^2 + 34,892x - 12,08;$$

$$x_{\text{рац}} = 5,27 \text{ мин} \approx 5,0 \text{ мин.}$$

Расчетное значение рациональной продолжительности мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой составляет 5 минут.

Заключение

Определен полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов и продолжительностью мойки с активацией моющего раствора температурой 85-90° С центрифугой. Значение коэффициента достоверности ($R^2 = 0,9814$) указывает на сильную зависимость степени очистки деталей от продолжительности мойки с активацией моющего раствора центрифугой. Получено математическое описание этой связи, с использованием которого расчетным путем определена рациональная продолжительность мойки деталей с активацией моющего раствора центрифугой при ремонте агрегатов автотракторной техники, равная 5 минутам. Значения рациональной продолжительности мойки, определенные экспериментальным и расчетным путем, коррелируют друг с другом, что подтверждает правильность определения рациональной продолжительности мойки.

Список источников

1. Фадеев, И.В. Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дисс. ...доктора техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. – Рязань, 2019. – 395 с.
2. Митрохина Е.В. Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. – Рязань, 2021. – 128 с.
3. Козлов, Ю.С. Очистка автомобилей при ремонте / Ю.С. Козлов. – М.: Транспорт, 1975. – 216с.

4. Черноиванов, В. И. Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.
5. Фадеев, И.В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 54–56.
6. Тельнов, А.Ф. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация [Текст] / А. Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, И.А. Тулаев. – М.: «Машиностроение», 1993. – 202 с.
7. Малышев, А.В. Контроль загрязнений в современных системах машин / Малышев А.В. // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 3. – С. 49–52.
8. Фадеев, И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17–20.
9. Тойгамбаев, С.К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки. – 2016. – № 3 (88). – С. 217–221.
10. Козлов, Ю.С. Очистка изделий в машиностроении / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с. Бышов, Н.В. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей [Текст] / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.
11. Фадеев, И.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский научный журнал. – 2015. – №2. – С. 86-90.
12. Лебединский, К.В. Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеводородсодержащих производственных загрязнений / К.В. Лебединский, Н.Е. Курносков // Экологические проблемы современности. Пенза. – 2011. – С. 61 – 65.
13. 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.
14. Гольдштейн, Я.Е. Повышение долговечности тракторных двигателей / Я.Е. Гольдштейн, Н.Я. Горбульский. – М.: Машгиз, 1961. – 200 с.
15. 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.
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. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Бышов, Н.В. Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В. Алексеев, И.В. Фадеев, // Инженерные технологии и системы. – 2019. – № 1. – С. 249-255.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Fadeyev, I.V. *Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa moyki pri remonte avtomobiley v sel'skom khozyaystve: diss. ...doktor tekhn. nauk: 05.20.03 / Fadeyev Ivan Vasil'yevich. – Ryazan', 2019. – 395 s.*
2. Mitrokhina Ye.V. *Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa moyki detaley pri remonte tekhniki v sel'skom khozyaystve: dis. ...kand. tekhn. nauk : 05.20.03 / Mitrokhina Yekaterina Vladimirovna. – Ryazan', 2021. – 128 s.*
3. Kozlov, YU.S. *Ochistka avtomobiley pri remonte / YU.S. Kozlov. – M.: Transport, 1975. – 216 s.*
4. Chernoivanov V.V. *I. Ochistka i moyka mashin i oborudovaniya [Tekst] / V.I. Chernoivanov, V.N. Losev, A.L. Bysritskaya. – M.: GOSNITI, 1998. – 99 s.*
5. Fadeyev, I.V. *Novyye moi sredstva massovoy informatsii dlya uzlov i agregatov avtotransportnykh sredstv / I.V. Fadeyev, SH.V. Sadetdinov // Avtotransportnoye predpriyatiye. – 2014. – № 6. – S. 54–56.*
6. Tel'nov, A.F. *Moyushchiye sredstva, ikh ispol'zovaniye v mashinostroyenii i attestatsii [Tekst] / A. F. Tel'nov, YU.S. Kozlov, O.K. Kuznetsov, I.A. Tulayev. – M.: «Mashinostroyeniye», 1993. – 202 s.*
7. Malyshev, A.V. *Kontrol' zagryazneniya v sovremennykh mashinakh Malyshev A.V. // Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. – 2014. – № 3. – S. 49–52.*
8. Fadeyev, I.V. *Moyushchiye i protivokorroziionnyye svoystva sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya uzlov i detaley v poiskakh nekotorykh boratov / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2017. – № 1. – S. 17–20.*
9. Toygambayev, S.K. *Sovershenstvovaniye protsessov ochistki detaley ot zagryazneniy pri remonte mashin / S.K. Toygambayev // Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki. – 2016. – № 3 (88). – S. 217–221.*
10. Kozlov, YU.S. *Ochistka izdeliy v mashinostroyenii / YU.S. Kozlov, O.K. Kuznetsov, N.F. Tel'nov. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 264 s.*
11. Byshov, N.V. *Povysheniye protivokorroziionnykh svoystv rastvorov sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley [Tekst] / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev, G.A. Aleksandrova, SH.V. Sadetdinov // Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – № 45. – S. 20–24.*
12. 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.*
13. Lebedinskiy K.V. *Resursosberegayushchiy metod ochistki mashinostroitel'noy produktsii ot uglevodorodsoderzhashchikh proizvodstvennykh zagryazneniy / K.V. Lebedinskiy, N.Ye. Kurnosov // Ekologicheskkiye problemy sovremennosti. Penza. – 2011. – S. 61 – 65.*
14. Fadeyev I.V. *Povysheniye kachestva protivokorroziionnykh moyushchikh sredstv s primeneniym amidoborotnykh soyedineniy na avtomobil'nom transporte / I.V. Fadeyev, A.N. Rementsov, SH.V. Sadetdinov // Gruzovik. – 2015. – №4 – S.*
15. Gol'dshteyn YA.Ye. *Povysheniye ustoychivosti traktornykh dvigateley / YA.Ye. Gol'dshteyn, N.YA. Gorbul'skiy. – M.: Mashgiz, 1961. – 200 s.*
16. Bykov V.V. *Povysheniye moyki effektivnosti detaley pri remonte avtomobiley / V.V. Bykov, B.P. Zagorodskikh, SH.V. Sadetdinov, V.M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa:*



nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2019. – № 1(53). – S. 358-363.

16. Byshov N.V. Ingibitor metallov dlya ispol'zovaniya pri remonte avtotraktorной tekhniki / N.V. Byshov, S.D. Polishchuk, I.V. Fadeyev, SH.V. Sadetdinov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2019. – № 2. – S. 257-262.*

17. Byshov N.V. K voprosu ob izuchenii svoystv sinteticheskikh moyushchikh sredstv dlya moyki detaley mobil'noy tekhniki / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // *Nauka, proizvodstvo, obrazovaniye: sostoyaniye i napravleniya razvitiya: sb. nauch. tr. po mater. Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGPU im. I.YA. Yakovleva, 2019. – S. 23-29.*

18. 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.*

19. Byshov N.V. Ingibitor voznikayet dlya rastvorov sinteticheskikh tekhnologicheskikh sredstv / N.V. Byshov, I.V. Fadeyev // *Perspektivy razvitiya mekhanizatsii, elektrifikatsii i predprinimatel'skogo proizvodstva: materialy Vserossiyskoy nauch.-praktich. konferentsiya. – Cheboksary: CHGSKHA, 2019. – S. 411-417.*

20. 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.*

21. Byshov N.V. Izmeneniye kontaktnykh uglov smachivaniya pri dobavlenii v moyushchiye rastvory vzryvno-aktivnykh vkluycheniy / N.V. Byshov, I.A. Uspenskiy, V.V. Alekseyev, I.V. Fadeyev, // *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy. – 2019. – № 1. – S. 249-255.*

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Фадеев Иван Васильевич, доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машиноведения, Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Степанова Екатерина Ивановна, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, stepanowastepanova@yandex.ru.

Казарин Александр Сергеевич, соискатель ученой степени кандидата технических наук при кафедре технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, Frady@inbox.ru

Воронцов Владимир Петрович, аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет им П.А. Костычева, vp_voronov@bk.ru

Information about the authors

Fadeev Ivan V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, ivan-fadeev-2012@mail.ru

Stepanova Ekaterina I., applicant for the degree of candidate of technical sciences at the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, stepanowastepanova@yandex.ru.

Kazarin Alexander S., 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, Frady@inbox.ru

Voronov Vladimir P., post-graduate student of the Department of technical operation of transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, vp_voronov@bk.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.



Вестник РГАТУ, 2022, т.14, №3, с. 139-147
Vestnik RGATU, 2022, Vol. 14, №3, pp 139-147

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.171, 631.8
DOI: 10.36508/RSATU.2022.82.44.016

**АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН
ТУМАНОМ БИОПРЕПАРАТОВ**

Шемякин Александр Владимирович¹, Горячкина Ирина Николаевна², Костенко Михаил Юрьевич³✉, Рембалович Георгий Константинович⁴, Игорь Александрович Мурог⁵

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

⁵ Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, г Рязань, Россия

¹ shem.alex62@yandex.ru.

² gin.81@mail.ru

³ km340010@rambler.ru

⁴ rgk.rgatu@yandex.ru

⁵ dir@rimsou.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Предпосадочная обработка картофеля позволяет повысить устойчивость растений в начальный период развития. Для повышения эффективности обработки следует уточнить режимы ее проведения. Обработку семенных клубней проводили биопрепаратами во время доработки клубней на картофелесортировальном пункте перед промежуточным хранением. Цель исследований – улучшение развития растений и повышение качества клубней за счет предпосадочной обработки семенных клубней и растений картофеля высокодисперсным туманом биопрепаратов.

Методология. Процесс предпосадочной обработки клубней картофеля высокодисперсным туманом биопрепаратов способствует снижению расхода рабочего раствора. Обработка горячим туманом биопрепаратов способствует сохранности во время промежуточного хранения. Для обработки растений картофеля в период вегетации горячим туманом биопрепаратов применяли навесной культиватор, оборудованный генераторами горячего тумана. При этом образуется облако горячего тумана биопрепаратов дисперсностью менее 20 мкм, которое покрывает равномерно листовую поверхность растений.

Результаты. Установлено, что обработка семенных клубней и растений картофеля биопрепаратами способствует развитию растений и позволяет увеличить средние размеры клубней и их массу. Анализ урожайности на участках с различными видами биопрепаратов и способов обработки показал, что наибольший эффект дает двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом Гумата калия. Прибавка урожая составила 293 ц/га, что превышает урожайность на контрольном участке на 26,3 %.

Заключение. Следует отметить, что двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом биопрепаратов способствует не только повышению урожайности, но и снижению количества нитратов в клубнях. Наибольшее снижение содержания тяжелых металлов установлено в пробах клубней при обработке горячим туманом препарата Фитоспорин М.

Ключевые слова: предпосадочная обработка, семенные клубни, биопрепараты, горячий туман, холодный туман

Для цитирования: Шемякин А. В., Горячкина И. Н., Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Мурог И.А. Анализ урожайности картофеля при обработке семян туманом биопрепаратов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. Т14, №3. С 139-147 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.82.44.016>



ANALYSIS OF POTATO YIELD DURING SEED TREATMENT WITH BIOLOGICAL MIST

Alexander Vladimirovich Shemyakin¹, Irina Nikolaevna Goryachkina², Mikhail Yurievich Kostenko³✉, Georgy Konstantinovich Rembalovich⁴, Igor Alexandrovich Murog⁵

^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

⁵ Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

¹ shem.alex62@yandex.ru

² gin.81@mail.ru

³ km340010@rambler.ru

⁴ rgk.rgatu@yandex.ru

⁵ dir@rimsou.ru

Abstract.

Problem and purpose. Pre-planting processing of potatoes allows to increase the resistance of plants in the initial period of development. To increase the efficiency of processing, it is necessary to clarify the modes of processing. The treatment of seed tubers was carried out with biological preparations during the processing of tubers at a potato sorting station before intermediate storage. The purpose of the research is to improve the development of plants and improve the quality of tubers through pre-planting treatment of seed tubers and potato plants with a highly dispersed mist of biological products.

Methodology. The process of pre-planting treatment of potato tubers with a highly dispersed mist of biological products helps to reduce the consumption of the working solution. Hot mist treatment of biopreparations contributes to preservation during intermediate storage. For the treatment of potato plants during the growing season with hot mist of biological products, a mounted cultivator equipped with hot mist generators was used. In this case, a cloud of hot fog of biological products with a dispersion of less than 20 microns is formed, which evenly covers the leaf surface of plants.

Conclusion. It has been established that the treatment of seed tubers and potato plants with biological preparations promotes the development of plants and makes it possible to increase the average size of tubers and their weight. Yield analysis in plots with different types of biological preparations and treatment methods showed that the double treatment of seed tubers and plants with hot mist of Potassium Humate showed the greatest effect and amounted to 293 c/ha, which exceeds the yield in the control plot by 26.3%. Conclusion. It should be noted that the double treatment of seed tubers and plants with hot mist of biological products not only increases yields, but also reduces the amount of nitrates in tubers. The greatest decrease in the content of heavy metals was found in tuber samples during the treatment of Fitosporin M with hot fog.

Key words: preplant treatment, seed tubers, potato treatment, biological products, hot fog, cold fog, potato tubers

For citation: Shemyakin A.V., Goryachkina I.N., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K., Murog I.A. Analysis of potato yield during seed treatment with biological mist// Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2022. Vol. 14, No.3. pp 139-147 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.82.44.016>

Введение

Предпосадочная обработка картофеля позволяет повысить устойчивость растений в начальный период развития [7,9,10,14]. Предпосадочная обработка зачастую связана с большими трудозатратами, так как включает операции по очистке, сортировке и удалению поврежденных клубней. Поэтому семенные клубни картофеля начинают подготавливать заранее – за месяц до посадки. Погрузка семенного картофеля в транспортное средство в большинстве хозяйств производится с помощью ковшовых погрузчиков, что затрудняет обработку картофеля в момент погрузки. Обработка стимуляторами роста и биопрепаратами затруднена из-за возможности раннего прорастания побегов [8]. Избыточное увлажнение при обработке препаратами также будет способствовать снижению сохранности картофеля в период промежуточного хранения [1,14].

Исследования предпосадочной обработки клубней картофеля проводились в 2019 и 2021 го-

дах в рамках научной работы. В 2019 году изучали влияние обработки горячим туманом препаратов Гумат калия, Азотовит, Экорост. В 2021 году производилась оценка влияния вида обработки холодным и горячим туманом биопрепаратов Гумат калия и Фитоспорин М на развитие и урожайность растений.

Методика проведения исследований

Для предпосадочной обработки клубней картофеля было решено использовать высокодисперсный туман биопрепаратов. В качестве источников высокодисперсного тумана использовали генератор горячего тумана марки BF-150 и генератор холодного тумана марки KASEI 3W-30. Исследования 2019 и 2021 годов имели схожую методику обработки семенных клубней за исключением применяемых препаратов. Обработку семенных клубней проводили биопрепаратами во время до-работки клубней на картофелесортировальном пункте перед промежуточным хранением (рис. 1).



Рис. 1 – Общий вид оборудования для предпосадочной обработки горячим и холодным туманом
(General view of hot and cold fog preplant equipment)

В процессе обработки клубней на движущемся транспортере расход тумана устанавливали с учетом равномерного увлажнения клубней. Следует отметить, что проводилась обработка горячим туманом температурой 50-60° С, что способствовало нагреву поверхности клубней и последующему осушиванию за счет испарения влаги [18]. Применение высокодисперсных туманов для обработки биопрепаратами способствует снижению расхода рабочего раствора [2,5,13]. Концентрация рабочего раствора выбиралась с учетом рекомендаций производителей.

Дополнительную обработку горячим туманом биопрепаратов в 2021 году проводили в период вегетации. Для обработки горячим туманом биопрепаратов применяли навесной культиватор, оборудованный генераторами горячего тумана (рис. 2).



Рис. 2 – Общий вид устройства для обработки посадок картофеля горячим туманом биопрепаратов
(General view of a device for processing potato plantings with a hot mist of biological products)

Генераторы горячего тумана имеют возможность изменения положения относительно рядков картофеля как по высоте, так и по ширине междурядий, что обеспечивает равномерное покрытие растений защитно-стимулирующими биопрепаратами [3,4]. Для распределения потока горячего тумана на жаровой трубе установлены разветвлен-

ные сопла, которые обрабатывают две грядки. При этом образуется облако горячего тумана биопрепаратов дисперсностью менее 20 мкм, которое покрывает равномерно листовую поверхность растений не только сверху, но и снизу (с учетом того, что устьица листьев в основном расположены снизу) – это улучшает усвоение биопрепаратов [6,15]. Хорошее развитие растений способствует получению высокого урожая, так как площадь листовой поверхности определяет возможность накопления питательных веществ в клубнях. Кроме того, раннее развитие растений способствует мобилизации питательных веществ побегов для преодоления неблагоприятных условий.

Посадку обработанных семенных клубней сорта Лилли осуществляли на учетных делянках в следующем порядке: холодный туман Гумата калия, горячий туман Гумата калия (предпосадочная обработка), горячий туман Гумата калия (обработка растений до смыкания листьев), холодный туман Фитоспорина М, горячий туман Фитоспорина М (предпосадочная обработка), горячий туман Фитоспорина М (обработка растений до смыкания листьев), контроль. Оценку влияния обработок биопрепаратами на урожай картофеля проводили по следующим показателям: развитие растений, размеры и масса клубней, также оценивалась урожайность [11,12,17].

Результаты и обсуждение

Анализ результатов исследований в 2019 году показал, что структура урожая и урожайность картофеля сорта Латона имеют высокую корреляцию, наибольшую урожайность имеют растения, семенные клубни которых обработаны горячим туманом препаратов Гумат калия (увеличение на 50,3 % в сравнении с контролем) и Азотовит (увеличение на 48,6 % в сравнении с контролем) (таблица 1). Это обусловлено хорошим развитием вегетативной массы растений, а также их корневой системы. Следует отметить, что содержание микроэлемента питания калийных удобрений, а также калий-мобилизирующих почвенных бактерий улучшают рост и развитие дополнительных побегов картофеля. Поэтому содержание азотосодержащих гуматов должно дополняться внесением удобрений для формирования необходимого баланса почвы.



Таблица 1 – Урожайность клубней картофеля сорта Латона при предпосадочной обработке горячим туманом защитно-стимулирующих препаратов

Показатели	Горячий туман Гумата калия	Горячий туман Азотовита	Горячий туман Экороста	Контроль (без обработки семян)
Урожайность, ц/га	204,45	202,1	160,95	136

При оценке качества урожая картофеля в 2021 году учитывали клубни размером более 28 мм и массой более 30 г. Средний размер клубней определяли, как среднее арифметическое длины, ширины и толщины. Оценка достоверности полученных результатов проводили с помощью критерия

Кохрена. Максимальное расчетное значение критерия Кохрена для серии опытов составляло 0,57, что не превышает табличного значения критерия Кохрена 0,71. По полученным данным средних размеров клубней была получена составная гистограмма (рис. 3)

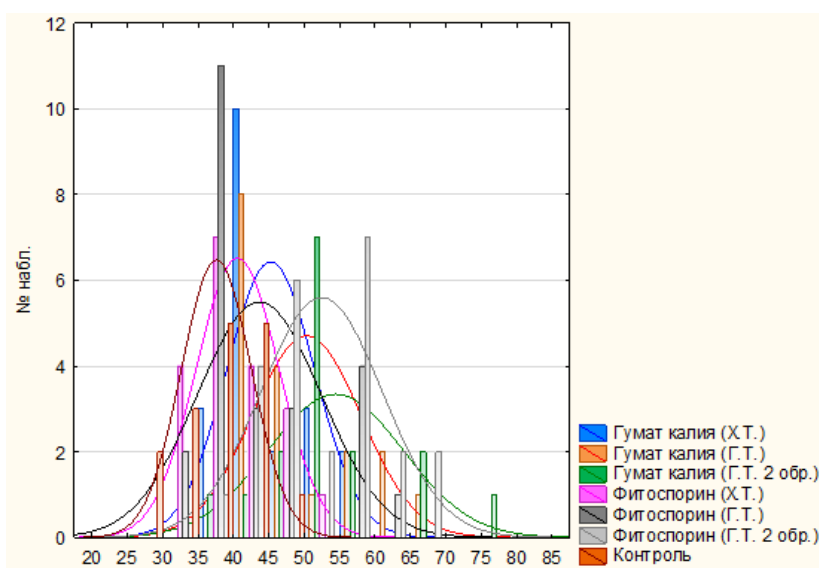


Рис. 3 – Составная гистограмма распределения средних размеров клубней картофеля сорта Лилли, обработанных различными способами и биопрепаратами
(Composite histogram of the distribution of average sizes of Lilly potato tubers treated with various methods and biological products)

Анализ рисунка 3 показал, что обработка семенных клубней и растений картофеля биопрепаратами способствует развитию растений и позволяет увеличить средние размеры клубней. Сравнение применения препаратов Гумата калия и Фитоспорина М показало, что Гумат калия имеет большее влияние на развитие растений и клубней при различных видах обработки (предпосадочная обработка на 15,3 %, предпосадочная обработка + повторная обработка на 3,8 %). Обработка горячим туманом Гумата калия семенных клубней способствовала увеличению среднего размера клубней на 11,2 % в сравнении с обработкой холодным туманом Гумата калия и на 33,8 % в сравнении с контролем. Повторная обработка растений до смыкания листьев горячим туманом Гумата калия способствовала увеличению среднего размера клубней на 8,1 % в сравнении с предпосадочной обработкой семенных клубней горячим туманом Гумата калия и на 44,7 % в сравнении с контролем.

Оценка массы клубней проводилась с помощью портативных весов марки ВК-600 с точно-

стью до 0,01 г. По результатам полученных данных рассчитывался критерий Кохрена, который составил 0,64, что не превышает табличного значения критерия 0,71. На основании полученных данных была построена составная гистограмма (рис. 4). Анализ рисунка 4 показал, что обработка семенных клубней и растений картофеля биопрепаратами способствует увеличению массы клубней. Применение препарата Фитоспорин М оказало большее влияние на массу клубней при предпосадочной обработке в сравнении с препаратом Гумат калия (на 2,0 %). Предпосадочная обработка семенных клубней совместно с обработкой растений до смыкания листьев горячим туманом Гумата калия показала увеличение массы клубней на 17,7 % в сравнении с аналогичными обработками Фитоспорином М. Это связано с особенностями препарата Гумат калия, который является биоудобрением и помимо этого проявляет защитные свойства. Предпосадочная обработка семенных клубней совместно с обработкой растений до смыкания листьев горячим туманом Гумата калия показала увеличение массы клубней на



102,2 % в сравнении с контролем. Следует отметить, что увеличение массы клубней способствовало уменьшению количества товарных клубней на одном растении.

Анализ урожайности на участках с различными видами биопрепаратов и способов обработки показал, что наибольший эффект дала двойная обработка семенных клубней и растений картофеля сорта Лилли горячим туманом Гумата калия и со-

ставила 293 ц/га, что превышает урожайность на контрольном участке на 26,3 %. Для анализа качественных показателей полученных клубней специально отобранные пробы размером около 2 кг были направлены в лабораторию ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская». Результаты анализа содержания питательных веществ представлены в таблице 2, а содержания тяжелых металлов – в таблице 3.

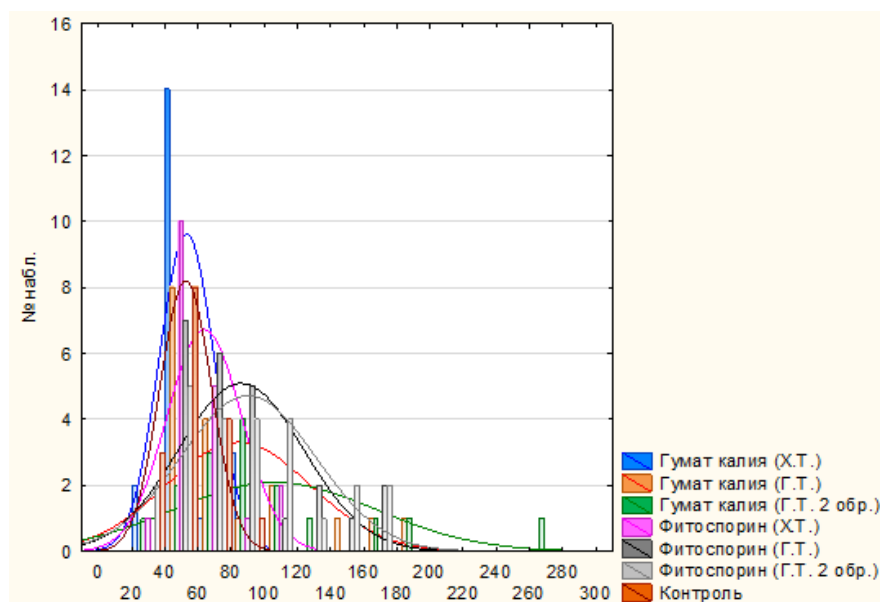


Рис. 4 – Составная гистограмма распределения массы клубней картофеля сорта Лилли, обработанных различными способами и биопрепаратами
(Composite histogram of mass distribution of Lilly potato tubers treated with various methods and biological products)

Таблица 2 – Результаты анализа содержания питательных веществ в пробах картофеля сорта Лили, обработанных различными способами и биопрепаратами в ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская»

Вид биопрепарата и обработки	Сухого вещества, %	Массовая доля нитратов, мг/кг	Массовая доля в пересчете на сухое вещество, %		
			сахара	крахмала	сырого протеина
Гумат калия; холодный туман (ХТ)	17,0	250	7,4	55,8	11,39
Гумат калия; горячий туман (ГТ) (1 обр.)	16,28	248	7,7	59,8	16,65
Гумат калия; горячий туман (ГТ) (2 обр.)	16,65	182	6,4	57,3	11,57
Фитоспорин М; холодный туман (ХТ)	17,53	268	6,4	52,4	12,72
Фитоспорин М; горячий туман (ГТ) (1 обр.)	17,32	251	6,1	55,4	11,78
Фитоспорин М; горячий туман (ГТ) (2 обр.)	15,20	160	5,9	55,1	12,23
Контроль	16,32	173	7,2	55,2	12,19



Анализ таблицы 2 показывает, что содержание питательных веществ, с одной стороны, определяется возможностью растений получать необходимые вещества из почвы, с другой стороны, величиной урожая. Наибольшее количество сухого вещества обнаружено в клубнях, обработанных холодным и горячим туманом Фитоспорина М (соответственно 17,53 % и 17,32 %). Это обусловлено действием препарата Фитоспорин М, обеспечивающего доступность питательных веществ, находящихся в почве. В то же время в связи с этим возросло количество нитратов в клубнях, обработанных холодным и горячим туманом биопрепарата. Наибольшее содержание нитратов обнаружено в пробах клубней, содержащих наибольшее количество

сухого вещества. Следует отметить, что двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом биопрепаратов способствует не только повышению урожайности, но и снижению количества нитратов в клубнях. Предпосадочная обработка семенных клубней горячим туманом Гумата калия позволила увеличить содержание сахара на 6,9 %, крахмала на 8,3 %, сырого протеина на 36,5 % в сравнении с контролем. Двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом Гумата калия показала лучшие качественные показатели в сравнении с аналогичной обработкой Фитоспорином М и обеспечила более высокую урожайность.

Таблица 3 – Результаты анализа содержания тяжелых металлов в пробах картофеля сорта Лили, обработанных различными способами и биопрепаратами в ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская»

Вид биопрепарата и обработки	Массовая доля элементов, мг/кг			
	свинец	кадмий	цинк	медь
Гумат калия; холодный туман (ХТ)	0,07	0,13	9,13	2,10
Гумат калия; горячий туман (ГТ) (1 обр.)	0,09	0,20	15,83	2,65
Гумат калия; горячий туман (ГТ) (2 обр.)	0,06	0,16	13,09	2,54
Фитоспорин М; холодный туман (ХТ)	0,07	0,22	10,98	2,64
Фитоспорин М; горячий туман (ГТ) (1 обр.)	0,02	0,08	10,41	1,59
Фитоспорин М; горячий туман (ГТ) (2 обр.)	0,02	0,17	11,85	2,12
Контроль	0,22	0,21	14,7	3,36

Анализ таблицы 3 показал, что применение обработок холодным и горячим туманом биопрепаратов способствует снижению содержания тяжелых металлов в клубнях картофеля. Наибольшее снижение содержания тяжелых металлов установлено в пробах клубней при обработке их горячим туманом препарата Фитоспорин М; обработка холодным туманом Гумата калия также снижает содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля. Относительно низкое содержание тяжелых металлов в клубнях в сравнении с контролем установлено при двойной обработке семенных клубней и растений горячим туманом Гумата калия [16].

Заключение

Сравнение влияния применения различных видов обработки и видов биопрепаратов показало, что по совокупности показателей наиболее эффективной является двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом Гумата калия. Обработка горячим туманом Гумата калия семенных клубней способствовала увеличению среднего размера клубней на 33,8 % в сравнении с контролем. Повторная обработка растений до смыкания листьев горячим туманом Гумата калия способствовала увеличению среднего размера клубней на 8,1 % в сравнении

с предпосадочной обработкой семенных клубней горячим туманом Гумата калия и на 44,7 % в сравнении с контролем. Предпосадочная обработка семенных клубней совместно с обработкой растений до смыкания листьев горячим туманом Гумата калия показала увеличение массы клубней на 17,7 % в сравнении с аналогичными обработками Фитоспорином М. Анализ урожайности на участках с различными видами биопрепаратов и способов обработки показал, что наибольший эффект имеет двойная обработка семенных клубней и растений горячим туманом Гумата калия. При этом урожайность картофеля в 2021 году сорта Лилли составила 293 ц/га, что превышает урожайность на контрольном участке на 26,3 %. Следует отметить, что предпосевная обработка семенных клубней горячим туманом биопрепаратов способствует повышению урожайности в неблагоприятных условиях (высокая температура при формировании клубней). Предпосадочная обработка семенных клубней горячим туманом Гумата калия позволила увеличить содержание сахара в клубнях на 6,9 %, крахмала на 8,3 %, сырого протеина на 36,5 % в сравнении с контролем.

Список источников

1. Влияние предпосадочной обработки клубней на урожайность картофеля / И.С. Питюрина,



Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. 2021. № 4 (46).

2. Иванов, Б. Л. Повышение эффективности химической защиты растений с применением оригинальных форсунок / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, И. Х. Гайфуллин // Актуальные проблемы государственного и муниципального управления в условиях цифровой трансформации экономики : Научные труды II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 25–26 января 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 128–133. – EDN PICAOU.

3. Исследование работы генератора горячего тумана при обработке стеблестоя / М. Ю. Костенко, Р. В. Безносук, И. Н. Горячкина [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 87–92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.

4. Модернизированный прицепной агрегат малообъемного опрыскивания / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Т. Хохмут, А. В. Дмитриев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности : Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 199–204. – EDN UNVMYY.

5. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 3(54). – С. 103–107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655. – EDN HNUTDX.

6. Патент РФ № 2758601 С1 МПК А01G 22/25 (2018.01) А01N 37/44 (2006.01) Способ применения биологического препарата в технологии выращивания ранних сортов картофеля. Виноградов Д.В., Бышов Н. В., Питюрина И.С., Бoryчев С.Н., Лупова Е.И., Голубенко М.И. Заявка № 2020143010 от 24.12.2020. Опубликовано 01.11.2021 Бюл. № 31

7. Федоренко, В. Ф. Технологические и методологические аспекты применения техники для защиты растений в странах ЕС : Методические рекомендации / В. Ф. Федоренко, В. Г. Селиванов, В. М. Дринча. – Москва : Росинформагротех, 2016. – 160 с. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.

8. Фитосанитарное состояние посадок картофеля под влиянием биологически активных препаратов / О.В. Валько, А.В. Щур, Д.В. Виноградов // Soil-ecological problems of agrocenoses and ways to solve them. Azerbaijan national academy of sciences division of biological and medical sciences institute of soil science and agrochemistry. 2021. С. 98–103.

9. Хасанов, Э. Р. Научное обоснование и разработка технологических процессов и технических

средств предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Э. Р. Хасанов. – Уфа, 2015. – 40 с. – EDN TVEDOD.

10. Chen X. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato // Plant, Soil and Environment 63(5). 2017. P. 201–206. DOI: 10.17221/24/2017-PSE

11. Da Piedade Melo A. Mixed rhizobia and Herbaspirillumseropedicae inoculations with humic acid-like substances improve water-stress recovery in common beans // Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4(1). 2017. URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0090-z>

12. Dos Santos L.H. Carbon of humic substances in soil aggregates cultivated with onion under no till and conventional tillage systems // Idesia 36(1). 2018. P. 15–25. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100015>

13. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564–571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.

14. Kostenko M.Y., Goryachkina I.N., Rembalovich G.K., Drozhzhin K.N., Beznosyuk R.V. Studying the influence of treating potato seed tubers with hot fog of protective-stimulating preparations // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness, TSIA 2019. 2020. C. 012024.

15. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Lupova E.I., Evsenina M.V. Using the biologization elements in potato cultivation technology // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Cep. 3. 2021. C. 032047.

16. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valkho O. Influence of biologically active preparations on cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of chernobyl accident // Lecture Notes in Computer Science. 2017. C. 51.

17. Sun Q. Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages // OP Conference Series: Earth and Environmental Science 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137

18. Teterin V., Terentyev V., Andreev K., Shemyakin A., Teterina O. Study of the parameters and operating modes of the installation for aerosol treatment of seed grain // E3S Web of Conferences. Cep. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. C. 02011.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Vliyanie predposadochnoj obrabotki klubnej na urozhajnost' kartofelya / I.S. Pityurina, D.V. Vinogradov, G.D. Gogmachadze // *AgroEkoInfo*. 2021. № 4 (46).
2. Ivanov, B. L. Povyshenie effektivnosti himicheskoy zashchity rastenij s primeneniem original'nyh forsunok / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, I. H. Gajfullin // *Aktual'nye problemy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya v usloviyah cifrovoj transformacii ekonomiki : Nauchnye trudy II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu Kazanskogo GAU, Kazan', 25–26 yanvarya 2022 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. – S. 128-133. – EDN PICAOU.*
3. Issledovanie raboty generatora goryachego tumana pri obrabotke stebel'stoya / M. YU. Kostenko, R. V. Beznosyuk, I. N. Goryachkina [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2019. – № 4(44). – S. 87-92. – DOI 10.36508/RSATU.2019.23.11.015. – EDN JXJQBZ.
4. Modernizirovannyj pricepnoj agregat maloob'emnogo opryskivaniya / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, T. Hohmut, A. V. Dmitriev // *Global'nye vyzovy dlya prodovol'svennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti : Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kazan', 01–03 iyulya 2021 goda. – Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 199-204. – EDN UNVMYY.*
5. Ocenka raspredeleniya kapel' dezinficiruyushchej zhidkosti po obrabatyvaemoj poverhnosti / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. I. Rudakov, M. A. Lushnov // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2019. – T. 14. – № 3(54). – S. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655. – EDN HNUTDX.
6. Patent RF № 2758601 C1 MPK A01G 22/25 (2018.01) A01N 37/44 (2006.01) Sposob primeneniya biologicheskogo preparata v tekhnologii vyrashchivaniya rannih sortov kartofelya. Vinogradov D.V., Byshov N. V., Pityurina I.S., Borychev S.N., Lupova E.I., Golubenko M.I. Zayavka № 2020143010 ot 24.12.2020. Opubl. 01.11.2021 Byul. № 31
7. Fedorenko, V. F. Tekhnologicheskie i metodologicheskie aspekty primeneniya tekhniki dlya zashchity rastenij v stranah ES : Metodicheskie rekomendacii / V. F. Fedorenko, V. G. Selivanov, V. M. Drincha. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2016. – 160 s. – ISBN 978-5-7367-1176-5. – EDN XRAOXH.
8. Fitosanitarnoe sostoyanie posadok kartofelya pod vliyaniem biologicheskii aktivnykh preparatov / O.V. Val'ko, A.V. SHCHur, D.V. Vinogradov // *Soil-ecological problems of agroecosystems and ways to solve them. Azerbaijan national academy of sciences division of biological and medical sciences institute of soil science and agrochemistry. 2021. S. 98-103.*
9. Hasanov, E. R. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv predposadnoy obrabotki semyan sel'skohozyajstvennykh kul'tur : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / E. R. Hasanov. – Ufa, 2015. – 40 s. – EDN TVEDOD.
10. Chen X. The use of humic acid urea fertilizer for increasing yield and utilization of nitrogen in sweet potato // *Plant, Soil and Environment* 63(5). 2017. R. 201-206. DOI: 10.17221/24/2017-PSE
11. Da Piedade Melo A. Mixed rhizobia and Herbaspirillumseropedicae inoculations with humic acid-like substances improve water-stress recovery in common beans // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 4(1). 2017.URL: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0090-z>
12. Dos Santos L.H. Carbon of humic substances in soil aggregates cultivated with onion under no till and conventional tillage systems // *Idesia* 36(1). 2018. R. 15-25. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100015>
13. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // *Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 maya 2021 goda. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.*
14. Kostenko M.Y., Goryachkina I.N., Rembalovich G.K., Drozhzhin K.N., Beznosyuk R.V. Studying the influence of treating potato seed tubers with hot fog of protective-stimulating preparations // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness, TSIA 2019. 2020. S. 012024.*
15. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Lupova E.I., Evsenina M.V. Using the biologization elements in potato cultivation technology // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Ser. 3. 2021. S. 032047.*
16. Shchur A., Valkho V., Vinogradov D., Valkho O. Influence of biologically active preparations on cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of chernobyl accident // *Lecture Notes in Computer Science. 2017. S. 51.*
17. Sun Q. Different chemical activation of humic acid from weathered coal affect the growth and development of tomatoes and cabbages // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 170(2). 2018. DOI:10.1088/1755-1315/170/2/022137
18. Teterin V., Terentyev V., Andreev K., Shemyakin A., Teterina O. Study of the parameters and operating modes of the installation for aerosol treatment of seed grain // *E3S Web of Conferences. Ser. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. S. 02011.*



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 кафедры ОТП и БЖД, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, shem.alex62@yandex.ru

Горячкина Ирина Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, gin.81@mail.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, kostenko.km340010@rambler.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, зав. кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Мурог Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, директор Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета, dir@rimsou.ru

Information about the author(authors)

Shemyakin Alexander V., Dr. tech. Sciences, Professor of the Department of OTP and BZhD, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, shem.alex62@yandex.ru

Goriachkina Irina N., Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, gin.81@mail.ru

Kostenko Mikhail Y., Dr. tech. Sciences, Professor of the Department of Technology of Metals and Machine Repair, kostenko.km340010@rambler.ru

Rembalovich Georgy K., Dr. tech. Sciences, head. Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, rgk.rgatu@yandex.ru

Murog Igor A., Dr. tech. Sciences, Professor, Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia, dir@rimsou.ru

Статья поступила в редакцию 28.08.2022; одобрена после рецензирования 12.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 28.08.2022, approved after reviewing 12.09.2022, accepted for publication 20.09.2022.

