

ISSN 2077-2084

10.36508/RSATU.2024.60.61.001

12+

Том 16, №3, '2024

ВЕСТНИК

РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ
П.А. КОСТЫЧЕВА

АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



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

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

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

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года
Выходит один раз в квартал
Том 16, № 3, 2024

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

СОСТАВ

редакционной коллегии и редакции журнала «Вестник РГАТУ»

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

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

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

Члены редакционной коллегии:

О.Н. Дидманидзе, д-р техн. наук, профессор, академик РАН

А.С. Дорохов, д-р техн. наук, профессор, академик РАН

Я.П. Лобачевский, д-р техн. наук, профессор, академик РАН

Ю.Х. Шогенов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, академик РАН

Н.Г. Байбобоев, д-р техн. наук, профессор
С.Н. Борычев, д-р техн. наук, профессор
Д.В. Виноградов, д-р биол. наук, профессор
М.А. Габибов, д-р с.-х. наук, профессор
Г.В. Гавардашвили, д-р техн. наук, профессор
П.П. Гамаюнов, д-р техн. наук, профессор
В.И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор
О.А. Захарова, д-р с.-х. наук, доцент
В.В. Калашников, д-р с.-х. наук, профессор
Е.А. Калашникова, д-р биол. наук, профессор
Д.Е. Каширин, д-р техн. наук, доцент
Л.Г. Каширина, д-р биол. наук, профессор
С.С. Козак, д-р биол. наук, профессор
А.А. Коровушкин, д-р биол. наук, профессор
М.Ю. Костенко, д-р техн. наук, профессор
В.И. Левин, д-р с.-х. наук, профессор
Н.В. Лимаренко, д-р техн. наук, профессор
Е.И. Лупова, д-р с.-х. наук, доцент
Ю.А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор
В.П. Максименко, д-р с.-х. наук, профессор
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, профессор
М.Д. Новак, д-р биол. наук, профессор
Г.В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, профессор
Г.К. Рембалович, д-р техн. наук, профессор
А.И. Рязанцев, д-р техн. наук, профессор
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, профессор
В.И. Старовойтов, д-р техн. наук, профессор
О.А. Старовойтова, д-р с.-х. наук
Н.М. Троц, д-р с.-х. наук, профессор
И.А. Успенский, д-р техн. наук, профессор
Р.Н. Ушаков, д-р с.-х. наук, профессор
Д.И. Удавлиев, д-р биол. наук, профессор
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
И.А. Юхин, д-р техн. наук, профессор
К.Н. Дрожжин, канд. с.-х. наук, доцент
О.А. Федосова, канд. биол. наук, доцент

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

Корректор – **Е.Л. Малинина**

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

Адрес редакции: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1,
ауд. 103, тел. 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Тираж 700. Первый завод 200. Заказ №1623
Дата выхода в свет 30.09.2024

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



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

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

Scientific-Production Journal

Issued since 2009

Issued once a quarter

Vol. 16 # 3, 2024

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

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

S.N. Borychev,

Doctor of Technical Sciences,
Full Professor

Editor in Chief Deputy

G.K. Rembalovich,

Doctor of Technical Sciences,
Full Professor

Technical Editor

I.V. Chivileva,

Candidate of Psychological Sciences,
Associate Professor

Editorial Staff:

O.N. Didmanidze, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

A.S. Dorokhov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

Ya.P. Lobachevsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS

Yu.Kh. Shogonov, Doctor of Technical Sciences, senior researcher, Academician of the RAS

N.G. Baiboboev, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
S.N. Borychev, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
D.V. Vinogradov, Doctor of Biology Sciences, Full Professor
M.A. Gabibov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
G.V. Gavardashvili, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
P.P. Gamayunov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
V.I. Zhelyazko, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
O.A. Zakharova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
V.V. Kalashnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
E.A. Kalashnikova, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
D.E. Kashirin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
L.G. Kashirina, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
S.S. Kozak, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
A.A. Korovushkin, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
M.Yu. Kostenko, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
V.I. Levin, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
N.V. Limarenko, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
E.I. Lupova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Yu. A. Mazhaysky, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
V.P. Maksimenko, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
N.I. Morozova, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
F.A. Musaev, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
M.G. Mustafayev, Doctor of Agrarian Sciences, Associate Professor

A.I. Novak, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
M.D. Novak, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
G.V. Olgarenko, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
G.K. Rembalovich, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
A.I. Ryazantsev, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
A.P. Saveliev, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
O.V. Savina, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
V.G. Semenov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
A.A. Simdyankin, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
O.I. Solovyeva, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
V.I. Starovoitov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
O.A. Starovoitova, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
N.M. Trots, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
D.I. Udavliev, Doctor of Biological Sciences, Full Professor
I.A. Uspenskiy, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
R.N. Ushakov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
L.A. Khrabrova, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
M.N. Chatkin, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
A.F. Shevkhuzhev, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor
A.V. Shemyakin, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
I.A. Yukhin, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
K.N. Drozhzhin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
O.A. Fedosova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

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

Proof-Reader – E.L. Malinina

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

Editorial address: 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1, 103 room,
tel: 8(4912)34-30-27, e-mail: vestnik@rgatu.ru
Circulation 700. The first factory is 200.
Order No.1623
Date of publication. 30.09.2024.

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

Содержание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

- Бобраков Ф.Ю., Ушаков Р.Н., Ручкина А.В.** Микробиологическая активность почвенных фракций и их буферность как критерий устойчивости плодородия агросерой почвы к подкислению 5
- Грибановская Е.В., Дюкова В.С.** Влияние механической обработки на процесс кристаллизации меда 12
- Исмаил Х., Хлюстов В.К., Безбородов Ю.Г.** Эффективность применения компоста и биопрепаратов *Bacillus* для регулирования кислотности почвы 18
- Капустин С.И., Багринцева Н.А., Самойленко А.В., Галушко Н.А., Капустин А.С.** Качество зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в зависимости от сроков укоса 27
- Мансурова М.С., Залюбовская Е.Ю., Остякова М.Е.** Влияние растительной добавки на биохимические показатели крови яичных цыплят 37
- Морозов И.А., Мусеев Ф.А., Шашкова И.Г., Садилов Р.З., Садилов Р.Р.** Молочная продуктивность коров голштинской породы разных селекций при использовании цифровых технологий 44
- Себежко О.И.** Содержание и изменчивость общего холестерина у крупного рогатого скота разных направлений продуктивности 52
- Соколов А.А., Питюрина И.С., Виноградов Д.В., Доронкин Ю.В.** Клубневой анализ и профилактика семенного материала в технологии выращивания картофеля в УНИЦ «Агротехнопарк» 60
- Солодовников А.П., Денисов К.Е., Нейфельд В.В.** Агрофизические свойства, влажность почвы и погодные условия как факторы, определяющие урожайность зерна нута в Заволжье 70
- Солодягина А.В., Виноградов Д.В., Гуреева Е.В.** Урожайность семян сои при широкорядном посеве в зависимости от плотности агрофитоценоза 78
- Хорошайло Т.А., Сердюченко И.В., Махота И.С., Алексеева Ю.А.** Оценка роста устриц в разных локациях Черноморского побережья 85
- Шамаев Н.Д., Шуралев Э.А., Мукминов М.Н.** Распределение гаплотипов *Nosema aris* в условиях единичной пасеки Республики Татарстан 92

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Агейкин А.В., Чесноков Р.А., Тимошин Ю.Н., Шогенов Ю.Х.** Математическая модель распределения искусственного дождя шлангового дождевателя 102
- Дегтярев Г.В., Дегтярева О.Г., Кветенадзе К.В.** Исследование перемещений в основании овоидального водовода при расположении большего радиуса сверху или внизу 109
- Зейналов А.М., Кулиев З.В., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г.** Оптимизация конструктивно-режимных параметров установки приготовления соевого молока 118
- Калинин А.В., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Безносюк Р.В., Афанасьев М.Ю.** Влияние электростатического поля на развитие растений 127
- Карташов А.А., Лимаренко Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В.** Диагностирование рулевого управления и подвески автомобилей в процессе эксплуатации. 134
- Левина Т.А., Шемякин А.В., Клочков Я.М., Адылина А.П., Кудряшова Д.А.** Надёжность электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении 141
- Оковитая К.О., Суржко О.А.** Оценка метанового потенциала биоразлагаемых отходов предпрятий агропромышленного комплекса 151
- Рязанцев А.И., Травкин В.С., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Евсеев Е.Ю.** Исследование почвозащитной технологии полива шланговым дождевателем 157
- Семьинин М.В.** Влияние диагностирования на эффективность эксплуатации рулевого управления автомобилей в АПК 164
- Слободскова А.А., Семина Е.С., Латышенов Н.М., Максименко О.О.** Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве 171
- Сорокин В.Е., Бачурин А.Н., Успенский И.А., Юхин И.А.** Техничко-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона 178
- Шемякин А.В., Борычев С.Н., Шашкова И.Г., Нуждин Г.А., Нуждин М.Г.** К вопросу стандартизации технологий и технических средств в агропромышленном комплексе. 186



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

Bobrakov F.Yu., Ushakov R.N., Ruchkina A.V. Microbiological activity of soil fractions and their buffering as a criterion of resistance of fertility of agro-gray soil to acidification	5
Gribanovskaya E.V., Dyukova V.S. The influence of mechanical treatment on the process of honey crystallization	12
Ismail H., Khlyustov V.K., Bezborodov Yu. G. The effectiveness of using compost and <i>Bacillus</i> biologics to regulate soil acidity	18
Kapustin S.I., Bagrintseva N.A., Samoilenko A.V., Galushko N.A., Kapustin A.S. Quality of green mass sorghum crops and annual forage grasses depending on mowing time	27
Mansurova M.S., Zalyubovskaya E.Yu., Ostryakova M.E. The effect of a herbal supplement on the biochemical parameters of the blood of egg chickens	37
Morozov I.A., Musaev F.A., Shashkova I.G., Sadikov R.Z., Sadikov R.R. Dairy productivity of holstein cows of different breeds when using digital technologies	44
Sebeztko O.I. Content and variability of total cholesterol in cattle of different directions of productivity	52
Sokolov A.A., Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Doronkin Yu.V. Tuber analysis and prevention of seed material in the technology of potato cultivation in conditions of ESIC "Agrotechnopark"	60
Solodovnikov A.P., Denisov K.E., Neufeld V.V. Agrophysical properties, soil moisture and weather conditions as factors determining the yield of chickpea grain in the Trans-Volga region	70
Solodyagina A.V., Vinogradov D.V., Gureeva E.V. Soybean seed yield in wide-row sowing depending on the density of agrophytocenosis	78
Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V., Mahota I.S., Alekseeva Yu.A. Assessment of oyster growth in different locations of the Black Sea coast	85
Shamaev N.D., Shuralev E.A., Mukminov M.N. Distribution of <i>Nosema apis</i> haplotypes in conditions of a single apiary in the Republic of Tatarstan	92

TECHNICAL SCIENCES

Ageikin A.V., Chesnokov R.A., Timoshin Yu.N., Shogenov Yu.K. A mathematical model of artificial rain distribution a hose sprinkler	102
Degtyarev G. V., Degtyareva O. G., Kvetenadze K. V. Investigation of movements at the base of the ovoid duct when a larger radius is located at the top or bottom	109
Zeynalov A.M., Kuliev Z.V., Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G. Optimization of design and operating parameters of a machine for the production of soy milk	118
Kalinin A.V., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K., Beznosyuk R.V., Afanasyev M.Yu. The influence of the electrostatic field on plant development	127
Kartashov A.A., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filyushin O.V. Diagnosis gubernationis et suspensionis carros in operatione	134
Levina T.A., Shemyakin A.V., Klochkov Ya.M., Adylina A.P., Kudryashova D.A. Reliability of electronic systems providing neural connections of artificial intelligence in agricultural engineering.	141
Okovitaya K.O., Surzhko O. A. Assessment of methane potential of biodegradable waste from agricultural industrial complex enterprises	151
Ryazantsev A.I., Travkin V.S., Rembalovich G.K., Kostenko M.Yu., Evseev E.Yu. Research of soil-sparing irrigation technology with a hose sprinkler	157
Semynin M.V. Influence of diagnostics on the efficiency of operation of steering control of cars in the agro-industrial complex	164
Slobodskova A.A., Semina E.S., Latyshenok N.M., Maksimenko O.O. Energy-saving Technologies in Agriculture	171
Sorokin V.E., Bachurin A.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A. Technical and economic assessment of a device for processing fuel from diesel engines of automotive tractor units with microwave waves.	178
Shemyakin A.V., Borychev S.N., Shashkova I.G., Nuzhdin G.A., Nuzhdin M.G. To the issue of technologies and technical means in the agro-industrial complex standardization.	186



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2024, т.16., № 3, с. 5-11
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp.5-11

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.8
DOI: 10.36508/RSATU.2024.57.70.002

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ФРАКЦИЙ И ИХ БУФЕРНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОДОРОДИЯ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ К ПОДКИСЛЕНИЮ

Федор Юрьевич Бобраков¹, Роман Николаевич Ушаков², Анастасия Владимировна Ручкина³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ fedor700@rambler.ru
² r.usakov@mail.ru
³ nasni91@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований – определение микробиологической активности почвенных фракций, а также их буферности и устойчивости плодородия агросерой почвы к подкислению. Задачи: оценить целесообразность использования некоторых агрохимических показателей, характеризующих их трофность, сорбционной емкости к ионам водорода, микробиологической активности для дополнительной к существующим критериям оценки устойчивости почвы (на примере агросерой) к подкислению. В современных условиях агротехногенеза агросерой почвы вынос тонких фракций неизбежен. Их следует рассматривать в качестве материальных носителей механизмов устойчивости почвы в целом.

Методология. Для определения микробиологической активности отдельных почвенных фракций из почвенных образцов опытного участка с агросерой суглинистой почвой с содержанием гумуса около 2 % в соответствии с ГОСТ 12536-2014 выделяли песчаные частицы, пылеватые и глинистые частицы ситовым методом. Для изучения устойчивости почвы к подкислению использовали биодиагностический метод с определением разных групп микроорганизмов на соответствующих питательных средах. Имитировали четыре уровня подкисления соляной кислотой с концентрацией 0,015 мм/л, 0,049 и 0,121 мм/л. Контроль – без подкисления. Повторность – трехкратная. Для посевов микроорганизмов были выбраны следующие среды: грибы – среда Сабуро; аммонификаторы – МПА; целлюлозоразлагающие бактерии – МПА; актиномицеты – Сзарек Дох-агар. Математическую обработку результатов исследований проводили с помощью компьютерной программы STATISTICA 10.

Результаты. Устойчивость по отношению к подкислению оценивали по количеству адсорбированных ионов водорода ($\Delta C[H^+]$) – емкость буферности, рассчитанная по формуле $\Delta C[H^+] = C[H^+] + C[H^+]_0 - C[H^+]_i$. Для определения исходной ($C[H^+]_0$) и равновесной концентрации ($C[H^+]_i$) использовали солевую вытяжку. Кислотная нагрузка ($C[H^+]_i$) составила 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60 и 70 моль/л · 10⁻⁶. Результаты исследований показали тесную достоверную (при $p < 0,01$) корреляционную зависимость содержания гумуса ($r=0,9$) и обменного калия ($r=0,9$) от содержания тонких фракций (в совокупности физическая глина). Установлена параболическая зависимость сорбционной емкости от величины нагрузки. Для содержания физической глины 5 %: $Y=12+0,1X-0,005X^2$, 20 %: $Y=11+0,6X-0,007X^2$, 50 %: $Y=-8+1,7X-0,014X^2$. По уравнениям рассчитаны значения кислотной нагрузки, при которой достигается максимальная величина $\Delta C[H^+]$. Для варианта содержания физической глины 5 % она составила 11 моль/л · 10⁻⁶ ($\Delta C[H^+] = 12$), 20 % – 43 ($\Delta C[H^+] = 23$) и 50 % – 61 моль/л · 10⁻⁶ ($\Delta C[H^+] = 44$).



Заключение. Установлен диагностический статус активности разных групп микроорганизмов для определения потенциала устойчивости почвы. Тонкие фракции одновременно буферизируют кислотную нагрузку на почву и оказывают средообразующий эффект на живое вещество почвы.

Ключевые слова: плодородие, тонкие почвенные фракции, агросерая почва, устойчивость к подкислению, микробиологическая активность

Для цитирования: Бобраков Ф.Ю., Ушаков Р.Н., Ручкина А.В. Микробиологическая активность почвенных фракций и их буферность как критерий устойчивости плодородия агросерой почвы к подкислению // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 3. С.5-11. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.57.70.002>

Original article

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL FRACTIONS AND THEIR BUFFERING AS A CRITERION OF RESISTANCE OF FERTILITY OF AGRO-GRAY SOIL TO ACIDIFICATION

Fedor Yu. Bobrakov ¹, Roman N. Ushakov ², Anastasia V. Ruchkina ³✉

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

¹ fedor700@rambler.ru

² r.ushakov@mail.ru

³ nasni91@gmail.com

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of the research is to determine the microbiological activity of soil fractions, as well as their buffering capacity and the stability of the fertility of agro-gray soil to acidification. Objectives: to evaluate the feasibility of using some agrochemical indicators that characterize their trophicity, sorption capacity for hydrogen ions, microbiological activity in addition to existing criteria for assessing soil resistance (using agrosulfur as an example) to acidification. In modern conditions of agrotechnogenesis of agro-gray soil, the removal of fine fractions is inevitable. They should be considered as material carriers of soil stability mechanisms as a whole.

Methodology. To determine the microbiological activity of individual soil fractions, sand particles, silt and clay particles were isolated from soil samples of the experimental plot with agro-gray loamy soil with a humus content of about 2 % in accordance with GOST 12536-2014 using the sieve method. To study soil resistance to acidification, a biodiagnostic method was used to determine different groups of microorganisms on appropriate nutrient media. Four levels of acidification with hydrochloric acid with concentrations of 0.015 mmol/l, 0.049 and 0.121 mmol/l were simulated. Control – no acidification. Repeat 3 times. The following media were chosen for inoculating microorganisms: fungi – Sabouraud's medium; ammonifiers – MPA; cellulose-decomposing bacteria – MPA; actinomycetes – Czapek Dox agar. Mathematical processing of the research results was carried out using the STATISTICA 10 computer program.

Results. Resistance to acidification was assessed by the number of adsorbed hydrogen ions ($\Delta C[H^+]$) - buffering capacity, calculated by the formula $\Delta C[H^+] = C[H^+] + C[H^+]_0 - C[H^+]$. To determine the initial ($C[H^+]_0$) and equilibrium concentrations ($C[H^+]$), a salt extract was used. Acid load ($C[H^+]$) was 0; 10; 20; thirty; 40; 50; 60 and 70 mol/l · 10⁻⁶. The research results showed a close, reliable (at $p < 0.01$) correlation dependence of the humus content ($r=0.9$) and exchangeable potassium ($r=0.9$) on the content of fine fractions (collectively physical clay). A parabolic dependence of the sorption capacity on the load value was established. For physical clay content 5 % – $Y=12+0.1X-0.005X^2$, 20 % – $Y=11+0.6X-0.007X^2$, 50% – $Y=-8+1.7X-0.014X^2$. The equations were used to calculate the values of the acid load at which the maximum value of $\Delta C[H^+]$ is achieved. For the variant of physical clay content of 5 %, it was 11 mol/l · 10⁻⁶ ($\Delta C[H^+] = 12$), 20 % – 43 ($\Delta C[H^+] = 23$) and 50 % – 61 mol/l · 10⁻⁶ ($\Delta C[H^+] = 44$).

Conclusion. The diagnostic status of the activity of different groups of microorganisms has been established to determine the soil resistance potential. Fine fractions simultaneously buffer the acid load on the soil and have a media-forming effect on the living matter of the soil.

Key words: fertility, fine soil fractions, agro-gray soil, resistance to acidification, microbiological activity

For citation: Bobrakov F.Yu., Ushakov, R.N., Ruchkina A.V. Microbiological activity of soil fractions and their buffering as a criterion of resistance of fertility of agro-gray soil to acidification // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 3. P. 5-11 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.57.70.002>

Введение

Устойчивость агропочвы рассматривается как одна из ее фундаментальных характеристик [15, 16]. Она обеспечивает стабильность функциони-

рования системы, создание экологически обоснованных агротехнологических условий для повышения потенциала продукционного процесса сельскохозяйственных растений. Устойчивость

агропочвы неразрывно связана с плодородием [9].

Одним из неблагоприятных факторов является подкисление почвы [12]. Одним из критериев оценки устойчивости является буферная способность почвы, в частности, такая важная ее составляющая как емкость буферности. В последнее время интерес к данному показателю не ослаб [4, 5, 14].

Почва – это полидисперсная система. В данном контексте в научной литературе представлены многочисленные публикации по изучению различных минеральных фракций, разнокачественных по составу (распределение минералов, элементов, органического вещества).

Представительство гранулометрических фракций или элементарных почвенных частиц отличается друг от друга трофностью, питательностью, и зависит в основном от их гумусированности. Это касается в первую очередь почвенной микрофлоры, которая в основном представлена микроорганизмами с гетеротрофным типом питания. Поэтому их активность должна быть зависима от наличия органического вещества. В почвах гумус разного генезиса преимущественно концентрируется в тонкодисперсных частицах размером до 10 мкм [9, 10, 14], то есть это фракции физической глины (здесь мы не рассматриваем его групповую принадлежность). На примере темногумусовых лесных почв Л.С. Травникова установила, что в них илистая фракция аккумулирует основную массу органического вещества (55-90 %) и выступает фактором его накопления и стабилизации. Ил является ареной воспроизводства гумуса почв. Следовательно, устойчивость почв определяется не только содержанием углерода, но и гумусированностью ила. Органическое вещество стабилизирует тонкодисперсные минералы (сметитовые компоненты), защищает их от разрушения [2,13]. Поэтому эти показатели можно использовать в качестве оценки устойчивости агропочвы. Но, на наш взгляд, их информативность об объекте увеличилась бы, если бы одновременно включала сведения о микробиологической активности. Или-

стые компоненты обладают высокой поглотительной способностью. В этом заключается их значение для формирования физико-химических основ плодородия агропочв, а значит, устойчивости. Одновременно с этим можно предположить, что ценность тонкодисперсных фракций распространяется и на биологическую составляющую плодородия и устойчивости почвы вследствие их трофности. Эти фракции выступают в роли эдафической среды для почвенной микрофлоры.

В пределах самой почвы по использованию микробиологической активности в качестве оценочного критерия устойчивости сведения немногочисленные [1, 3, 6], в пределах элементарных почвенных частиц (дискретный уровень) информация отсутствует, хотя она была бы весьма полезной. Это связано с проблемным состоянием самих тонкодисперсных фракций в почвах на стадии их агротехногенеза. На сегодняшний день, с одной стороны, складываются предпосылки для снижения гумусированности ила на фоне общей дегумификации в почве, с другой, имеет место вынос ила в результате лессиважа, оподзоливания [3, 6, 7, 17]. Это создает негативные предпосылки для снижения потенциала устойчивости почвы. Биоиндикация с определением активности почвенных микроорганизмов в пределах элементарных частиц позволит определить непосредственную роль органического вещества тонкодисперсных фракций в устойчивости агросерой почвы. В настоящей статье предпринята попытка не просто соединить в единое целое понятия «почвенные фракции», микроорганизмы» и «устойчивость почвы», но представить его в качестве функциональной системы.

Материалы и методы исследования

Для изучения буферности к подкислению провели моделирование гранулометрического состава (ГС) материала, состоящего из песка и глины (табл. 1). Почвенные образцы для исследований отбирали в ЗАО «Макеево» Зарайского района Московской области.

Таблица 1 – Необходимое количество компонентов для моделирования гранулометрического состава на навеску 60 г

ГС, фракции < 0,01 %	Количество глины, г	Количество песка, г
0	0	60
5	6	54
20	27	33
50	60	0

Устойчивость по отношению к подкислению оценивали по количеству адсорбированных ионов водорода ($\Delta C[H^+]$) – емкость буферности, рассчитанная по формуле $\Delta C[H^+] = C[H^+] + C[H^+]_0 - C[H^+]$. Для определения исходной ($C[H^+]_0$) и равновесной концентрации ($C[H^+]$) использовали солевую вытяжку. Кислотная нагрузка ($C[H^+]$) составила 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60 и 70 моль/л · 10⁻⁶. Концентрацию ионов водорода определяли по формуле: $C[H^+] = \log^{-pH}$.

Для определения микробиологической актив-

ности отдельных почвенных фракций предварительно из почвенных образцов опытного участка с агросерой суглинистой почвой с содержанием гумуса около 2 % в соответствии с ГОСТ 12536-2014 выделяли песчаные частицы, пылеватые и глинистые частицы ситовым методом.

Для изучения устойчивости почвы к подкислению использовали биодиагностический метод с определением разных групп микроорганизмов на соответствующих питательных средах. Имитировали четыре уровня подкисления соляной



кислотой с концентрацией 0,015 мМ/л, 0,049 и 0,121 мМ/л. Контроль – без подкисления. Повторность трехкратная.

Для посевов микроорганизмов были выбраны следующие среды: грибы – среда Сабуро; аммонификаторы – МПА; целлюлозоразлагающие бактерии – МПА; актиномицеты - Czapek Dox-агар.

Математическую обработку результатов исследований проводили с помощью компьютерной программы STATISTICA 10.

Результаты исследований

В таблице 2 показано влияние содержания физической глины на гумус, обменный калий и обменную кислотность. Видно, что с увеличением количества тонких фракций, например, с 5 до 50 % содержание гумуса и обменного калия достоверно (при $p < 0,01$) возрастает приблизительно в 6 раз и в 3 раза соответственно. Изменения обменной кислотности оказались незначительными и недостоверными ($p > 0,05$).

Таблица 2 – Некоторые агрохимические показатели в зависимости от содержания физической глины

Повторность	Содержание физической глины, %			
	0	5	20	50
Гумус, %				
Среднее значение	0,10	0,40	1,3	2,6
Стандартное отклонение	0,01	0,03	0,03	0,02
Коэффициент вариации	10,0	7,3	2,4	0,8
Стандартная ошибка средней	0,006	0,015	0,017	0,012
Обменный калий, мг/кг				
Среднее значение	19	27	50	90
Стандартное отклонение	1,5	2,0	2,3	1,0
Коэффициент вариации	7,8	7,4	4,6	1,1
Стандартная ошибка средней	0,88	1,15	1,33	0,58
Обменная кислотность				
Среднее значение	5,7	6,2	6,5	6,4
Стандартное отклонение	0,06	0,15	0,15	0,05
Коэффициент вариации	1,0	2,5	2,3	0,9
Стандартная ошибка средней	0,03	0,09	0,09	0,03

Результаты исследований показали тесную достоверную (при $p < 0,01$) корреляционную зависимость содержания гумуса ($r=0,9$) и обменного калия ($r=0,9$) от содержания физической глины, уравнения регрессии выглядят так: $Y=0,17+0,05X$ и $Y=20,0+1,4X$ соответственно. По уравнениям можно гипотетически предположить, что с увеличением физической глины на 1 % содержание гумуса повысится на 0,05 %, обменного калия на 1,4 мг/кг, то есть с утяжелением гранулометрического состава почвы становятся более гумусированными. Во многом такую зависимость предопределили факторы почвообразования (в большей степени состав материнских пород и биологический круговорот с участием растительности) в интервале природной стадии эволюции почвы. Но здесь очевидна и другая интерпретация результатов – вынос тонких почвенных фракций, в особенности ила, в условиях усиливающихся на современной стадии развития агропочв процессов лессиважа и оподзоливания означает безвозвратные для пахотного и подпахотных горизонтов потери органического вещества. Уравнение позволяет выразить, пусть даже приближенно, потери количественно. В результате развития указанных процессов ожидаемо истощение верхних отделов

почвы, прежде всего, запасного фонда калия, который концентрируется в илистых фракциях [11]. По обменной кислотности связь оказалась не достоверной ($p > 0,05$).

Тонкие почвенные фракции являются носителями отрицательного заряда, сорбционных свойств. Устойчивость в целом почвы к подкислению во многом зависит от их содержания. Поэтому критерием устойчивости может служить сорбционная емкость фракций ($\Delta C[H^+]$) по отношению к ионам водорода. Как видно из таблицы 2, при содержании физической глины 5 % в интервале кислотной нагрузки от 0 до 30 моль/л $\cdot 10^{-6}$ объем тонких фракций ($< 0,01$ мм) еще способен поглощать ионы водорода в количестве от 9,18 до 20,58 моль/л $\cdot 10^{-6}$ (табл. 3). Начиная с нагрузки 40 моль/л $\cdot 10^{-6}$ значение $\Delta C[H^+]$ резко снизилось до 3,35 моль/л $\cdot 10^{-6}$ и при нагрузке 60 моль/л $\cdot 10^{-6}$ приближается к нулю. Установлена параболическая зависимость ($Y=c+b_1x-b_2x^2$) сорбционной емкости от величины нагрузки: $Y=12+0,1X-0,005X^2$. Значение первого коэффициента в уравнении может указывать на интенсивность сорбции. При содержании физической глины 5 % она составляет 0,1 моль/л $\cdot 10^{-6}$ на единицу нагрузки. Для сравнения, при увеличении тонких фракций



в 4 раза и 10 раз величина коэффициента возрастает в 6 раз ($Y=11+0,6X-0,007X^2$) и в 17 раз ($Y=-8+1,7X-0,014X^2$) соответственно. В нашем случае параболическая модель демонстрирует сначала рост, а затем снижение результативного признака, поэтому, приравнявая к нулю первую производную, найдем значение кислотной нагрузки, при которой достигается максимальная величина $\Delta C[H^+]$. Для варианта содержания физической глины 5 % она составила 11 моль/л $\cdot 10^{-6}$ ($\Delta C[H^+]=12$), 20 % – 43 ($\Delta C[H^+]=23$) и 50 % – 61 моль/л $\cdot 10^{-6}$ ($\Delta C[H^+]=44$).

Одновременно с параболической моделью зависимости установлены линейные связи, близкие к достоверным, для вариантов содержания физической глины 5 % ($p=0,07$) – $Y=17-0,25X$ и 20 % ($p=0,06$) – $Y=30-0,25X$, для 50 % глины ($p=0,0038$) – $Y=9+0,6X$. В интервале нагрузки от 10 до 70 моль/л $\cdot 10^{-6}$ включительно, что соответствует изменению кислотности для безбуферного материала от 5,0 до 4,0 единиц pH_{KCl} , для варианта почвы с 5 % тонких фракций адсорбировалось от 14,5 до 0 моль/л $\cdot 10^{-6}$, 20 % – от 27,5 до 12,5 моль/л $\cdot 10^{-6}$ и 50 % – от 15 до 51 моль/л $\cdot 10^{-6}$.

Таблица 3 – Расчетная буферная способность ($PBC[H^+]_{KCl}$) гипотетической почвы разного гранулометрического состава

Кислотная нагрузка ($C[H^+]$), моль/л $\cdot 10^{-6}$	Показатель	Содержание физической глины, %		
		5 %	20 %	50 %
0	$C[H^+]_o$	3,16	3,16	3,16
	pH_{KCl}	5,5	5,5	5,5
10	$C[H^+]+C[H^+]_o$	13,16	13,16	13,16
	$C[H^+]_i$	3,98	3,16	3,16
	$\Delta C[H^+]$	9,18	10,00	10,00
	pH_{KCl}	5,4	5,5	5,5
20	$C[H^+]+C[H^+]_o$	23,16	23,16	23,16
	$C[H^+]_i$	10,00	6,30	3,98
	$\Delta C[H^+]$	13,16	16,86	19,18
	pH_{KCl}	5,0	5,2	5,4
30	$C[H^+]+C[H^+]_o$	33,16	33,16	33,16
	$C[H^+]_i$	12,58	5,01	3,98
	$\Delta C[H^+]$	20,58	28,15	29,18
	pH_{KCl}	4,9	5,3	5,4
40	$C[H^+]+C[H^+]_o$	43,16	43,16	43,16
	$C[H^+]_i$	39,81	7,94	5,01
	$\Delta C[H^+]$	3,35	35,22	38,15
	pH_{KCl}	4,4	5,1	5,3
50	$C[H^+]+C[H^+]_o$	53,16	53,16	53,16
	$C[H^+]_i$	50,11	15,84	7,94
	$\Delta C[H^+]$	3,05	37,32	45,22
	pH_{KCl}	4,3	4,8	5,1
60	$C[H^+]+C[H^+]_o$	63,16	63,16	63,16
	$C[H^+]_i$	63,09	50,11	15,84
	$\Delta C[H^+]$	0,07	13,05	47,32
	pH_{KCl}	4,2	4,3	4,8
70	$C[H^+]+C[H^+]_o$	73,16	73,16	73,16
	$C[H^+]_i$	79,43	63,09	31,62
	$\Delta C[H^+]$	0	10,07	41,54
	pH_{KCl}	4,1	4,2	4,5

Заключение

Тонкие почвенные фракции ($< 0,01$ мм) являются ценными компонентами для формирования плодородия почвы и реализации ею устойчивости к подкислению. Достигается это за счет трофности (питательности), то есть более высокого содержания гумуса, калия, сорбционной емкости к ионам водорода, по сравнению с песчаными фракциями. Можно предположить, что с увеличением физической глины на 1 % содержание гу-

муса повысится на 0,05 %, обменного калия – на 1,4 мг/кг. При содержании физической глины 5 % сорбционная емкость составляет 0,1 моль/л $\cdot 10^{-6}$ на единицу нагрузки. Для сравнения, при увеличении тонких фракций в 4 раза и 10 раз величина коэффициента возрастает в 6 раз и в 17 раз соответственно. Значение кислотной нагрузки для варианта содержания физической глины 5 % она составила 11 моль/л $\cdot 10^{-6}$, 20 % – 43 и 50 % – 61 моль/л $\cdot 10^{-6}$. В интервале нагрузки от 10 до



70 моль/л · 10⁻⁶ включительно, что соответствует изменению кислотности для безбуферного материала от 5,0 до 4,0 единиц, рН_{КС} для варианта почвы с 5 % тонких фракций адсорбировалось от 14,5 до 0 моль/л · 10⁻⁶, 20 % – от 27,5 до 12,5 моль/л · 10⁻⁶ и 50 % – от 15 до 51 моль/л · 10⁻⁶. Установлен диагностический статус активности разных групп микроорганизмов для определения потенциала устойчивости почвы. Тонкие фракции одновременно буферизируют кислотную нагрузку на почву и оказывают средобразующий эффект на живое вещество почвы.

Список источников

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 223 с.
2. Ванюшина А.Я., Травникова Л.С. Органо-минеральные взаимодействия в почвах (обзор литературы) // Почвоведение. 2003. № 4. С. 418 – 428.
3. Карпова, Д. В. Минералогический состав илистой фракции тяжелосуглинистой почвы Владимирского ополья / Д. В. Карпова, Н. П. Чижилова // Плодородие. – 2009. – № 1(46). – С. 11-13.
4. Козлов, А. В. Оценка показателей кислотности основной буферности и направления трансформации соединений кремния в дерново-подзолистой почве при применении различных кремнистых пород / А. В. Козлов, А. Х. Куликова // Агрохимия. – 2023. – № 12. – С. 31-46.
5. Козлова, Н. В. Восстановление буферных свойств агрогенно-измененных почв в отсутствие подкисляющей нагрузки удобрениями / Н. В. Козлова, Л. С. Малюкова, В. В. Керимзаде // Плодородие. – 2022. – № 6(129). – С. 63-69.
6. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Казеев К.Ш. и др. Оценка устойчивости почв юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 995 – 1000.
7. Минералогический состав тонкодисперсных фракций и резервы калия в черноземе при внесении минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова,

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Ananyeva N.D. Mikrobiologicheskie aspekty samoochishcheniya i ustoychivosty pochv. M.: Nauka, 2003. 223s.
2. Vanyushina A. Ya., Travnikova L. S. Organo-mineralnye vzaimodeystviya v pochvakh (obzor literatury) // Pochvovedenie. 2003. № 4. S. 418 – 428.
3. Karpova, D. V. Mineralogicheskiy sostav ilistoy fraktsii tyazhelosuglinistoy pochvy Vladimirskogo opolya / D. V. Karpova, N. P. Chizhikova // Plodorodie. – 2009. – № 1(46). – С. 11-13.
4. Kozlov, A. V. Otsenka pokazateley kislotno-osnovnoy bufernosti i napravleniya transformatsii soedineniy kremniya v dernovo-podzolistoy pochve pri primenenii razlichnykh kremnistykh porod / A. V. Kozlov, A. Kh. Kulikova // Agrokimiya. – 2023. – № 12. – С. 31-46.
5. Kozlova, N. V. Vosstanovlenie bufernykh svoystv agrogenno-izmenennykh pochv v otsutstvii podkisluyayushchey nagruzki udobreniyami / N. V. Kozlova, L. S. Malyukova, V. V. Kerimzade // Plodorodie. – 2022. – № 6(129). – С. 63-69.
6. Kolesnikov S. I., Gayvoronskiy V. G., Rotina E. N., Kazeev K. Sh. i dr. Otsenka ustoychivosti pochv yuga Rossii k zagryazneniyu mazutom po biologicheskim pokazatelyam (v usloviyakh modelnogo eksperimenta) // Pochvovedenie. 2010. № 8. S. 995 – 1000.
7. Mineralogicheskiy sostav tonkodispersnykh fraktsiy i rezervy kaliya v chernozeme pri vnesenii mineralnykh udobreniy / N. N. Shapovalova, N. P. Chizhikova, E. I. Godunova, I. G. Storchak // Plodorodie. –

Н. П. Чижилова, Е. И. Годунова, И. Г. Сторчак // Плодородие. – 2018. – № 3(102). – С. 25-31.

8. Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы. М.: Наука, 2002. 258 с.

9. Овчинникова, М. Ф. Состав и свойства гумусовых веществ различных гранулометрических фракций эродированной дерново-подзолистой почвы / М. Ф. Овчинникова // Агрохимия. – 2010. – № 5. – С. 13-21.

10. Оценка конституционной основы плодородия агросерой почвы / А. В. Ручкина, Р. Н. Ушаков, Н. Н. Новиков [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 1. – С. 57-61.

11. Петрофанов, В.Л. Роль гранулометрических фракций почв в сорбции и десорбции калия / В.Л. Петрофанов // Почвоведение. – 2012. – №6. – С. 668-672.

12. Сычев, В.Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2019. – № 7 (107). – С. 22-25.

13. Травникова Л.С. Закономерности гумусообразования: новые данные и их интерпретация // Почвоведение. 2002. № 7. С. 832–843.

14. Ушаков, Р.Н. Активность почвенных микроорганизмов - показатель устойчивости земледелия / Р.Н. Ушаков // Земледелие. – 2006. – № 1. – С. 14-15.

15. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного при различной обработке почвы и применении удобрений в севообороте ЦЧР / О. А. Минакова, Д. С. Мерзликина, П. А. Косякин [и др.] // Агрохимия. – 2023. – № 4. – С. 11-18.

16. Черников В.А., Милащенко Н.Э., Соколов О.А. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Пушино. ОНТИ ПНЦ РАН. 2001г. 203 с.

17. Чижилова Н.П. Изменение минералогического состава тонких фракций почв под влиянием агротехногенеза // Почвоведение. 2002. № 7. С. 867–875.



2018. – № 3(102). – С. 25-31.

8. Nikitishen V. I. Plodorodie pochvy i ustoychivost funktsionirovaniya agroekosistemy. M.: Nauka, 2002. 258 s.

9. Ovchinnikova, M. F. Sostav i svoystva gumusovykh veshchestv razlichnykh granulometricheskikh fraktsiy erodirovannoy dernovo-podzolistoy pochvy / M. F. Ovchinnikova // Agrokimiya. – 2010. – № 5. – С. 13-21.

10. Otsenka konstitutsionnoy osnovy plodorodiya agroseroy pochvy / A. V. Ruchkina, R. N. Ushakov, N. N. Novikov [i dr.] // Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. – 2021. – № 1. – С. 57-61.

11. Petrofanov, V. L. Rol granulometricheskikh fraktsiy pochv v sorbtsii i desorbtsii kaliya / V. L. Petrofanov // Pochvovedenie. – 2012. – №6. – С. 668-672.

12. Sychev, V. G. Prognoz plodorodiya pochv Nechernozemnoy zony v zavisimosti ot urovnya primeneniya udobreniy / V. G. Sychev, S. A. Shafran // Plodorodie. – 2019. – № 7 (107). – С. 22-25.

13. Travnikova L. S. Zakonomernosti gumusonakopleniya: novye dannye i ikh interpretatsiya // Pochvovedenie. 2002. № 7. S. 832–843.

14. Ushakov, R. N. Aktivnost pochvennykh mikroorganizmov - pokazatel ustoychivosti zemledeliya / R. N. Ushakov // Zemledelie. – 2006. – № 1. – С. 14-15.

15. Fiziko-khimicheskie svoystva chernozema vyyshchelochennogo pri razlichnoy obrabotke pochvy i primenenii udobreniy v sevooborote TsChR / O. A. Minakova, D. S. Merzlikina, P. A. Kosyakin [i dr.] // Agrokimiya. – 2023. – № 4. – С. 11-18.

16. Chernikov V. A., Milashchenko N. E., Sokolov O. A. Ustoychivost pochv k antropogennomu vozdeystviyu. Ekologicheskaya bezopasnost i ustoychivoe razvitiye. Kniga 3. Pushchino. ONTI PNTs RAN. 2001g. 203 s.

17. Chizhikova N. P. Izmeneniye mineralogicheskogo sostava tonkikh fraktsiy pochv pod vliyaniem agrotekhnogeneza // Pochvovedenie. 2002. № 7. S. 867 – 875.

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

Бобраков Федор Юрьевич, аспирант 3 курса кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», fedor700@rambler.ru

Ушаков Роман Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», r.usakov1971@mail.ru

Ручкина Анастасия Владимировна, ст. препод. кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», nasni91@gmail.com

Author information

Bobrov Fedor Yu., Third-year graduate student of the Department of agronomy, agrochemistry and plant protection, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, fedor700@rambler.ru

Ushakov Roman N., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of agronomy, agrochemistry and plant protection, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, r.usakov1971@mail.ru

Ruchkina Anastasia V., Senior Lecturer of the Department of agronomy, agrochemistry and plant protection, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, nasni91@gmail.com

Статья поступила в редакцию 05.07.2024; одобрена после рецензирования 12.08. 2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 05.07.2024; approved after reviewing 12.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.163
DOI: 10.36508/RSATU.2024.21.97.003

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕДА

Елена Витальевна Грибановская¹, Вера Сергеевна Дюкова²^{1,2} ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства», г. Рыбное, Россия¹ vitlenag@yandex.ru
² vera.mantseva@mail.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. Текстура и внешний вид кристаллизованного меда могут варьироваться в зависимости от цветочного источника и конкретных условий, в которых он кристаллизуется. При перемешивании меда процесс кристаллизации идет быстрее, так как слипшиеся кристаллы глюкозы частично разрушаются и их количество увеличивается. Следовательно, процесс кристаллизации можно контролировать путем механического воздействия, чтобы избежать образования крупных кристаллов и обеспечить кремообразность меда. Целью исследования явилось изучение влияния различных параметров процесса перемешивания на консистенцию меда.

Методология. Кремообразность определяли количественно путем измерения размера кристаллов с помощью микроскопического анализа, измерения индекса белизны с помощью цветового анализа с использованием портативного фотометра HI96785 и сенсорного анализа. Было изучено влияние пяти параметров производства, включая тип оборудования для смешивания, предварительную обработку меда, температуру смешивания (от 14° С до температуры окружающей среды), время смешивания (от 15 минут до 4 дней) и условия хранения на кремообразность меда.

Результаты. Кремовый мед, хранившийся в холодильной камере в течение 21 суток, полностью сохранил свои первоначальные свойства: белый цвет и пластичную консистенцию. Кремовый мед, хранившийся при комнатной температуре, независимо от способа его производства начал расслаиваться уже на 7-е сутки хранения, однако мед сохранил свою кремовую текстуру и мягкий вкус. После механической обработки меда и в период его хранения массовая доля влаги уменьшилась на 2,6 и 0,8 % в образце меда, выработанном методом Дайса и на 0,2 и 0,9 % в кремовом меде быстрого приготовления. В образцах, прошедших механическую обработку, отмечено некоторое снижение содержания редуцируемых сахаров. Так, в образце 28-н значение этого показателя составило 76,2±6,0 % в условиях окружающей среды и 68,2±5,4 % при хранении в холодильной камере. В образце 29-н произошли менее существенные изменения значений этого показателя, но тоже сохранилась тенденция к его снижению.

Заключение. Правильное хранение имеет решающее значение для сохранения качества кремообразного меда. Предотвращение колебаний температуры является ключом к предотвращению возврата меда в жидкое состояние или чрезмерной кристаллизации. Перемешивание способствует образованию более мелких кристаллов и значительно ускоряет их образование. При этом если технологический алгоритм соблюден идеально, и в процессе не добавлены другие ингредиенты, то полезные качества, пищевая и энергетическая ценность меда никак не меняются.

Ключевые слова: кремообразный мед, кристаллизация, перемешивание, условия хранения

Для цитирования: Грибановская Е. В., Дюкова В. С. Влияние механической обработки на процесс кристаллизации меда // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2024. Т. 16, № 3. С. 12-17 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.21.97.003>

Original article

INFLUENCE OF MECHANICAL TREATMENT ON THE PROCESS OF HONEY CRYSTALLIZATION

Elena V. Gribanovskaya¹, Vera S. Dyukova²^{1,2} Federal Scientific Center of Beekeeping, Rybnoye, Russia¹ vitlenag@yandex.ru

© Грибановская Е. В., Дюкова В. С., 2024 г.

² vera.mantseva@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The texture and appearance of crystallized honey may vary depending on the flower source and the specific conditions under which it crystallizes. When honey is stirred, the crystallization process is faster, since the stuck glucose crystals are partially destroyed and their number increases. Therefore, the crystallization process can be controlled by mechanical action to avoid the formation of large crystals and ensure the creaminess of honey. The aim of the study was to study the effect of various parameters of the stirring process on the consistency of honey.

Methodology. Creaminess was quantified by measuring crystal size using microscopic analysis, measuring whiteness index using color analysis using a portable photometer HI96785, and sensory analysis. The effects of five production parameters, including the type of mixing equipment, honey pre-treatment, mixing temperature (from 14°C to ambient temperature), mixing time (from 15 minutes to 4 days), and storage conditions on honey creaminess were studied.

Results. Creamed honey stored in a refrigerator for 21 days completely retained its original properties: white color and plastic consistency. Creamed honey stored at room temperature, regardless of its production method, began to stratify as early as the 7th day of storage, but the honey retained its creamy texture and mild taste. After mechanical processing of honey and during its storage, the mass fraction of moisture decreased by 2.6 and 0.8% in the honey sample produced by the Dice method and by 0.2 and 0.9% in the instant creamed honey. In the samples that underwent mechanical processing, some decrease in the content of reducing sugars was noted. Thus, in sample 28-n, the value of this indicator was 76.2 ± 6.0% under ambient conditions and 68.2 ± 5.4 % when stored in a refrigerated chamber. In sample 29-n, less significant changes in the values of this indicator occurred, but the tendency for it to decrease was also preserved.

Conclusion. Proper storage is crucial to maintaining the quality of creamed honey. Preventing temperature fluctuations is the key to preventing honey from returning to a liquid state or excessive crystallization. Stirring promotes the formation of smaller crystals and significantly accelerates their formation. Moreover, if the technological algorithm is followed perfectly, and no other ingredients are added in the process, then the beneficial qualities, nutritional and energy value of honey do not change in any way.

Key words: creamy honey, crystallization, mixing, storage conditions

For citation: Gribanovskaya E.V., Dyukova V.S. The influence of mechanical treatment on the process of honey crystallization // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol. 16, No. 3, P. 12-17 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.21.97.003>

Введение

Натуральный мед обладает природным свойством кристаллизоваться (этот процесс называется садка, засахаривание), что является своеобразной визуальной оценкой его натуральности. Загустение меда начинается с сентября месяца, данный процесс зависит от сорта меда, температуры его хранения, способов обработки и т.д. Например, некоторые виды меда могут начать кристаллизоваться всего через несколько недель после сбора, в то время как другие могут оставаться жидкими в течение нескольких месяцев или даже лет.

Кристаллическая структура меда свидетельствует о высоком содержании натуральных сахаров и полезных микроэлементов. В зависимости от соотношения моносахаридов, воды, воска, пыльцы и других мелких частиц, процесс кристаллизации меда может отличаться в каждой отдельной банке. Консистенция и внешний вид кристаллизованного меда могут изменяться в зависимости от источника медосбора и конкретных условий, в которых он кристаллизуется.

Один из распространенных видов кристаллизованного меда называется «мелкозернистым» или «сливочным» медом. Он имеет гладкую и кремовую текстуру, похожую на масло или намазываемый сыр. Мелкозернистый мед пользуется большим спросом из-за своей растекаемости и

простоты использования. Его часто предпочитают для намазывания на тосты или смешивания с напитками. Другой тип кристаллизованного меда известен как «крупнозернистый» или «гранулированный» мед. Как следует из названия, он имеет более зернистую текстуру по сравнению с мелкозернистым медом. Крупнозернистый мед часто предпочитают те, кто любит немного текстурированный мед. Его можно использовать в выпечке или в качестве начинки для десертов, придавая им восхитительный хруст.

Важно отметить, что процесс кристаллизации не влияет на качество или чистоту меда. Кристаллизованный мед такой же питательный и вкусный, как и жидкий. Таким образом, кристаллизация является признаком высококачественного меда. Это означает, что мед чистый и не был фальсифицирован или разбавлен другими веществами. Присутствие примесей или добавок могло бы помешать процессу кристаллизации.

Кристаллизация меда зависит от его состава, содержания глюкозы и фруктозы. Сорта меда с высоким содержанием глюкозы, как правило, кристаллизуются быстрее и интенсивнее (из люцерны, клевера и одуванчика) [1].

По своей сути мед представляет собой перенасыщенный раствор сахара, состоящий преимущественно из глюкозы и фруктозы. Естественная склонность меда к кристаллизации обусловлена

его уникальными физическими свойствами и составом. Начальные стадии кристаллизации зависят от различных факторов, наиболее важными из которых являются соотношения фруктозы к глюкозе и глюкозы к воде в меде. Когда мед кристаллизуется, это означает, что глюкоза в меде отделилась от воды и образовала твердые кристаллы. Молекулы глюкозы притягиваются друг к другу и начинают связываться, что приводит к образованию кристаллов. Конкретное соотношение глюкозы и фруктозы в меде изменяется в зависимости от цветочного источника нектара и играет решающую роль в определении скорости и степени кристаллизации [6;7].

Выбор правильного сорта меда имеет решающее значение для успешной кристаллизации. Высокое соотношение глюкозы и фруктозы в меде делает его пригодным для быстрой кристаллизации. И, наоборот, для более медленной и контролируемой кристаллизации предпочтительны варианты с более низким содержанием глюкозы. Этот выбор имеет решающее значение для достижения желаемой текстуры и консистенции конечного кристаллизованного продукта.

Температура и влажность также имеют решающее значение для кристаллизации меда. Мед, хранящийся при низких температурах, кристаллизуется быстрее, поскольку понижение температуры позволяет молекулам глюкозы легче выходить из раствора. И наоборот, более высокие температуры могут замедлить или даже предотвратить кристаллизацию. Аналогичным образом содержание влаги в меде влияет на склонность к кристаллизации. Мед с более низким содержанием влаги кристаллизуется медленнее, чем мед с более высоким содержанием влаги, поскольку в нем меньше воды для растворения сахаров [8;9].

На скорость кристаллизации также влияет механическое воздействие. При перемешивании меда процесс кристаллизации идет быстрее, так как слипшиеся кристаллы глюкозы частично разрушаются и их количество увеличивается. Если мед процедить через мелкое сито, количество

центров кристаллизации уменьшается, и процесс кристаллизации замедляется. Следовательно, процесс кристаллизации можно контролировать путем механического воздействия, чтобы избежать образования крупных кристаллов и обеспечить кремообразность меда. Целью исследования явилось изучение влияния различных параметров процесса перемешивания на консистенцию и качество меда.

Материалы и методы исследования

Кремообразность определяли количественно путем измерения размера кристаллов с помощью микроскопического анализа окуляр-микрометром при увеличении в 100 и 600 раз, измерения индекса белизны с помощью цветового анализа по ГОСТ 31771-2012 с использованием портативного фотометра HI96785 и сенсорного анализа [5]. Было изучено влияние пяти параметров производства, включая тип оборудования для смешивания, предварительную обработку меда, температуру смешивания (от 14° С до температуры окружающей среды), время смешивания (от 15 минут до 4 дней) и условия хранения на кремообразность меда.

Выработку кремового меда осуществляли двумя способами с использованием различных режимов и насадок для перемешивания меда.

При производстве кремового меда методом Дайса применяли насадку «лопатка» и использовали циклический режим перемешивания: 10 мин – работа миксера на низких оборотах и 60 мин – остановка миксера. Перемешивали мед до образования пластичной консистенции и появления белого цвета в течение 4 суток (рис. 1).

При выработке кремового меда быстрым способом применяли высокие обороты миксера и насадку «венчик». В этом случае белый цвет и желаемую консистенцию получали в течении 10-15 мин работы миксера (рис. 2).

В обоих случаях качестве сырья использовали мед с разнотравья, оставшийся с прошлого сезона. Для затравки по методу Дайса применяли уже готовый купленный крем-мед.



Рис. 1 – Начало и окончание процесса перемешивания меда методом Дайса
Fig. 1 – Beginning and end of the honey mixing process using the Dice method



Рис. 2 – Начало и окончание процесса перемешивания меда быстрым способом
Fig. 2 – Start and end of the process of mixing honey in a quick way

Результаты исследований и их обсуждение

При строгом соблюдении режима перемешивания мед получился светлым, кремообразным, гладким и густым по консистенции. Важно отметить, что при использовании венчика и высоких оборотов миксера не произошло насыщение воздухом массы в процессе взбивания. Следовательно, существенной разницы в органолептических показателях качества кремового меда, изготовленного разными способами, выявлено не было.

Установлено, что главным недостатком кремового меда является его нестабильность. Если его хранить при температуре выше 20° С, то через несколько месяцев он неизбежно начинает расслаиваться. Этот процесс идет тем быстрее, чем выше влажность меда. Так, мед с влажностью менее 17 % сохраняет свою клейкую структуру в течение

года при комнатной температуре (20-22° С), при влажности 17-17,5 % – от 6 до 12 месяцев, 17,5-18,0 % – от 3 до 6 месяцев. Стабильность вязкости не гарантируется, если влажность меда достигает 18 % [2].

В этой связи на данном этапе исследования важно было установить условия хранения кремового меда по окончании технологического процесса производства.

Готовый продукт фасовали по 200 г в стеклянные банки, укупоренные крышками. Одну часть исследуемого меда оставляли при комнатной температуре (20±2)° С. Остальной мед хранили при температуре (4±2)° С и относительной влажности воздуха (87±2) % в условиях холодильной камеры (рис.3).



Рис. 3 – Кремовый мед (метод Дайса) в процессе хранения
Fig. 3 – Creamed honey (Dice method) during storage



Рис. 4 – Кремовый мед (быстрый способ) в процессе хранения
Fig. 4 – Creamed honey (quick method) during storage

Кремовый мед, хранившийся в холодильной камере в течение 21 суток, полностью сохранил свои первоначальные свойства: белый цвет и пластичную консистенцию. Кремовый мед, хранившийся при комнатной температуре, независимо от способа его производства начал расслаиваться уже на 7-е сутки хранения. На поверхности образцов образовалась белая пенка из натуральной глюкозы, однако мед сохранил свою кремовую текстуру и мягкий вкус. (рис.4)

Образцы исследуемого меда были проанализированы в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства». Качество меда устанавливалось по физико-химическим показателям на соответствие требованиям ГОСТ 19792-2017 «Мед натуральный. Технические условия» (рис. 5)[4].

Содержание воды в образцах определялось рефрактометрическим методом и в исходном сырье составило от 17,1 до 18,1 %, что указывает на зрелый, хороший и вовремя откачанный мед.

После механической обработки меда и в период его хранения массовая доля влаги уменьшилась на 2,6 и 0,8 % в образце меда, выработанном методом Дайса и на 0,2 и 0,9 % в кремовом меде быстрого приготовления.

Количество редуцирующих сахаров в меде отражает сумму глюкозы, фруктозы и мальтозы. Редуцирующие сахара образуются в меде из сахарозы и накапливаются в процессе созревания. Следовательно, этот показатель также характеризует степень зрелости и натуральности меда. Определение количественного содержания редуцирующего (инвертирующего) сахара в меде основано на восстановлении редуцирующего сахара раствором Феллинга и последующем титровании йодом [3]

Известно, что содержание редуцирующего сахара зависит от вида и разновидности меда, а также от влияния температуры и условий хранения образца. Сравнительная экспериментальная



значения с данными ГОСТ 19792-2017, можно отметить, что в опытных образцах количественное содержание редуцирующего сахара было в пределах установленного значения (не менее 65 %). В образцах, подвергнутых механической обработке, наблюдалось незначительное снижение содержания редуцирующего сахара. Так, в образце 28-н

значение этого показателя составило 76,2±6,0 % в условиях окружающей среды и 68,2±5,4 при хранении в холодильной камере. В образце 29-н произошли менее существенные изменения значений этого показателя, но тоже сохранилась тенденция к его снижению.



Рис. 5 – Показатели качества кремового меда
Fig. 5 – Quality indicators of creamed honey

Максимальное содержание сахарозы – 4,2 % в исходном сырье свидетельствует о том, что мед не фальсифицирован с помощью сахара. В процессе перемешивания меда и последующего его хранения значения этого показателя незначительно уменьшились. Таким образом, кремовый мед получается из обычного меда. Поэтому опасаться употребления самого продукта нет оснований (если туда не добавили что-либо постороннее).

Заключение

По результатам исследований установлено, что температура перемешивания и хранения является наиболее важным фактором для придания меду кремообразности. При оптимальной температуре 14° С другие факторы, такие как внесение заправки, время перемешивания и интервал перемешивания, оказывают незначительное влияние.

Правильное хранение имеет решающее значение для сохранения качества кремообразного меда. Его следует хранить в сухом прохладном месте, вдали от прямых солнечных лучей. Охлаждение может сохранить его кремообразную консистенцию, но в этом нет необходимости, если температура окружающей среды невысокая. Предотвращение колебаний температуры является ключом к предотвращению возврата меда в жидкое состояние или чрезмерной кристаллизации.

Перемешивание способствует образованию более мелких кристаллов и значительно ускоряет их образование. При этом если технологический алгоритм соблюден идеально, а в процессе не добавлены другие ингредиенты, то полезные качества, пищевая и энергетическая ценность меда никак не меняются. Кремовый мед в таком случае представляет собой лишь одно из состояний продукта, полученное механически – путем перемешивания.

Список источников

- Бердова, А.К. Идентификация и ветеринарно-санитарная оценка натурального цветочного меда // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2016. - №3(6) июль - сентябрь. - URL <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/5/29-statya-2016-2/373-00123>. - ISSN 2413-4066
- Бурмистрова, Л. А. Технология приготовления кремообразного меда / Л. А. Бурмистрова, Т. М. Русакова, М. Н. Харитоновна [Текст]. // Пчеловодство. 2017. – №10.
- Гареев, Б.М. Определение фальсификации добавками сахара натурального меда спектрофотометрическим контролем сонохимического синтеза наночастиц серебра в водных растворах меда и AgNO₃ / Б.М. Гареев, Г.Л. Шарипов // Международный научно-исследовательский журнал. -2022. - №11 (125). - URL: <https://research-journal.org/archive/11-125-2022-november/10.23670/IRJ.2022.125.25> (дата обращения: 23.05.2024). - DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.25
- ГОСТ 19792-2017 «Мед натуральный. Технические условия» [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 17 с.
- ГОСТ 31771-2012 «Мед. Метод определения цветности» [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6с.
- Пчеловодство: учеб. пособие. [Текст] / В.К. Пестис [и др.]; под ред. В.К. Пестиса. – Минск: ИВЦ Минфина 2020.-336с.
- Кристаллизация меда // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2002. – № 3. – С. 995. – EDN FOAAXH.
- Русакова, Т. М. Термическая обработка и качество меда [Текст] / Т. М. Русакова, О. В. Серебрякова, М. А. Попкова, Г. К. Степанцева, Е. В. Львова // Пчеловодство. – 2019. – № 8. – С. 59-61.
- Silvia Tappi, Virginia Glicerina, Luigi Ragni, Amanda Dettori, Santina Romani, Pietro Rocculi, Physical and structural properties of honey crystallized by static and dynamic processes, Journal of Food Engineering, Volume 292, 2021, 110316, ISSN 0260-8774, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110316>.



Amanda Dettori, Santina Romani, Pietro Rocculi, ISSN 0260-8774, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110316>. (дата обращения: 23.05.2024).

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Berdova, A.K. Identifikaciya i veterinarno-sanitarnaya ocenka natural'nogo cvetochного меда // Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. - 2016. - №3(6) iyul' - sentyabr'. - URL <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/5/29-statya-2016-2/373-00123>. - ISSN 2413-4066
- Burmistrova, L. A. Tekhnologiya prigotovleniya kremooobrazного меда / L. A. Burmistrova, T. M. Rusakova, M. N. Haritonova [Tekst]. // Pchelovodstvo. 2017. – №10.
- Gareev, B.M. Opredelenie fal'sifikacii dobavkami sahara natural'nogo меда spektrofotometricheskim kontrol'em sonohimicheskogo sinteza nanochastice serebra v vodnyh rastvorah меда i AgNO₃ / B.M. Gareev, G.L. Sharipov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. -2022. - №11 (125). - URL: <https://research-journal.org/archive/11-125-2022-november/10.23670/IRJ.2022.125.25> (дата обращения: 23.05.2024). - DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.25
- ГОСТ 19792-2017 «Мед натуральный. Технические условия» [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 17 с.
- ГОСТ 31771-2012 «Мед. Метод определения цветности» [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
- Pchelovodstvo: ucheb. posobie / V.K. Pestis [i dr.]; pod red. V.K. Pestisa. – Minsk: IVC Minfina 2020.-336s.
- Kristallizaciya меда // Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'. Referativnyj zhurnal. – 2002. – № 3. – S. 995. – EDN FOAAXH.
- Rusakova, T. M. Termicheskaya obrabotka i kachestvo меда [Tekst] / T. M. Rusakova, O. V. Serebryakova, M. A. Popkova, G. K. Stepanceva, E. V. L'vova // Pchelovodstvo. – 2019. – № 8. – S. 59-61.
- Silvia Tappi, Virginia Glicerina, Luigi Ragni, Amanda Dettori, Santina Romani, Pietro Rocculi, Physical and structural properties of honey crystallized by static and dynamic processes, Journal of Food Engineering, Volume 292, 2021, 110316, ISSN 0260-8774, URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110316>.

Contribution of the authors:

All authors have made equivalent contributions to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Грибановская Елена Витальевна, канд. с.-х. наук, доцент, вед. научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, Россия, vitenag@yandex.ru.

Дюкова Вера Сергеевна, мл. научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», г. Рыбное, Россия, vera.mantseva@mail.ru.

Author Information

Gribanovskaya Elena V., PhD, PhD, Associate Professor, Senior Researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC of Beekeeping", Rybnoye, Russia, vitenag@yandex.ru.

Dyukova Vera S., Jr. Researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC of Beekeeping", Rybnoye, Russia, vera.mantseva@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.05.2024; одобрена после рецензирования 09.08.2024; принята к публикации 20.09.2024

The article was submitted 20.05.2024; approved after reviewing 09.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.871;631.415
DOI: 10.36508/RSATU.2024.93.35.004ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПоста И БИОПРЕПАРАТОВ BACILLUS
ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫХеба Исмаил¹, Виталий Константинович Хлюстов², Юрий Германович Безбородов³✉^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия¹ heba95syr@gmail.com
² vkhlyustov@rgau-msha.ru
³ ubezborodov@rhau-msha.ru

Аннотация

Проблема и цель. Целью исследования является изучение воздействия компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы в аридных условиях района Аль-Ашарра, Сирийская Арабская Республика. Особое внимание уделено выявлению оптимальных условий для снижения кислотности почвы и улучшения её агрохимических свойств.**Методология.** Полевой опыт включал четыре варианта обработки: контроль, внесение компоста, внесение биопрепаратов и их комбинация. Для оценки изменений рН почвы образцы отбирались в трехкратной повторности с четырёх уровней глубины: 0-25 см, 26-50 см, 51-75 см и 76-100 см. Методология включала использование множественного дисперсионного анализа с повторениями, что позволило обеспечить статистическую значимость результатов. F-критерий Фишера использовался для проверки статистической значимости различий вариантов на 5 % и 1 % уровнях значимости, а наименьшая существенная разность (НСР) была определена на уровне 0,194 т/га.**Результаты.** Наибольшее снижение кислотности почвы было зарегистрировано при сочетании применения компоста и биопрепаратов. На глубине 0-25 см рН составил 6,45, на глубине 26-50 см – 6,90, 51-75 см – 7,35 и на глубине 76-100 см – 7,00. Отдельное использование компоста показало следующие значения: 0-25 см – 7,34; 26-50 см – 7,48; 51-75 см – 7,70 и 76-100 см – 7,14. Биопрепараты обеспечили рН: на глубине 0-25 см – 6,83; 26-50 см – 7,10; 51-75 см – 7,62 и 76-100 см – 7,11. Контрольные образцы имели самые высокие значения рН на всех глубинах, что указывает на отсутствие внешнего влияния на снижение кислотности.**Заключение.** Исследование выявило закономерности изменения кислотности почвы в зависимости от глубины и типа применяемых мелиорантов. Наибольшее снижение рН наблюдается в верхних слоях почвы, что особенно выражено при совместном применении компоста и биопрепаратов. Это свидетельствует о сильном синергетическом эффекте, повышающем способность почвы нейтрализовать кислотность. Внесение только компоста или биопрепаратов также снижает кислотность, но не так значительно. Контрольные образцы продемонстрировали тенденцию к более высокой кислотности по мере увеличения глубины, что отражает естественные условия почвы в регионе исследования. Полученные результаты подтверждают важность применения биологических мелиорантов для регулирования кислотности почв в аридных регионах.**Ключевые слова:** кислотность почвы, компост, биопрепараты, *Bacillus*, аридный климат, дисперсионный анализ, F-критерий, НСР.**Для цитирования:** Исмаил Х., Хлюстов В.К., Безбородов Ю.Г. Эффективность применения компоста и биопрепаратов *Bacillus* для регулирования кислотности почвы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, г. Рязань. 2024, Т.16, № 3. С.18-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.93.35.004>

Original article

EFFICIENCY OF USING COMPOST AND BACILLUS BIOPREPARATIONS
FOR REGULATING SOIL ACIDITYHeba Ismail¹, Vitaly K. Khlyustov², Yuri G. Bezborodov³✉

© Исмаил Х., Хлюстов В.К., Безбородов Ю.Г., 2024 г.

^{1,2,3} Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia¹ heba95syr@gmail.com
² vkhlyustov@rgau-msha.ru
³ ubezborodov@rhau-msha.ru

Abstract

Problem and purpose. The purpose of the study is to study the effect of compost and biological preparations based on bacteria of the genus *Bacillus* on changes in soil acidity in arid conditions of the Al-Asharra region, Syrian Arab Republic. Special attention is paid to identifying optimal conditions for reducing soil acidity and improving its agrochemical properties.**Methodology.** The field experience included four processing options: control, composting, biologics and their combination. To assess changes in soil pH, samples were taken in 3-fold repetition from four depth levels: 0-25 cm, 26-50 cm, 51-75 cm and 76-100 cm. The methodology included the use of multiple variance analysis with repetitions, which made it possible to ensure the statistical significance of the results. Fisher's F-test was used to check the statistical significance of differences between variants at 5 % and 1 % significance levels, and the smallest significant difference (NSR) was determined at 0.194 t/ha.**Results.** The greatest decrease in soil acidity was recorded with the combined use of compost and biological products. At a depth of 0-25 cm, the pH was 6.45, at a depth of 26-50 cm – 6.90, at 51-75 cm – 7.35 and at a depth of 76-100 cm – 7.00. Separate use of compost showed the following values: 0-25 cm – 7.34, 26-50 cm – 7.48, 51-75 cm – 7.70 and 76-100 cm – 7.14. Biological preparations provided pH: 0-25 cm – 6.83, 26-50 cm – 7.10, 51-75 cm – 7.62 and 76-100 cm – 7.11. The control samples had the highest pH values at all depths, indicating that there was no external influence on the decrease in acidity.**Conclusion.** The study revealed patterns of changes in soil acidity depending on the depth and type of meliorants used. The greatest decrease in pH is observed in the upper layers of the soil, which is especially pronounced when compost and biologics are used together. This indicates a strong synergistic effect that increases the ability of the soil to neutralize acidity. Adding only compost or biologics also reduces acidity, but not so significantly. The control samples showed a tendency to higher acidity as the depth increased, reflecting the natural soil conditions in the study region. The results obtained confirm the importance of using biological ameliorants to regulate soil acidity in arid regions.**Key words:** soil acidity, compost, biological products, *Bacillus*, arid climate, dispersion analysis, F-criterion, NSR.**For citation:** Ismail H., Khlyustov V. K., Bezborodov Yu. G. The effectiveness of using compost and *Bacillus* biologics to regulate soil acidity // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. 2024, Vol.16, No.3. p.18-26 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.93.35.004>

Введение

Использование органических удобрений и биопрепаратов для улучшения агротехнических характеристик сельскохозяйственных культур является важным аспектом современного земледелия. Одним из перспективных направлений в этой области является исследование влияния этих факторов на кислотность почвы. В данном исследовании рассматривается воздействие компоста и биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы на различных глубинах.

Сирийская Арабская Республика (САР) сталкивается с множеством проблем в сельском хозяйстве. Основные проблемы включают:

1. Климатические условия: САР характеризуется аридным климатом с жарким и сухим летом и холодной зимой. Среднегодовое количество осадков составляет около 150 мм, что недостаточно для поддержания продуктивного сельского хозяйства без дополнительных мер. Высокие летние температуры могут достигать до 45° С, а зимой температуры могут опускаться до -1° С, что создает неблагоприятные условия для выращивания многих культур. Засушливые условия лета, сопровождаемые сильными жаровыми волнами, приво-

дят к стрессу для растений и необходимости дополнительного орошения, чтобы поддерживать их жизнеспособность. Суровые зимние условия также могут негативно сказываться на перезимовке некоторых многолетних культур. Эти экстремальные климатические условия требуют адаптации агротехнических практик и выбора устойчивых к засухе и холоду сортов растений, что, в свою очередь, повышает важность изучения воздействия различных удобрений на почвенные характеристики.

2. Почвенные условия: значительная часть сельскохозяйственных земель в САР испытывает проблемы, связанные с засолением и изменением кислотности. Почвы в районе проведения эксперимента классифицируются как "типичные кальцигипсиды" и "типичные гаплокальциды", что означает их высокое содержание карбоната кальция и гипса. Эти почвы обладают песчаной и суглинистой текстурой, что существенно ухудшает их структуру и водопроницаемость. Высокое содержание карбоната кальция приводит к снижению доступности для растений ряда питательных веществ, таких как фосфор и микроэлементы. Кроме того, присутствие гипса в больших количествах может способствовать уплотнению почвы и ухудшению

её аэрации. Засоление почв также оказывает негативное воздействие на рост и развитие растений, снижая их продуктивность. Для преодоления этих проблем требуется использование эффективных агротехнических мероприятий, включая применение органических удобрений и биопрепаратов, которые могут способствовать улучшению физико-химических свойств почвы и повышению её плодородия.

3. Водные ресурсы: недостаток водных ресурсов представляет собой одну из ключевых и наиболее критических проблем, с которыми сталкивается сельское хозяйство в САР. Основные источники воды, такие как река Евфрат, активно используются для орошения сельскохозяйственных культур. Однако объемов воды, поступающих из этих источников, зачастую недостаточно для удовлетворения всех потребностей сельскохозяйственного производства. Ситуация усугубляется значительными потерями воды вследствие испарения и неэффективного управления водными ресурсами. Кроме того, снижение уровня водных горизонтов и деградация ирригационных систем приводят к сокращению доступных водных ресурсов. В условиях аридного климата дефицит воды становится особенно острым, что требует внедрения эффективных стратегий водосбережения и оптимизации использования доступных водных ресурсов. Применение технологий капельного орошения, улучшение ирригационной инфраструктуры и использование засухоустойчивых сортов растений могут значительно повысить водозахватываемость сельскохозяйственного производства.

Таким образом, исследование направлено на поиск эффективных решений для улучшения состояния почв и повышения урожайности культур в условиях аридного климата САР.

Вклад учёных России и зарубежья в решение проблемы кислотности почв: Хайдуков К.П. [1] исследовал влияние органических удобрений на структуру почвы и её кислотность. Его работа показала, что применение органических удобрений способствует улучшению кислотно-щелочного баланса почвы. Сабирова Т.П. и Сабиров Р.А. [2] изучили применение биопрепаратов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Никифорова Ю.Ю. [3] исследовала роль компостирования в повышении плодородия почвы. Никулина В. Н. и Андреев А. И. [4] анализировали изменение кислотности почвы под влиянием различных агротехнических мероприятий, подтвердив эффективность органических удобрений. Титова В.И. и др. [5] изучили изменение кислотности почвенного профиля в зависимости от глубины, показав значительные различия в рН на разных глубинах. Литвинович А.В. и др. [6] подробно анализировали причины изменения кислотности почв и её последствия для сельского хозяйства. Он выделил основные факторы, влияющие на кислотность почв, такие как использование минеральных удобрений, кислотные дожди и естественные процессы вымывания. Зарубежные учёные также

внесли значительный вклад в исследование данной проблемы. Так, Brady N. C. и Weil R. R. [7] и Sparks D. L. [8] в своих книгах подробно описали влияние различных факторов на кислотность почвы и её изменение с глубиной. Они рассмотрели химические процессы, влияющие на рН почвы и изменение кислотности с глубиной. Hillel D. [9] обсудил глобальные аспекты почвенной кислотности и её изменение в разных агроклиматических зонах. В книге Wild A. [10] рассматриваются глобальные вопросы управления земельными ресурсами в контексте устойчивого сельского хозяйства, подробно описывается влияние различных агротехнических практик, включая использование органических удобрений, на плодородие почв и устойчивость продовольственных систем. McCauley A., Jones C., Jacobsen J. [11] в руководстве описали влияние органических веществ на рН почвы и методы управления кислотностью. Книга Rengel Z. [12] представляет собой всестороннее руководство по вопросам кислотности почв. Автор рассматривает причины и последствия почвенной кислотности, а также методы её регулирования, с особым вниманием к влиянию органических удобрений и биопрепаратов на рН почвы. Hinsinger P. и соавт. [13] в обзоре рассмотрели влияние растений на изменение рН почвы в зоне корней.

Цель исследования: определить влияние компоста и биопрепаратов рода *Bacillus* на изменение кислотности почвы с глубиной в условиях аридного климата.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в районе Аль-Ашарра, расположенном примерно в 60 км к востоку от Дейр-эль-Зора, на высоте 203 метра над уровнем моря. Координаты места проведения эксперимента: 34°55'13" N и 40°33'34" E.

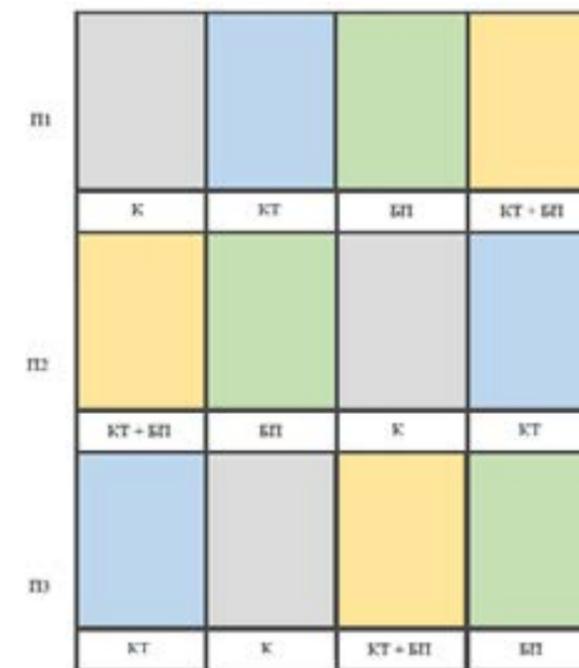
Район Аль-Ашарра характеризуется специфическими природными и климатическими условиями, которые делают его идеальным для изучения влияния органических удобрений и биопрепаратов на почву в аридных регионах. Этот регион находится в восточной части Сирийской Арабской Республики, где климатические условия значительно изменяются в зависимости от сезона. Летом температура может подниматься до 45° C, создавая экстремально засушливые условия, тогда как зимой температура может опускаться ниже нуля, что также представляет серьезный вызов для сельского хозяйства.

Почвы в этом регионе, как правило, имеют суглинистую и песчаную текстуру, что делает их подверженными эрозии и ухудшению структуры. Высокое содержание карбоната кальция и гипса в почвах требует особого подхода к управлению их плодородием и структурой. Эти почвы склонны к засолению, что может негативно сказаться на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

Экспериментальная площадка была тщательно выбрана для обеспечения репрезентативности условий, в которых проводились исследования. Высота 203 метра над уровнем моря обеспечивает специфические микроклиматические условия,

которые важно учитывать при анализе полученных данных. Координаты 34°55'13" N и 40°33'34" E позволяют точно определить местоположение площадки, что необходимо для последующего повторения эксперимента и сравнения результатов с данными других исследований. Таким образом, район Аль-Ашарра является подходящим местом для проведения такого рода исследований, так как его природные и климатические условия представляют собой типичные вызовы для аридных регионов, где внедрение эффективных агротехнических практик и улучшение почвенных условий имеют первостепенное значение для устойчивого сельского хозяйства.

Место проведения эксперимента находится в зоне террасных отложений реки Евфрат, сформировавшихся в недавнее время.



Агрономическая часть данного исследования, сосредоточенная на изменении кислотности почвы, была спланирована и организована для проведения двухфакторного эксперимента с повторениями, учитывающими разные глубины взятия образцов. Основная цель заключалась в том, чтобы определить, как различные варианты внесения компоста из фитомелиоранта (люцерны) и биопрепарата микробиологического катализатора влияют на кислотность почвы на различных уровнях глубины.

Для достижения этой цели был заложен полевой опыт, полностью рандомизированный по трём вариантам внесения мелиорантов и контрольному варианту. Схема распределения делянок опыта представлена на рисунке 1.

P1, P2, P3 – повторности по вариантам опыта:
K – контроль, KT – компост, BP – биопрепарат,
KT+BP – компост и биопрепарат

Рис. 1 – Схема полевого опыта при рандомизированном размещении вариантов в трехкратной повторности

P1, P2, P3 – repetitions according to the variants of the experiment: K – control, CT – compost, BP – biopreparation,
CT +BP – compost and biopreparation.

Fig. 1 – Scheme of field experience with randomized placement of variants in 3-fold repetition

Каждый из этих вариантов опыта был повторен трижды для обеспечения надежности и воспроизводимости полученных результатов. Таким образом, объекты исследования были представлены тремя группами, каждая из которых состояла из трёх участков земли, общей площадью 2×3 квадратных метра. Всего было подготовлено девять экспериментальных участков, что обеспечило возможность тщательного сравнения различных методов внесения мелиорантов.

Перед началом эксперимента почва на каждом участке была обработана: в неё добавляли компост из люцерны и биопрепараты, использованные в качестве биокатализаторов. Компост вносили из расчета 2 килограмма на каждый квадратный метр почвы. Биопрепараты, включающие в себя микроорганизмы рода *Bacillus*, применяли для повышения микробиологической активности

почвы и улучшения её структуры. Эти вещества вносили непосредственно перед вспашкой, что позволило равномерно распределить их по всей площади обрабатываемой почвы.

Для максимальной точности измерений и исключения возможных ошибок, все внесения и обработки проводились с использованием специальных инструментов и методик, обеспечивающих равномерное распределение компоста и биопрепаратов по всем участкам. После внесения веществ и вспашки почвы были взяты образцы на различных глубинах для анализа кислотности. Этот методический подход позволил получить детальные данные о том, как изменяется кислотность почвы под воздействием различных видов внесения на различных уровнях глубины, что важно для дальнейшего применения результатов в агротехнической практике.

Результаты исследований и их обсуждение

Данные для анализа эксперимента по изменению кислотности почвы (рН водной вытяжки) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Кислотность почвы (рН водной вытяжки) в зависимости от внесённых в почву вариантов органики и глубины определения рН

Глубина взятия образца (см)	Контроль	Компост	Биопрепарат	Компост + Биопрепарат
0-25	7,92	7,35	6,90	6,71
0-25	7,86	7,34	6,79	6,31
0-25	7,89	7,33	6,80	6,33
26-50	7,82	7,46	7,21	6,79
26-50	7,82	7,49	6,98	6,58
26-50	7,81	7,49	7,11	7,33
51-75	7,74	7,65	7,56	7,10
51-75	7,73	7,69	7,68	7,40
51-75	7,75	7,76	7,62	7,55
76-100	7,15	7,12	7,11	6,70
76-100	7,12	7,15	7,11	7,10
76-100	7,15	7,15	7,10	7,20

Диаграмма "ящики с усами" на основе представленных данных визуализирует распределение кислотности почвы на различных глубинах для разных вариантов внесения биологических мелиорантов. Подробное описание диаграммы представлено следующими компонентами:

1. Ящики: отображают интерквартильный диапазон (ИКД), который охватывает 50 % данных между первым (Q1) и третьим (Q3) квартилями. Линия внутри ящика представляет собой медиану (Q2) распределения.

2. Усы: простираются от ящика до минимального и максимального значений, которые находятся в пределах 1,5 ИКД от первого и третьего квартилей соответственно.

3. Выбросы: отображаются как индивидуальные точки за пределами усов, если таковые имеются.

Варианты опыта обозначены цветами: контроль (синий), компост (зеленый), биопрепарат (красный), компост + биопрепарат (оранжевый)

Фактор глубины взятия образца по профилю почвы представлен на оси абсцисс в градиенте: 0-25 см, 26-50 см, 51-75 см, 76-100 см. Зависимая переменная: кислотность почвы (рН водной вытяжки) измеряется по шкале от 6 до 8.

По графическому анализу рисунка 3 можно сделать следующее заключение. Контрольные образцы имеют наиболее высокие значения кислотности на всех глубинах.

Компост снижает кислотность по сравнению с контрольными образцами, особенно на глубинах 0-25 см.

Биопрепарат еще больше снижает кислотность, особенно на глубинах 0-25 см и 26-50 см.

Компост + Биопрепарат демонстрирует наиболее низкие значения кислотности, особенно на глубинах 0-25 см, что указывает на синергетиче-

ский эффект двух двухкомпонентного мелиоранта.

Наряду с графическим представлением данных опыта был проведен двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями, результаты которого указывают на статистически значимое различие между вариантами опыта. Во всех случаях F-критерий Фишера превышает теоретические значения критерия на пяти- и однопроцентном уровнях значимости (табл. 2).



Рис.2 – Внешний вид опытного участка в природе
Fig.2 – The appearance of the experimental site in nature

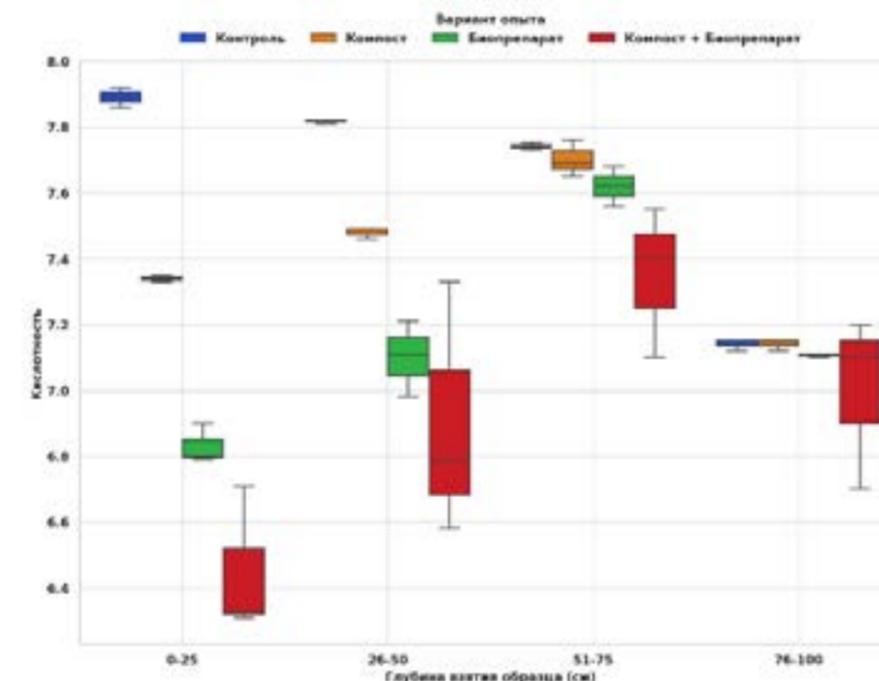


Рис.3 – Диаграмма (ящики с усами) изменения кислотности почвы по вариантам опыта и глубине взятия образцов почвы

Fig.3 – Diagram (boxes with whiskers) of changes in soil acidity according to experimental options and depth of soil sampling

Таблица 2 – Дисперсионный анализ изменения кислотности почвы

Источник вариации	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (MS)	F _{расч.}	F _{05/01}
Вариант опыта	1,9510	3	0,6503	29,835	2,90/4,49
Глубина, см	3,5025	3	1,1675	53,560	2,90/4,49
Взаимодействие	1,8278	9	0,2031	9,317	2,19/2,98
Внутри	0,6975	32	MSE=0,0217		
Итого	7,9788	47			

Результаты дисперсионного анализа показывают, что использование компоста и биопрепаратов оказывает существенное влияние на изменение кислотности почвы по сравнению с контролем. Наибольшее снижение кислотности наблюдается при совместном применении компоста и биопрепаратов. На общую вариацию кислотности почвы наибольшее влияние оказывает фактор "глубины почвенного слоя".

Для доказательства частных различий между вариантами опыта применения биомелиорантов с учётом фактора – глубины почвенного слоя приведены средние значения рН (табл. 3), а также

рассчитана точная и необходимая разница между вариантами опыта по тесту Тьюки (HSD – Tukey's Honest Significant Difference):

$$HSD = Q \times \sqrt{\frac{MSE}{n}} = 3,8 \times \sqrt{\frac{0,0217}{3}} = 0,365$$

где: Q – теоретическое значение критерия (3,8), соответствующее четырем вариантам опыта и тридцати двум степеням свободы (df=47-15= 32) для пятипроцентного уровня значимости;

MSE – среднеквадратическое отклонение (0,0217) из таблицы дисперсионного анализа; n – повторность опыта (3-х кратная).

Таблица 3 – Средние значения рН водной вытяжки по вариантам опыта и глубине взятия образцов

Глубина (см)	Контроль	Компост	Биопрепарат	Компост + Биопрепарат
0-25	7,89	7,34	6,83	6,45
26-50	7,82	7,48	7,10	6,90
51-75	7,74	7,70	7,62	7,35
76-100	7,14	7,14	7,11	7,00

Таблица 4 – Результаты множественных сравнений кислотности по вариантам опыта и по глубинам почвенного слоя тестом Тьюки

Сравниваемые варианты опыта		Разница средних	HSD	p-значение	Различия
Глубина 0-25 см					
Контроль	Компост	0,550	0,365	<0,05	Есть
Контроль	Биопрепарат	1,060	0,365	<0,05	Есть
Контроль	Компост+ Биопрепарат	1,440	0,365	<0,05	Есть
Компост	Биопрепарат	0,510	0,365	<0,05	Есть
Компост	Компост+ Биопрепарат	0,890	0,365	<0,05	Есть
Биопрепарат	Компост+ Биопрепарат	0,380	0,365	<0,05	Есть
Глубина 26-50 см					
Контроль	Компост	0,337	0,365	>0,05	Нет
Контроль	Биопрепарат	0,717	0,365	<0,05	Есть
Контроль	Компост+Биопрепарат	0,917	0,365	<0,05	Есть
Компост	Биопрепарат	0,380	0,365	<0,05	Есть
Компост	Компост+Биопрепарат	0,580	0,365	<0,05	Есть
Биопрепарат	Компост+Биопрепарат	0,200	0,365	>0,05	Нет
Глубина 51-75 см					
Контроль	Компост	0,040	0,365	>0,05	Нет
Контроль	Биопрепарат	0,120	0,365	>0,05	Нет
Контроль	Компост+Биопрепарат	0,390	0,365	<0,05	Есть
Компост	Биопрепарат	0,080	0,365	>0,05	Нет
Компост	Компост+Биопрепарат	0,350	0,365	>0,05	Нет
Биопрепарат	Компост+Биопрепарат	0,270	0,365	>0,05	Нет
Глубина 76-100 см					
Контроль	Компост	0,000	0,365	>0,05	Нет
Контроль	Биопрепарат	0,033	0,365	>0,05	Нет
Контроль	Компост+Биопрепарат	0,140	0,365	>0,05	Нет
Компост	Биопрепарат	0,033	0,365	>0,05	Нет
Компост	Компост+Биопрепарат	0,140	0,365	>0,05	Нет
Биопрепарат	Компост+Биопрепарат	0,107	0,365	>0,05	Нет

Судя по сравнению средних значений кислотности между вариантами опыта на разной глубине почвы, следует отметить, что достоверно значимые различия ($p < 0,05$) проявляются в корне-обитаемом слое почв до 50 см. При дальнейшем увеличении глубины почвы различия кислотности по вариантам опыта статистически не значимы ($p > 0,05$).

Итак, полученные результаты позволяют оценить динамику изменения кислотности почвы к концу третьего года выращивания люцерны при разных вариантах внесения биомелиорантов. Изменение кислотности по вариантам на разной глубине почвенного слоя наглядно показано на рисунке 4.

Графическая интерпретация результатов дисперсионного анализа позволила описать закономерные изменения кислотности почвы под влиянием различных вариантов внесения биомелиорантов и разной глубины взятия образцов почвы. Рассмотрим закономерности изменения кислотности в зависимости от этих факторов.

1. Контроль (синий столбец): кислотность почвы уменьшается с увеличением глубины. Например, на глубине 0-25 см значение pH составляет около 7,89; на глубине 26-50 см – около 7,82; на глубине 51-75 см – около 7,74; на глубине

76-100 см – около 7,14.

2. Компост (зеленый столбец): кислотность также уменьшается с увеличением глубины, но снижение менее выражено по сравнению с контролем. На глубине 0-25 см значение pH составляет около 7,34; на глубине 26-50 см – около 7,48; на глубине 51-75 см – около 7,70; на глубине 76-100 см – около 7,14.

3. Биопрепарат (красный столбец): кислотность значительно снижается на меньших глубинах, показывая более выраженное влияние по сравнению с контролем и компостом. На глубине 0-25 см значение pH составляет около 6,83; на глубине 26-50 см – около 7,10; на глубине 51-75 см – около 7,62; на глубине 76-100 см – около 7,11.

4. Компост + Биопрепарат (оранжевый столбец): самое значительное снижение кислотности наблюдается при использовании комбинации компоста и биопрепарата. На глубине 0-25 см значение pH составляет около 6,45; на глубине 26-50 см – около 6,90; на глубине 51-75 см – около 7,35; на глубине 76-100 см – около 7,00.

Из представленных данных графического анализа вытекают несколько закономерностей. Контрольные образцы показывают постепенное

снижение pH с увеличением глубины, что свидетельствует о том, что более глубокие слои почвы обычно более кислые. При внесении компоста наблюдается заметное, но менее значительное снижение кислотности по сравнению с контролем, что указывает на стабилизирующее влияние компоста на pH почвы. Биопрепараты оказывают более значительное влияние, особенно на меньших глубинах, что подчеркивает их роль в значительном снижении кислотности почвы. Комбинация ком-

поста и биопрепаратов приводит к наиболее выраженному снижению значений pH, указывая на сильный синергетический эффект, который усиливает способность почвы нейтрализовать кислотность, особенно в верхних слоях.

Эти результаты подчеркивают важность учета как типа обработки почвы, так и глубины отбора проб при оценке кислотности почвы и разработке стратегий управления почвой в условиях аридного климата.

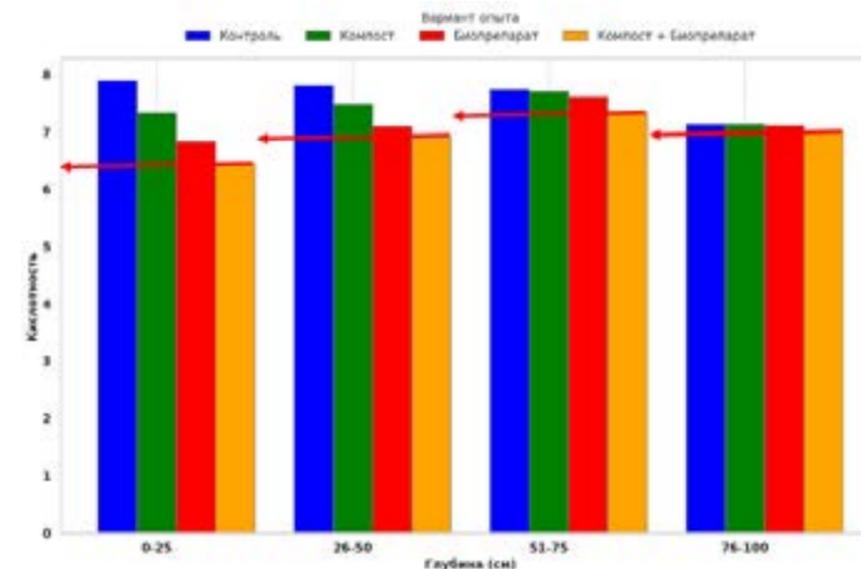


Рис.4 – Диаграмма изменения кислотности почвы по вариантам опыта и глубине взятия образцов почвы
Fig.4 – Diagram of changes in soil acidity by experimental variants and depth of soil sampling

Заключение

1. Применение компоста и биопрепаратов рода *Bacillus* статистически значимо снижает кислотность почвы в условиях аридного климата.

2. Совместное использование компоста и биопрепаратов даёт наибольший эффект, что подтверждает синергетическое действие фитомелиоранта – люцерны и микробиологического препарата, выступающего в качестве биокатализатора.

3. Результаты дисперсионного анализа по F-критерию Фишера и расчёт точной и необходимой разницы между вариантами опыта по тесту Тьюки (HSD – Tukey's Honest Significant Difference) подтверждают статистическую значимость различий по вариантам опыта и глубине почвенного слоя.

4. Полученные данные могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению агротехнических мероприятий в условиях аридного климата.

Список источников

1. Влияние длительного применения и последствия различных систем удобрения на кислотность, содержание и качественный состав органического вещества почвы / К. П. Хайдуков, Л. К. Шевцова, А. А. Коваленко, А. А. Милютин // Плодородие. – 2014. – № 1(76). – С. 30-33.

2. Сабирова, Т. П. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур / Т. П. Сабирова, Р. А. Сабиров // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. – № 3(43). – С. 18-22.

3. Никифорова, Ю. Ю. Влияние компостов на основе производственных отходов на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / Ю. Ю. Никифорова // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 3(112). – С. 70-82.

4. Никулина, В. Н., Андреев, А. И. Изменение кислотности почвы под влиянием различных агротехнических мероприятий. Почвоведение, 2017, № 4, с. 112-119.

5. Титова, В. И. Влияние изменения физико-химических и агрохимических показателей чернозёма в ходе его техногенного нарушения на урожайность горчицы белой и уреазную активность почвы / В. И. Титова, С. С. Шахов, Е. В. Сеньчева // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 14. – С. 6.

6. Литвинович, А. В. Пространственная неоднородность кислотности почв / А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова, В. Ф. Дричко // Агротехнический вестник. – 2006. – № 6. – С. 10-12.

7. Brady, N. C., Weil, R. R. The Nature and Properties of Soils. 15th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, 2016, 1102 p.

8. Sparks, D. L. Environmental Soil Chemistry. 2nd ed. Academic Press, San Diego, 2003, 352 p.

9. Hillel, D. Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life. Academic Press, San Diego, 2008, 319 p.

10. Wild, A. Soils, Land and Food: Managing the Land during the Twenty-First Century. Cambridge University Press, Cambridge, 2003, 363 p.

11. McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J. Soil pH and Organic Matter. Nutrient Management Module No. 8. Montana State University Extension Service, Bozeman, 2009, pp. 1-12.



12. Rengel, Z. Handbook of Soil Acidity. CRC Press, Boca Raton, 2003, 511 p.
rhizosphere pH: a review. Plant and Soil, 2003, vol. 248, no. 1-2, pp. 59-73.
13. Hinsinger, P., et al. Plant-induced changes in the

Вклад авторов:

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

References

1. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya i posledeystviya razlichnykh sistem udobreniya na kislotsnost. sodержaniye i kachestvennyy sostav organicheskogo veshchestva pochvy / K. P. Khaydukov. L. K. Shevtsova. A. A. Kovalenko. A. A. Milyutina // Plodorodiye. – 2014. – № 1(76). – . 30-33.
2. Sabirova. T. P. Vliyaniye biopreparatov na produktivnost selskokhozyaystvennykh kultur / T. P. Sabirova. R. A. Sabirov // Vestnik APK Verkhnevolzhia. – 2018. – № 3(43). – pp. 18-22.
3. Nikiforenko. Yu. Yu. Vliyaniye kompostov na osnove proizvodstvennykh otkhodov na plodorodiye pochvy i produktivnost selskokhozyaystvennykh kultur / Yu. Yu. Nikiforenko // AgroEkolzheneriya. – 2022. – № 3(112). – pp. 70-82.
4. Nikulina. V. N., Andreyev. A. I. Izmeneniye kislotsnosti pochvy pod vliyaniem razlichnykh agrotekhnicheskikh meropriyatiy. Pochvovedeniye. 2017. № 4. pp. 112-119..
5. Titova. V. I. Vliyaniye izmeneniya fiziko-khimicheskikh i agrokhimicheskikh pokazateley chernozema v khode ego tekhnogennogo narusheniya na urozhaynost gorchitsy beloy i ureaznyuyu aktivnost pochvy / V. I. Titova. S. S. Shakhov. E. V. Sencheva // Zhivyye i biokosnyye sistemy. – 2015. – № 14. – p. 6.
6. Litvinovich. A. V. Prostranstvennaya neodnorodnost kislotsnosti pochvy / A. V. Litvinovich. O. Yu. Pavlova. V. F. Drihko // Agrokhimicheskyy vestnik. – 2006. – № 6. – pp. 10-12.
7. Brady, N. C., Weil, R. R. The Nature and Properties of Soils. 15th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, 2016, 1102 p.
8. Sparks, D. L. Environmental Soil Chemistry. 2nd ed. Academic Press, San Diego, 2003, 352 p.
9. Hillel, D. Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life. Academic Press, San Diego, 2008, 319 p.
10. Wild, A. Soils, Land and Food: Managing the Land during the Twenty-First Century. Cambridge University Press, Cambridge, 2003, 363 p.
11. McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J. Soil pH and Organic Matter. Nutrient Management Module No. 8. Montana State University Extension Service, Bozeman, 2009, pp. 1-12.
12. Rengel, Z. Handbook of Soil Acidity. CRC Press, Boca Raton, 2003, 511 p.
13. Hinsinger, P., et al. Plant-induced Changes in the Rhizosphere pH: A Review. Plant and Soil, 2003, vol. 248, no. 1-2, pp. 59-73.

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

Исмаил Хеба, аспирант кафедры землеустройства и лесоводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», heba95syr@gmail.com

Хлюстов Виталий Константинович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры землеустройства и лесоводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», vkhlyustov@rgau-msha.ru

Безбородов Юрий Германович, д-р техн. наук, исполняющий обязанности зав. кафедрой землеустройства и лесоводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», ubezborodov@rhau-msha.ru

Author information

Ismail Heba, Graduate Student of the Department Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, heba95syr@gmail.com

Vitaliy K. Khlyustov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vkhlyustov@rgau-msha.ru

Bezborodov Yuri G., Doctor of Technical Sciences, Acting Head of the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ubezborodov@rhau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 09.08.2024; одобрена после рецензирования 12.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 09.08.2024; approved after reviewing 12.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 3, с. 27-36
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp. 27-36

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.174:631.524.7:631.5
DOI: 10.36508/RSATU.2024.64.72.005

КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР И ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ ТРАВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ УКОСА

Сергей Иванович Капустин¹, Наталья Александровна Багринцева², Аркадий Валерьевич Самойленко³, Наталья Алексеевна Галушко⁴, Андрей Сергеевич Капустин⁵

^{1,2,3,4}Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Ставропольский край, г. Михайловск, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия

¹ hpplus2@bk.ru
² lab.sorgo@fnac.center
³ info@fnac.center
⁴ natasotka@mail.ru
⁵ hpplus@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследования – уточнение содержания питательных компонентов, таких как белки, жиры и клетчатка в сухой массе сорговых культур и однолетних кормовых трав, а также выявление наилучших временных периодов для уборки зеленой массы.

Методология. Были проведены полевые исследования и лабораторные анализы на экспериментальной базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» в городе Михайловске Ставропольского края, РФ. Объектом исследований являлись 30 сортов и гибридов сорговых культур и однолетних кормовых трав, в том числе 4 образца сорго зернового, 8 – сахарного, по 3 образца сорго-суданковых гибридов и суданской травы, 4 сорта однолетних кормовых культур и 8 стерильных линий. Наблюдения за фенологическими и морфологическими изменениями проводились в соответствии с установленными методическими указаниями для выращивания семян высококачественных зерновых культур, согласно рекомендациям государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений и общепринятому классификационному стандарту.

Результаты. В среднем за 2022-2023 гг. наибольшее содержание протеина в сухой массе установлено в первом укосе у стерильных линий Княжна, А-63, Коричневое 11 и А-3529. У сортов сахарного сорго Галия, Тандем и Ставропольское 36 при первом укосе на 30-й день вегетации содержание протеина варьировало в пределах 17,69-18,95 %. У травы суданской и гибридов сорго-суданковых самые высокие значения протеина установлены также при первом скашивании на 30-й день вегетации. У могоара, чумизы и пайзы самое значительное содержание жира (3,58-4,52 %) получено при первом укосе.

Заключение. Самые большие показатели высоты растений у суданской травы (2,32-2,48 м) и сорго-суданковых гибридов (2,15-2,54 м) получены при втором укосе и скашивании на 50-й день после первого укоса. Варианты сахарного сорго имели приведенные показатели высоты растений (1,60-1,80 м) при скашивании на 50-й день вегетации, но при первом укосе. Содержание листьев в кормовой массе сахарного сорго наибольшим было у сорта Ларец (40,87 %), гибридов Ярик (44,33 %) и Алга (37,98 %) при скашивании на 50-й день вегетации.

Ключевые слова: сорго, суданская трава, пайза, чумиза, могоар, сорт, гибрид, протеин, жир, клетчатка, укос, срок скашивания

Для цитирования: Капустин С.И., Багринцева Н.А., Самойленко А.В., Галушко Н.А., Капустин



А.С. Качество зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в зависимости от сроков укоса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 3. С.27-36 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.64.72.005>

Original article

QUALITY OF GREEN MASS SORGUM CROPS AND ANNUAL FORAGE GRASSES DEPENDING ON MOWING TIME

Sergey I. Kapustin¹, Natalia A. Bagrintseva², Arkady V. Samoilenko³, Natalia A. Galushko⁴, Andrey S. Kapustin⁵✉

^{1,2,3,4} North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Stavropol Territory, Mikhailovsk, Russia

⁵North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

¹ hpplus2@bk.ru

² lab.sorgo@fnac.center

³ info@fnac.center

⁴ natasotka@mail.ru

⁵ hpplus@bk.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study was to specify the amount of nutrients - protein, fat, fiber in the dry matter of sorghum crops and annual forage grasses and determine the optimal timing of mowing green mass.

Methodology. The research was carried out using the methods of field and laboratory experiments on the experimental field of the North Caucasus Federal Scientific Center (Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation). The object of research was 30 varieties and hybrids of sorghum crops and annual forage grasses, including 4 samples of grain sorghum, 8 sugar sorghum, 3 samples each of Sudan grass and sorghum-Sudan hybrid, 4 varieties of annual forage crops and 8 sterile lines. Phenological and morphological observations were carried out in accordance with the guidelines for the production of seeds of elite cereal crops, the methodology of the state commission for variety testing of agricultural crops, and a broad unified classifier.

Results. On average for 2022-2023 the highest protein content in dry mass was found in the first cutting of the sterile lines Knyazhna, A-63, Korichnevoe 11 and A-3529. In the sweet sorghum varieties Galia, Tandem and Stavropolskoe 36, at the first cutting on the 30th day of the growing season, the protein content varied between 17.69-18.95%. In Sudan grass and sorghum-Sudan hybrids, the highest protein values were also established during the first mowing on the 30th day of the growing season. The highest fat content (3.58-4.52%) was obtained from mogar, chumiza and paiza, especially on the 40-50th day of the growing season during the first mowing.

Conclusion. For Sudan grass (2.32-2.48 m) and Sorghum-Sudan hybrids (2.15-2.54 m), the highest plant heights were obtained during the second mowing and mowing on the 50th day after the first mowing. Variants of sweet sorghum (1.60-1.80 m) had the given plant height indicators when mowing on the 50th day of the growing season, but at the first mowing. The content of leaves in the forage mass of sweet sorghum was the highest in the Larets variety (40.87%), hybrids Yarik (44.33%) and Alga (37.98%) when mowed on the 50th day of the growing season.

Key words: sorghum, Sudan grass, paiza, chumiza, mogar, variety, hybrid, protein, fat, fiber, mowing, mowing time

For citation: Kapustin S.I., Bagrintseva N.A., Samoilenko A.V., Galushko N.A., Kapustin A.S. Quality of green mass sorghum crops and annual forage grasses depending on mowing time // Herald of Ryzan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. T.16, № 3. Pp.27-36 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.64.72.005>

Введение

Затраты на кормление животных занимают весомую долю в общей структуре издержек на производство продукции животноводства, иногда составляя до 50 % от итоговых расходов [1]. Улучшение качества кормов является одной из важнейших задач в аграрном производстве [2]. Качество кормов оставляет желать лучшего из-за низкого содержания протеина и сухого вещества, а также высокой доли клетчатки и золы [3].

Создание прочной кормовой базы для животноводства в Северо-Кавказском регионе тесно связано с расширением посевных площадей новых засухоустойчивых, высокоурожайных, высокоотавных кормовых культур, обладающих мощной корневой системой, устойчивых к почвенным и атмосферным засухам в засушливые годы – зернового и сахарного сорго, суданской травы, сорго-суданских гибридов, африканского проса, могоара, чумизы и др.

Выбранные виды сорго культивируют для получения зелёного корма, силоса, сена, зерна и для выпаса скота. Эти растения обладают корнями мочковатого типа, которые углубляются в почву. Усвояемость питательных элементов в зелёной массе этих культур достаточно высока: белка – 70 %, жиров – 60 %, безазотистых экстрактивных веществ – 70 %, клетчатки – 66 %. В сене показатели усвояемости составляют: для белка – 60 %, жиров – 45 %, БЭВ – 71 %, клетчатки – 53 % [3]. Задачей наших исследований являлась спецификация показателей качества зелёной массы в воздушно-сухом состоянии новых сортов, гибридов и их родительских форм сорговых культур и однолетних кормовых трав, полученных в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Качественные показатели корма во многом зависят от генетических особенностей различных сортов [4, 5]. Благодаря работам исследователей, таких как Tariq A.S., Akram Z. и других было достигнуто повышение качества зерна за счет применения генетической вариативности [6]. Установлено, что гибриды превосходят свои родительские формы по содержанию сахара, протеина и жира. Белки, в частности, демонстрируют различия между гибридом и его родительскими формами. Протеин играет незаменимую роль в питании, и его нельзя заменить никаким другим питательным веществом. Образование животного протеина зависит от почти 20 различных аминокислот, некоторые из которых являются незаменимыми и должны поступать с кормом.

В органическом составе корма присутствуют такие безазотистые компоненты, как жиры, клетчатка и безазотистые экстрактивные вещества. Сырой жир – вещества, растворяющиеся только в органических растворителях и являющиеся источником энергетического питания. Сырая клетчатка определяет степень переваривания корма.

Различные источники зародышевой плазмы с большой плотностью питательных элементов используются в программах скрещивания для включения этого признака в селекционный процесс по улучшению качества питания [7, 8]. Изменения в процессах окисления и восстановления внутри цитоплазмы пыльцы вызывают колебания уровня крахмала, жиров и аминокислот. Содержание аланина выше в стерильных пыльниках, в то время как пролин присутствует только в фертильных пыльниках. Пыльцевые зерна у стерильных форм также обеднены некоторыми аминокислотами и жирами [9].

Цель исследования – уточнение содержания питательных компонентов, таких как белки, жиры и клетчатка в сухой массе сорговых культур и однолетних кормовых трав, а также выявление наилучших временных периодов для уборки зелёной массы. **Материалы и методы исследования**

Научные работы были осуществлены на полевой и лабораторной базе Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, расположенного в Михайловске Ставропольского края. В данной местности почва представлена

типичным черноземом, отличающимся низким содержанием гумуса, умеренной мощностью и суглинистой структурой с мицеллярно-карбонатным составом. Почва имеет слабощелочную реакцию с уровнем pH между 7,2 и 7,3. Процентное содержание гумуса в верхнем слое колеблется от 4,3 % до 4,5 %, азота – 0,22 %. Уровень подвижного фосфора находится в пределах 19-22 мг/кг, калия – 200-220 мг/кг. Общее количество обменных оснований в почве составляет 35,2 мг-экв./100 г.

Сезоны роста сорго в 2022 и 2023 годах оказались удачными для его развития. В мае и июле 2022 года зафиксирована температура на 2,8° С и 1,6° С ниже обычных многолетних показателей. Июнь и сентябрь того же года отметились избыточными осадками, превышающими средние значения на 30% и 25 %. В 2023 году в летние месяцы было замечено повышение среднедневной температуры, которое в июле составило 0,7° С, в августе – 1,9° С, а в сентябре – 1,6° С. За период с мая по сентябрь общее количество продуктивных осадков составило 366 мм при норме 329 мм.

В течение 2022 и 2023 годов сеяли культуры, используя метод широких рядов с расстоянием между ними в 70 сантиметров, при этом размер участка для учета составлял 37 квадратных метров, предшественник – озимая пшеница по черному пару. Качество зелёной массы (содержание протеина, жира, клетчатки) в воздушно-сухом веществе зелёной массы определяли в аттестованной лаборатории качества зерна ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», с использованием инфракрасного анализатора «Спектран 119 М».

Объектом исследований являлись 30 сортов и гибридов сорговых культур и однолетних кормовых трав, созданных в ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», в том числе 4 образца сорго зернового, 8 – сахарного, по 3 образца гибридов сорго-суданских и травы суданской, 4 сорта однолетних кормовых культур и 8 стерильных линий. Полевые опыты проводили в 2022 и 2023 годах, оценку питательной ценности зелёной массы выполняли в 2023 году. Наблюдения за фенологическими и морфологическими изменениями, ведение учётов, а также измерения объёма и структуры урожая зелёной массы, высоты растений, степени облиственности, заболеваемости, разветвленности, склонности к полеганию и других параметров проводились в соответствии с установленными методиками для выращивания элитных семян зерновых культур [10], согласно процедурам государственной комиссии по тестированию сортов сельскохозяйственных культур [11] и в рамках общепринятого унифицированного классификатора [12], зоотехнического анализа кормов [13]. Скашивание зелёной массы в первом укосе проводили через 30, 40 и 50 дней после появления всходов, во втором укосе также через 30, 40 и 50 дней после первого укоса. В третьем укосе скашивание выполняли через 30 дней после второго укоса. В связи с заморозками во второй половине октября, скашивания через 40 и 50 дней не проводили.



Результаты исследований и их обсуждение
У изучаемых в опыте линий, сортов и гибридов сорговых культур и однолетних кормовых трав определение качественных показателей выполняли в зеленой массе в воздушно-сухом веществе. Согласно данным таблицы 1 содержание влаги при втором укосе (7,06- 9,02 %) за счет биологических особенностей изучаемых вариантов и сильной жары второй половины лета было на 0,87-1,56 % меньше, чем при первом скашивании (7,93-10,58 %). Показатели влажности

воздушно-сухого вещества при третьем укосе (7,89-8,50 %) были на уровне данных первого скашивания. Влажность сена более 10 % получена при первом укосе на 30-й день вегетации у сахарного сорго Силосное 88 (стандарт), Алга, Ларец, Ставропольское 36 и сорго-суданкового гибрида Боярин. Минимальные значения этого признака обеспечивали суданская трава Спутница и созданный с ее участием сорго-суданковый гибрид Гвардеец при втором скашивании зеленой массы.

Таблица 1 – Содержание влаги в воздушно-сухом веществе зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в 2022-2023 гг.,

Название сорта, гибрида	1 укос			2 укос			3 укос
	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день
Зерновое сорго							
Зерста 97, St			8,38			7,63	
Круста			7,94			7,56	
Состав			8,28			7,95	
Аюшка			8,41			8,09	
Стерильные линии							
Княжна		8,63	8,15			7,59	
Зерста 38 А		8,42	7,86			8,02	
Зерста 90 С		8,91	8,36			7,73	
А - 3615		8,74	7,93				
А - 3529		8,63	8,36				
А -1012		8,56	8,34				
А-63	9,10	9,14	8,37	8,77	8,06	8,03	8,16
Коричневозерное С		8,73	8,43				
Сахарное сорго							
Силосное 88	10,53	8,92	8,34	8,87	8,12	8,05	8,20
Алга	10,10	8,79	8,31	8,45	7,98	7,26	7,93
Ларец	10,31	9,01	8,45	8,90	8,19	8,16	8,31
Галия	8,82	8,88	8,21	9,02	7,90	7,21	7,91
Ярик	9,87	8,81	8,38	8,81	8,04	7,67	8,15
Тандем	8,47	8,36	8,25	8,73	7,67	7,69	8,40
Ставропольское 36	10,04	8,75	8,67	8,46	8,11	7,79	8,12
Венста	9,17	8,83	8,26	8,67	7,58	7,69	8,04
Сорго-суданковые гибриды							
Навигатор	9,74	8,75	8,06	8,78	7,79	7,54	8,07
Гвардеец	9,90	8,56	7,94	7,78	7,93	7,06	8,07
Боярин	10,57	8,73	7,99	8,41	7,74	7,87	7,91
Суданская трава							
Землячка	8,80	8,63	8,17	8,56	7,95	7,69	7,89
Спутница	8,46	8,65	8,10	8,85	7,85	7,34	7,89
Яника	8,77	8,65	8,10	8,96	7,71	7,34	7,75
Однолетние кормовые травы							
Стапайз	8,68	8,33	8,03	8,61	8,11	8,15	8,50
Стамога	8,45	8,55	8,33	8,99	7,86	7,71	8,09
Стачуми 3	8,62	8,66	8,18	8,89	7,99	7,92	7,91
Африканское просо	8,93	9,18	8,26	8,80	7,99	8,42	8,10

Корм для животных содержит органические компоненты, в том числе азотистые и не содержащие азота элементы, например, жиры, волокна

и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ). Общее количество азотистых соединений в корме, включая белки и амиды, известно как сырой белок.



Белки, которые являются цепочками аминокислот, связанных пептидными узлами, считаются незаменимыми для питания животных и не могут быть замещены другими питательными элементами. Растения обладают способностью производить белки из соединений, не являющихся белками. Согласно данным, представленным в таблице 2, наибольшее содержание протеина в сухой массе было зафиксировано при первом укосе у стерильных линий Княжна (18,07-22,3 %), А-63 (15,67-

21,58 %), Коричневозерное С (17,11-17,53 %) и А-3529 (16,33-17,02 %). У сортов сахарного сорго Галия, Тандем и Ставропольское 36 при первом скашивании на 30-й день вегетации содержание протеина варьировало в пределах 17,69-18,95 %. У остальных сортов при скашивании на 40-й и 50-й дни вегетации значения протеина снижались до 16,91-14,49 %. Показатели второго и третьего укосов во все сроки уборки были ниже и колебались от 11,37 до 16,68 %.

Таблица 2 – Содержание протеина в воздушно-сухом веществе зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в 2022-2023 гг., %

Название сорта, гибрида	1 укос			2 укос			3 укос
	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день
Зерновое сорго							
Зерста 97, St			18,78			13,91	
Круста			14,41			13,57	
Состав			15,70			12,72	
Аюшка			17,26			14,73	
Стерильные линии							
Княжна	22,31	21,84	18,07	13,38	14,92	13,85	12,69
Зерста 38 А		20,51	15,90			14,41	
Зерста 90 С		18,05	16,11			12,65	
А - 3615		15,48	15,42				
А - 3529		16,33	17,02				
А -1012		16,84	15,82				
А-63	21,58	20,12	15,67	16,91	15,41	16,33	13,46
Коричневозерное С		17,11	17,53				
Сахарное сорго							
Силосное 88	19,72	16,26	15,97	15,91	15,12	14,12	13,99
Алга	16,88	15,17	15,42	12,37	13,29	10,70	12,39
Ларец	18,91	17,64	16,20	16,08	16,38	14,90	16,03
Галия	18,95	17,99	16,58	15,19	15,02	12,02	13,03
Ярик	17,53	15,80	14,49	14,10	14,12	11,37	13,75
Тандем	17,69	16,57	16,94	15,87	13,91	15,48	14,51
Ставропольское 36	18,39	16,91	16,01	16,86	17,17	14,05	15,20
Венста	17,80	16,68	15,02	16,15	13,32	13,69	15,49
Сорго-суданковые гибриды							
Навигатор	17,57	15,10	14,70	16,34	12,77	12,47	13,66
Гвардеец	19,59	16,92	15,13	13,60	12,30	12,87	13,28
Боярин	19,45	14,60	15,13	14,69	14,15	12,91	13,96
Суданская трава							
Землячка	19,22	15,31	15,85	15,66	13,45	11,94	12,74
Спутница	19,22	18,27	14,18	14,22	14,29	11,58	12,38
Яника	20,41	14,77	14,50	14,57	13,59	12,39	13,97
Однолетние кормовые травы							
Стапайз	17,52	14,69	11,51	13,90	11,76	10,28	12,33
Стамога	15,18	13,24	14,54	16,17	12,91	10,20	12,01
Стачуми 3	13,70	12,66	13,40	17,15	13,53	16,65	12,57
Африканское просо	19,05	13,26	13,76	14,64	13,39	8,42	13,86

При анализе сортов гибридов сорго-суданковых и травы суданской самые высокие значения протеина установлены также при первом скажива-

нии на 30-й день вегетации у сортов Ярик, Спутница и Землячка (19,22- 20,41 %). У сорго-суданковых гибридов Гвардеец и Боярин аналогичные



показатели имели значения 19,48-19,59 %. Уборка зеленой массы на 30-й день вегетации во втором и третьем укосах снижала наличие протеина до 11,94 % у Землячки и 16,34 % у Навигатора.

У зернового сорго в первом укосе на 30-й день вегетации содержание протеина самым высоким установлено у стандарта Зерста 97 (18,78 %) и Аюшка (17,26 %). Среди изучаемых однолетних кормовых растений определенной закономерности в зависимости от сроков скашивания не установлено. Самое высокое наличие протеина получено у растений африканского проса (12,42-19,05 %), а наименьшее – у пайзы (10,28-17,52 %).

Жир входит в состав протоплазмы клеток, является источником энергетического питания и носителем витаминов. У сортов и гибридов Ставропольской селекции максимальное содержание жира в воздушно-сухой массе сахарного сорго получено у гибридов Алга (3,45-3,80 %), Ярик (3,37-

3,95 %), сорта Галия (3,52-4,16 %) при первом укосе (табл. 3). Существенных различий между сроками уборки на 30-й, 40-й и 50-й день после всходов не установлено. При втором и третьем укосах наблюдалась тенденция снижения содержания жира в сравнении с первым укосом. В сухой массе травы суданской и гибридах сорго-суданковых закономерностей между сроками укосов также не установлено. У однолетних кормовых трав получено более высокое содержание жира в массе (3,58-4,5 %). Самым значительным оно было у пайзы, могоара и чумизы, особенно на 40-й-50-й дни вегетации, при первом укосе и на 30-й-50-й дни после первого укоса. В сухой массе стерильных линий Княжна, Зерста 38 А, А-3615 и А-63 содержание жира было максимальным и варьировало в пределах 3,70-4,30 % при первом укосе и уборке на 40-й-50-й дни вегетации.

Таблица 3 – Содержание жира в воздушно-сухом веществе зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в 2022-2023 гг., %

Название сорта, гибрида	1 укос			2 укос			3 укос
	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день
Зерновое сорго							
Зерста 97, St			3,55			3,23	
Круста			3,45			3,09	
Состав			4,12			3,07	
Аюшка			3,65			3,77	
Стерильные линии							
Княжна	3,86	3,70	3,89	3,65	3,44	3,14	2,88
Зерста 38 А		4,30	3,46			3,88	
Зерста 90 С		3,67	3,64			3,37	
А - 3615		3,71	3,68				
А - 3529		3,68	3,65				
А -1012		3,71	3,40				
А-63	3,87	3,72	3,63	3,86	3,78	3,08	3,27
Коричневозерное С		3,66	3,59				
Сахарное сорго							
Силосное 88	3,89	3,60	3,47	3,44	3,21	3,11	3,46
Алга	3,45	3,80	3,72	3,57	3,59	2,87	3,17
Ларец	3,78	3,48	3,95	3,56	3,71	3,36	3,05
Галия	3,77	4,16	3,52	3,82	3,50	3,09	3,02
Ярик	3,37	3,95	3,71	4,16	3,79	3,18	3,62
Тандем	3,24	3,82	3,61	3,68	3,25	3,31	3,47
Ставропольское 36	3,31	3,66	3,79	3,37	3,37	3,20	3,14
Венста	3,22	3,72	3,60	3,96	3,54	3,65	3,55
Сорго-суданковые гибриды							
Навигатор	3,46	3,59	3,53	3,18	3,55	3,48	3,17
Гвардеец	3,76	3,94	3,59	3,44	3,39	3,34	3,48
Боярин	3,82	3,50	3,36	3,60	3,36	3,49	3,26
Суданская трава							
Землячка	3,73	3,52	3,80	3,96	3,88	3,78	3,36
Спутница	3,56	3,82	3,82	3,68	3,88	3,32	3,75
Яника	3,82	3,46	3,65	3,81	4,04	3,55	3,85



Продолжение таблицы 3

Однолетние кормовые травы							
Стапайз	3,88	4,18	3,91	4,24	4,34	3,51	4,64
Стамога	3,66	3,76	4,26	4,27	3,84	4,23	3,62
Стачуми 3	3,58	3,95	4,06	4,52	3,95	4,17	3,44
Африканское просо	3,54	3,27	3,72	3,14	3,36	3,78	3,28

Сырая клетчатка определяет степень переваривания корма. Полезность клетчатки, содержащейся в корме, определяется различными факторами, такими как уровень целлюлозы, уровень лигнификации и этап роста растения. Растения на ранних стадиях роста имеют более высокое содержание целлюлозы в клеточных стенках, что способствует их более высокой питательной ценности. Согласно данным таблицы 4 при втором укосе наблюдается увеличение содержания клетчатки (0,46-2,78 %) в сравнении с первым укосом. Установлено повышение количества клетчатки на 0,51-0,78 % при скашивании на 50-й день от-растания растений в сравнении со скашиванием на 30-й день.

Таблица 4 – Содержание клетчатки в воздушно-сухом веществе зеленой массы сорговых культур и однолетних кормовых трав в 2022-2023 гг., %

Название сорта, гибрида	1 укос			2 укос			3 укос
	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день	40-й день	50-й день	30-й день
Зерновое сорго							
Зерста 97, St			14,43			13,82	
Круста			15,56			13,37	
Состав			14,78			12,61	
Аюшка			14,61			15,35	
Стерильные линии							
Княжна	13,13	12,97	15,13	15,68	15,18	14,13	13,83
Зерста 38 А		14,97	14,44			13,16	
Зерста 90 С		13,66	14,38			14,80	
А - 3615		14,57	14,42			14,51	
А - 3529		14,19	14,64			14,65	
А -1012		13,83	14,83			14,26	
А-63	14,08	13,33	14,43	14,08	14,94	13,90	13,81
Коричневозерное С		13,83	14,65	14,35		14,57	
Сахарное сорго							
Силосное 88	13,82	13,16	14,87	14,32	13,98	14,61	14,93
Алга	13,26	14,04	14,83	15,08	15,42	14,66	14,51
Ларец	14,36	12,76	16,06	15,05	14,56	15,16	14,82
Галия	13,98	14,82	15,28	15,43	16,51	15,26	14,08
Ярик	14,00	14,60	14,68	14,79	14,48	14,32	14,60
Тандем	12,20	14,21	14,61	14,98	15,38	15,38	14,51
Ставропольское 36	12,62	14,71	14,83	15,22	13,89	15,90	13,92
Венста	13,89	14,40	16,10	15,21	15,62	15,22	14,79
Сорго-суданковые гибриды							
Навигатор	14,02	14,68	15,88	14,30	15,79	16,85	14,89
Гвардеец	14,97	15,57	15,91	14,45	15,05	16,15	14,35
Боярин	13,91	14,15	15,85	14,99	14,71	16,48	14,78
Суданская трава							
Землячка	14,10	14,68	15,62	15,73	16,41	16,17	14,88
Спутница	13,57	14,30	16,20	15,91	16,41	15,23	15,37
Яника	13,66	14,88	15,59	14,61	16,08	16,26	16,64
Однолетние кормовые травы							
Стапайз	14,96	15,82	14,68	14,96	13,65	13,38	12,19
Стамога	12,52	14,27	15,50	14,74	15,08	13,32	14,27
Стачуми 3	14,20	14,33	14,72	15,47	14,38	12,82	13,62
Африканское просо	14,12	14,33	16,64	16,09	14,56	10,90	15,52



Самые значительные показатели содержания целлюлозы (16,5-16,85 %) получены у сорго-суданковых гибридов и сортов суданской травы. У сахарного сорго они на 0,31-1,45 % меньше, особенно при втором укосе и уборке на 50-й день после первого скашивания. Среди стерильных линий определенной закономерности в содержании клетчатки не установлено.

В таблице 5 представлены результаты морфологических измерений сорговых культур и однолетних кормовых трав, которые выполняли в период проведения 7 скашиваний зеленой массы, осуществляли анализ собранного снопа для определения веса 1 растения. Был произведен расчет облиственности собранной массы растений.

Таблица 5 – Высота растений в период вегетации на зеленую массу сорговых культур и однолетних кормовых трав в 2022-2023 гг., м

Название сорта, гибрида	Высота растений, м						Вес 1 растения, кг	Облиственность, %
	1 укос		2 укос		3 укос	при созревании		
	30-й день	50-й день	30-й день	50-й день				
Зерновое сорго								
Зерста 97, St		1,32		1,17		1,50	0,070	29,11
Круста		1,29		1,23		1,41	0,030	26,36
Состав		1,20		1,10		1,37	0,038	34,19
Аюшка		1,13		1,11		1,36	0,070	28,89
Стерильные линии								
Княжна	0,95	1,53	1,35	1,33	1,03	1,74	0,119	23,5
Зерста 38 А		1,17		1,22		1,26	0,090	30,42
Зерста 90 С	0,98	1,55		1,36		1,79	0,034	36,63
А - 3615		1,09		1,07		1,38	0,09	34,01
А - 3529		1,10		1,05		1,32	0,08	35,14
А -1012		1,15		-		1,41	0,085	30,04
А-63	0,78	0,96	1,10	1,15	0,95	1,37	0,091	35,66
Коричневозерное С		1,13		-		1,43	0,087	28,13
Сахарное сорго								
Силосное 88	1,05	1,74	1,28	1,83	1,25	2,45	0,084	33,41
Алга	1,11	1,60	1,36	1,31	1,29	2,8	0,091	37,98
Ларец	0,98	1,70	1,42	1,35	1,17	2,38	0,064	40,87
Галия	0,85	1,79	1,19	1,80	1,27	2,58	0,102	26,42
Ярик	0,89	1,74	1,15	1,35	1,11	3,04	0,119	44,33
Тандем	0,83	1,35	1,19	1,55	1,07	2,16	0,077	30,11
Ставропольское 36	0,82	1,80	1,68	1,45	1,16	2,34	0,061	27,41
Венста	0,88	1,64	1,10	1,32	1,12	2,19	0,120	37,01
Сорго-суданковые гибриды								
Навигатор	1,43	2,18	1,64	2,54	1,68	2,79	0,129	25,82
Гвардеец	1,28	2,23	1,73	2,37	1,44	2,91	0,136	24,07
Боярин	1,27	1,94	2,10	2,15	1,72	2,66	0,108	28,19
Суданская трава								
Землячка	1,61	2,00	2,07	2,18	1,83	2,96	0,066	23,87
Спутница	1,43	1,97	2,07	2,48	1,47	2,78	0,050	28,25
Яника	1,51	2,25	1,92	2,32	2,05	2,83	0,101	23,45
Однолетние кормовые травы								
Стапайз	0,68	0,79	0,72	0,69	-	0,89	0,006	42,49
Стамога	0,69	1,09	0,79	0,89	0,87	1,21	0,011	46,07

Гибриды позднеспелого сорго сахарного Ярик и среднепозднего Алга демонстрировали наибольшую высоту растений в период созревания семян. Ярик достигал высоты 3,04 м, а Алга – 2,80 м. Эти значения превышали высоту стандарта Силосное 88 на 0,59 м и 0,35 м соответственно.

Высокорослыми в этот период оказались сорго-суданковые гибриды Гвардеец (2,91 м), Навигатор (2,79 м), а также суданская трава Землячка (2,96 м), Яника (2,89 м) и Спутница (2,78 м). Растения африканского проса достигли высоты 2,05 м. Среди стерильных линий большие значения этого признака получены у форм Княжна (1,74 м) и Зерста 90 С (1,79 м).



Продолжение таблицы 2

Стачуми 3	0,72	1,22	0,93	0,87	0,83	1,30	0,008	50,20
Африканское просо	1,22	1,72	1,97	1,84	1,57	2,05	0,075	27,06
НСР ₀₅ для: стерильных линий		0,06		0,05		0,07	0,042	1,59
сахарного сорго		0,08		0,07		0,12	0,044	2,81
ССГ		0,11		0,12		0,14	0,063	1,30
суданской травы		0,10		0,12		0,14	0,036	1,26

Высота и вес одного растения в период скашивания определяют уровень урожайности зеленой воздушно-сухой массы. Вес одного растения определяли при первом укосе на 50-й день вегетации. У сортов суданской травы (2,32-2,48 м) и сорго-суданковых гибридов (2,15-2,54 м) самые большие показатели высоты растений получены при втором укосе и скашивании на 50-й день после первого укоса. Варианты зернового (1,13-1,32 м) и сахарного сорго (1,60-1,80 м) имели эти показатели высоты растений при скашивании на 50-й день вегетации, но при первом укосе. В этот период мы и определяли их облиственность.

Содержание листьев в зеленой и сухой массе – важнейший показатель качества корма. У образцов зернового сорго содержание листьев в зеленой массе наибольшим было у сорта Состав (34,19 %), у сахарного сорго Ларец (40,87 %), Ярик (44,33 %), Алга (37,98 %) при скашивании на 50-й день вегетации. Суданская трава в этот период имела облиственность 28,25 % у сорта Спутница и 23,87 % у сорта Землячка. Сорго-суданковые гибриды Навигатор, Боярин и Гвардеец имели 24,07-28,19 % листьев в кормовой массе. У пайзы, могара и чумизы на 50-й день вегетации облиственность массы варьировала в пределах 42,49-50,20 %.

Заключение

В среднем за 2022-2023 годы при втором укосе массовая доля влаги в массе имела на 1,87-1,56 % меньшие показатели, чем при первом скашивании.

Наибольшее содержание протеина в сухой массе установлено у гибридов сорго-суданковых, травы суданской и сорго сахарного при первом скашивании на 30-й день вегетации. При втором укосе увеличивается содержание клетчатки (0,46-2,78 %) в сравнении с первым укосом. Установлено повышение количества клетчатки на 0,51-0,78 % при скашивании на 50-й день отрастания растений в сравнении с 30 днями.

Самые большие показатели высоты растений у суданской травы (2,32-2,48 м) и сорго-суданковых гибридов (2,15-2,54 м) получены при втором укосе и скашивании на 50-й день после первого укоса.

Содержание листьев в кормовой массе сахарного сорго наибольшим было у сорта Ларец (40,87 %), гибридов Ярик (44,33 %) и Алга (37,98 %) при скашивании на 50-й день вегетации.

Список источников

- Капустин С.И., Володин А.Б., Кравцов В.В., Капустин А.С. Могар – ценная кормовая культура // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4 (16). С. 42-49. <https://doi.org/10.25637/TVAN2018.04.04>
- Капустин С.И., Володин А.Б. Возделывание сор-

го и однолетних кормовых культур в засушливых условиях Юга России. Ставрополь: Сервис-школа, 2022. 103 с.

3. Медведев П.Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения Европейской части СССР. Ленинград: Колос, 1981, 336 с.

4. Response of Sweet Sorghum Genotypes for Biomass, Grain Yield and Ethanol Production under Different Fertility Levels in Rainfed Conditions / J.S. Mishra, N.S. Thakur, P. Sujathamma et al. // Sugar Tech. 2015. Vol. 17. P. 204-209. <https://doi.org/10.1007/s12355-014-0315-4>

5. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum / S.M. Impa, R. Perumal, S.R. Bean et al. // Journal of Cereal Science. 2019. Vol. 86. P. 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.013>

6. Heterosis and combining ability evaluation for quality traits in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) / A.S. Tariq, Z. Akram, G. Shabbir et al. // Journal of Breeding and Genetics. 2014. Vol. 46(2). P. 174-182.

7. Application of plant breeding and genomics for improved sorghum and pearl millet grain nutritional quality / A.K. Are, R.K. Srivastava, G. Mahalingam et al. // Sorghum and Millets. 2018. Vol. 2. P. 51-68. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00003-4>

8. Кибальник О.П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35-1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21(6). С. 651-656. <https://doi.org/10.18699/vj17.282>

9. Капустин С.И., Капустин А.С. Характеристика родительских форм и схема селекции новых гибридов сахарного сорго // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 51-55. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-51-55>

10. Гуляев Г.В., Никитченко Г.Ф., Страна И.Г. Методические указания по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур. М.: Колос, 1982. 28 с.

11. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР, 1985. 267 с.

12. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench / Е.С. Якушевский, С.Г. Варадинов, В.А. Корнейчук и др. Л.: ВИР, 1982. 34 с.

13. Зоотехнический анализ кормов / Л.Н. Дулепинских, Л.В. Сычева, О.Ю. Юнусова, А.Н. Попов. Пермь: Прокрость, 2002. 91 с. URL: <https://www.elibrary.ru/sfsmgij>



Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kravcov V.V., Kapustin A.S. Mogar – cennaya kormovaya kul'tura // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 4 (16). S. 42-49. <https://doi.org/10.25637/TVAN2018.04.04>
2. Kapustin S.I., Volodin A.B. Vozdelyvanie sorgo i odnoletnih kormovyh kul'tur v zasushlivykh usloviyah Yuga Rossii. Stavropol': Servis-shkola, 2022. 103 s.
3. Medvedev P.F., Smetannikova A.I. Kormovye rasteniya Evropejskoj chasti SSSR. Leningrad: Kolos, 1981, 336 s.
4. Response of Sweet Sorghum Genotypes for Biomass, Grain Yield and Ethanol Production under Different Fertility Levels in Rainfed Conditions / J.S. Mishra, N.S. Thakur, P. Sujathamma et al. // Sugar Tech. 2015. Vol. 17. P. 204-209. <https://doi.org/10.1007/s12355-014-0315-4>
5. Water deficit and heat stress induced alterations in grain physico-chemical characteristics and micronutrient composition in field grown grain sorghum / S.M. Impa, R. Perumal, S.R. Bean et al. // Journal of Cereal Science. 2019. Vol. 86. P. 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.013>
6. Heterosis and combining ability evaluation for quality traits in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) / A.S. Tariq, Z. Akram, G. Shabbir et al. // Journal of Breeding and Genetics. 2014. Vol. 46(2). P. 174-182.
7. Application of plant breeding and genomics for improved sorghum and pearl millet grain nutritional quality / A.K. Are, R.K. Srivastava, G. Mahalingam et al. // Sorghum and Millets. 2018. Vol. 2. P. 51-68. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00003-4>
8. Kibal'nik O.P. Kombinacionnaya sposobnost' CMS-linij zernovogo sorgo na osnove A1, A2, A3, A4, 9E i M-35-1A tipov citoplazmatischej mužskoj steril'nosti // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21(6). S. 651-656. <https://doi.org/10.18699/vj17.282>
9. Kapustin S.I., Kapustin A.S. Harakteristika roditel'skih form i skhema selekcii novyh gibridov sahnogo sorgo // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 4 (102). S. 51-55. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-102-4-51-55>
10. Gulyaev G.V., Nikitchenko G.F., Strona I.G. Metodicheskie ukazaniya po proizvodstvu semyan elity zernovyh, zernobobovyh i krupyanyh kul'tur. M.: Kolos, 1982. 28 s.
11. Fedin M.A. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M.: MSH SSSR, 1985. 267 s.
12. Shirokij unificirovannyj klassifikator SEV i mezhdunarodnyj klassifikator SEV vozdeleyvaemyh vidov roda Sorghum Moench / E.S. Yakushevskij, S.G. Varadinov, V.A. Kornejchuk i dr. L.: VIR, 1982. 34 s.
13. Zootehnicheskij analiz kormov / L.N. Dulepinskih, L.V. Sycheva, O.Yu. Yunusova, A.N. Popov. Perm': Prokrost', 2002. 91 s. URL: <https://www.elibrary.ru/sfsmgj>.

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

Капустин Сергей Иванович, канд. с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, hpplus2@bk.ru

Багринцева Наталья Александровна, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства сорго, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, lab.sorgo@fnac.center

Самойленко Аркадий Валерьевич, аспирант лаборатории селекции и первичного семеноводства сорго, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, info@fnac.center

Галушко Наталья Алексеевна, канд. биол. наук, вед. научный сотрудник лаборатории качества зерна, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, natasotka@mail.ru

Капустин Андрей Сергеевич, канд. с.-х. наук, зав. отделом публикационной аналитики, доцент кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», hpplus@bk.ru

Author information

Kapustin Sergey I., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Laboratory of Selection and Primary Seed Sorghum Breeding, North Caucasus Federal Agricultural Research Center, hpplus2@bk.ru

Bagrintseva Natalia A., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Sorghum Breeding, North Caucasus Federal Agricultural Research Center, lab.sorgo@fnac.center

Samoilenko Arkady V., Graduate Student of the Laboratory of Selection and Primary Seed Production of Sorghum, North Caucasus Federal Agricultural Research Center, info@fnac.center

Galushko Natalia A., Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Grain Quality Laboratory, North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, natasotka@mail.ru

Kapustin Andrey S., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Publication Analytics, Associate Professor of the Department of Botany, Physiology and Biochemistry of Plants, North Caucasus Federal University, hpplus@bk.ru

Статья поступила в редакцию 26.06.2024; одобрена после рецензирования 21.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 26.06.2024; approved after reviewing 21.08.2024; accepted for publication 20.09.2024



Вестник РГАТУ, 2024, т.16., № 3, с.37-43

Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp.37-43

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 636.5:636.084:636.086

DOI: 10.36508/RSATU.2024.23.66.006

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЯИЧНЫХ ЦЫПЛЯТ

Мария Салиховна Мансурова¹, **Елена Юрьевна Залюбовская²**,
Марина Евгеньевна Остякова³

^{1,2,3} ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», Амурская область, г.Благовещенск, Россия

¹ dalznivilabbiohim@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Ключевым аспектом развития яичного птицеводства является здоровый молодняк. несоответствие условий кормления физиологическим потребностям молодого организма может привести к снижению иммунитета и сбоям в функционировании систем организма, что отрицательно влияет на продуктивность. Это подчеркивает необходимость разработки кормовых добавок, в том числе из сырья растительного происхождения. Цель исследования – оценить влияние добавки на биохимические показатели крови яичных цыплят кросса «Декалб Уайт».

Методология. Исследования выполнялись на яичных цыплятах кросса «Декалб Уайт» в лабораторных условиях на базе ФГБНУ ДальЗНИВИ, Амурской области, г. Благовещенск. Сформировано 2 группы: контрольная – основной рацион ПК 3-29, опытная – добавка из шиповника 4 % от массы комбикорма. У молодняка изучали биохимический состав сыворотки крови, характеризующий белковый обмен (общий белок и его фракции, креатинин), липидно-углеводный обмен (холестерин, триглицериды, глюкоза), минеральный обмен (кальций, неорганический фосфор, магний) и функциональное состояние печени (билирубин, аспартатамиотрансфераза, аланинаминотрансфераза, щелочная фосфатаза).

Результаты. На начальном этапе эксперимента у цыплят контрольной и опытной групп были выявлены отклонения в показателях крови от нормальных значений. Так, регистрировали превышение количества общего белка и альбуминов на 5,1 % и 10,2 % и на 36,5 % и 41,0 % при сниженной концентрации α-глобулинов на 16,4 % и 23,8 %, β-глобулинов на 21,8 % и 31,3 % с увеличением процента γ-глобулинов на 7,3 % и 10,7 %. Отмечали гипогликемию на 17,4 % и 19,7 %. Уровень холестерина был выше нормы на 39,5 % и 63,2 %. Концентрация билирубина превышала норму на 26,3 %. Активность АЛТ была выше нормы на 39,5 % и 63,2 %, уровень активности АСТ – не достигал её значений на 7,8 % и 8,5 %, активность щелочной фосфатазы снижена на 13,4 % и 29,9 %. Количество P превышало норму в контроле на 20,8 %, в опытной группе на 12,5 %. В конце эксперимента в отношении контроля у птицы опытной группы отмечено повышение щелочной фосфатазы на 36,1 %, количества фосфора на 35,3 % концентрации общего белка на 22,2 %, β-глобулинов на 28,4 %, а также снижение АСТ на 11,1 %, АЛТ на 8,6 %, холестерина на 17,5 %.

Заключение. Введение в рацион яичных цыплят растительной добавки на основе шиповника не повлияло отрицательно на организм птицы. При этом установлено, что добавка положительно влияет на обмен веществ птицы, включая липиды, углеводы, минералы и белки.

Ключевые слова: цыплята, кормовая добавка, шиповник, обмен веществ, биохимические исследования, кровь

Для цитирования: Мансурова М.С., Залюбовская Е.Ю., Остякова М.Е. Влияние растительной добавки на биохимические показатели крови яичных цыплят // Вестник Рязанского государственного

Original article

THE EFFECT OF A HERBAL SUPPLEMENT ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF THE BLOOD OF EGG CHICKENS

Maria S. Mansurova¹, Elena Yu. Zalyubovskaya², Marina E. Ostyakova³^{1,2,3} Far-Eastern Research Veterinary Institute, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹dalznivilabbiohim@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. A key aspect of the development of egg poultry farming is healthy young. The discrepancy between the feeding conditions and the physiological needs of a young organism can lead to a decrease in immunity and malfunctions in the functioning of body systems, which negatively affects productivity. This highlights the need to develop feed additives, including from raw materials of plant origin. The aim of the study was to evaluate the effect of a plant-based supplement on the biochemical blood parameters of Dekalb White egg cross chickens.

Methodology. The studies were performed on egg chickens of the Dekalb White cross in laboratory conditions on the basis of the Federal State Budgetary Educational Institution Dalznivi, Amur region, Blagoveshchensk. 2 groups were formed: the control group – the main diet of PCS 3-29, the experimental group – an additive from rosehip 4 % of the weight of compound feed. The biochemical composition of blood serum was studied in young animals, characterizing protein metabolism (total protein and its fractions, creatinine), lipid-carbohydrate metabolism (cholesterol, triglycerides, glucose), mineral metabolism (calcium, inorganic phosphorus, magnesium) and the functional state of the liver (bilirubin, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase).

Results. At the initial stage of the experiment, deviations in blood parameters from normal values were detected in chickens of the control and experimental groups. Thus, an excess of the norm in the amount of total protein and albumins was recorded by 5.1% and 10.2% and by 36.5 % and 41.0 % with a reduced concentration of α -globulins by 16.4 % and 23.8 %, β -globulins by 21.8 % and 31.3 % with an increase in the percentage of γ -globulins by 7.3 and 10.7 %. Hypoglycemia was observed at 17.4 % and 19.7 %. The cholesterol level was higher than normal by 39.5 % and 63.2 %. The concentration of bilirubin exceeded the norm by 26.3 %. ALT activity was higher than normal by 39.5 % and 63.2 %, the level of AST activity did not reach its values by 7.8 % and 8.5 %, the activity of alkaline phosphatase was reduced by 13.4 % and 29.9%. The amount of P exceeded the norm in the control by 20.8 %, in the experimental group by 12.5 %. At the end of the experiment, an increase in alkaline phosphatase by 36.1 %, the amount of phosphorus by 35.3 %, the concentration of total protein by 22.2 %, β -globulins by 28.4 %, as well as a decrease in AST by 11.1 %, ALT by 8.6 %, and cholesterol by 17.5 % was noted in the control group of poultry.

Conclusion. The introduction of rosehip youngsters into the diet did not adversely affect the bird's body. At the same time, it was found that the supplement has a positive effect on poultry metabolism, including lipids, carbohydrates, minerals and proteins.

Key words: chickens, feed additive, rosehip, metabolism, biochemical studies, blood

For citation: Mansurova M.S., Zalyubovskaya E.Yu., Ostyakova M.E. The effect of a herbal supplement on the biochemical parameters of the blood of egg chickens // Herald of Ryazan State Agrarian University Named after P.A. Kostychev. 2024. Т16, № 3. С. 37-43 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.23.66.006>

Введение

Птицеводство – наиболее перспективная отрасль животноводства с возможностью получения высококачественной продукции в кратчайшие сроки. Основопологающим фактором в развитии этой сферы является здоровый молодняк, у которого при несоответствии условий кормления физиологическим возможностям молодого организма наблюдаются снижение иммунитета, нарушение функционирования систем организма, что негативно отражается на продуктивности [1,2,3,10]. В производстве яйца на этапе разработки рационов для птицы разных технологических групп пред-

усматривается применение кормовых добавок, направленных на рациональность кормления, предупреждение метаболических нарушений. Различного рода добавки к корму используют также для коррекции уже возникшего дисбаланса со стороны обмена веществ.

Востребованность применения кормовых добавок в птицеводстве яичного направления подразумевает изыскание новых рецептур добавок к корму с использованием безопасного и более бюджетного сырья. Большой интерес вызывает сырье растительного происхождения, которое при правильном сочетании и дозировании благоприят-

но сказывается на организме птицы за счет оптимизации обменных процессов, своих антимикробных, антиоксидантных, противовоспалительных и др. свойств. Поиск новых рецептур, направленных на поддержание или коррекцию физиологического статуса кур, в том числе молодняка, невозможно без изучения метаболического профиля крови [6].

Цель исследования заключалась в оценке влияния добавки растительного происхождения на биохимические показатели крови цыплят яичного кросса «Декалб Уайт».

Материалы и методы исследования

Объектом для изучения влияния растительной добавки на биохимические показатели были клинически здоровые цыплята в возрасте шести недель (кросс «Декалб Уайт»). Отбор цыплят осу-

ществляли методом случайной выборки с учетом их половозрастной принадлежности, распределяли в две группы: контрольная и опытная (по 10 голов в каждой). Птицу содержали напольным методом в лабораторных условиях на базе ФГБНУ ДальЗНИВИ. Продолжительность эксперимента – 50 дней. На протяжении 15 дней молодняк получал основной рацион (ОР). Затем цыплятам в контроле продолжали скармливать ОР (табл. 1). Молодняк опытной группы дополнительно к ОР получал добавку из плодов шиповника, измельченных в гомогенизаторе вместе с косточками до состояния порошка. На протяжении опыта все группы имели свободный доступ к ракушке и чистой водопроводной воде.

Таблица 1 – Схема опыта (n=10)

Возраст птицы	Группы	
	контрольная	опытная
45-60	Основной рацион (ОР) ПК 3-29	
61-110	ПК 3-29 (ОР)	ОР + 4 % добавки от массы комбикорма

Материалом исследований служила сыворотка крови цыплят. Взятие крови осуществляли из сердца в начале и конце опыта. Были изучены белковый обмен (общий белок и его фракции, креатинин), липидно-углеводный обмен (холестерин, триглицериды, глюкоза), минеральный обмен (кальций, неорганический фосфор, магний) и функциональное состояние печени (билирубин, аспартатами-нотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), щелочная фосфатаза (ЩФ)). Для проведения биохимических анализов использовались реагенты ВИТАЛ на анализаторах «StatFax» 3300 и 1904-R». Общий белок был определен с использованием рефрактометра РЛ-2, а белковые фракции – турбидиметрическим методом на анализаторе «StatFax 1904-R» [8]. Полученные данные биохимического исследования сыворотки крови сравнивали с общепринятыми значениями показателей для яичных кур [4,7,9]. Результаты статистически обрабатывались в Microsoft Excel с использованием критерия Стьюдента (t), считая результаты достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ биохимических показателей крови – один из методов объективной оценки физиологи-

ческого статуса птицы, а также уровня обменных процессов.

Белки – важная составляющая часть крови, на их количество и соотношение его фракций в первую очередь оказывают влияние условия кормления (рис. 1). В результате наших исследований была выявлена диспротеинемия, которая нередко регистрируется при белковом перекарме и вирусной нагрузке вследствие вакцинации. Так, в начале опыта у цыплят всех групп отмечали повышенные значения протеинов на 5,1 % и 10,2 % (норма 43,0-59,0), альбуминовой фракции на 36,5 % и 41,0 % относительно нормативных показателей (31,4-35,1), при сниженном количестве почти всех групп глобулинов. Процент α - и β -глобулинов выходил за нижнюю границу нормы на 16,4 % (22,5-24,0) и 21,8 % (норма 14,7-16,3) у молодняка в контроле и на 23,8% и 31,3 % соответственно – в опыте, при одновременном повышении значения γ -глобулинов у контрольной птицы на 7,3 % и на 10,7 % (норма 20,1-20,6) у опытной птицы. Содержание креатинина в сыворотке крови в группах цыплят находилось на верхней границе нормы (14,0-40,0).

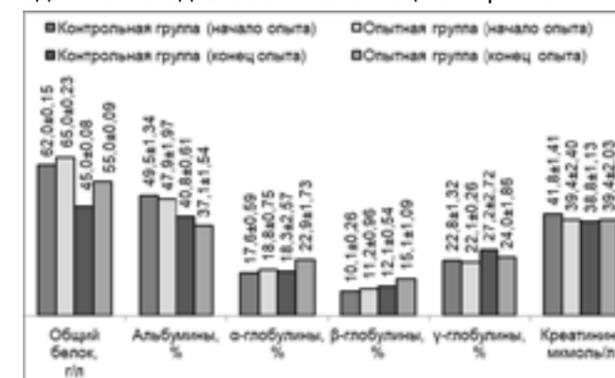


Рис. 1 – Белковый профиль яичных цыплят в начале и конце опыта (M±m, n=10)
Fig. 1 – Protein profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment (M±m, n=10)

По завершении исследований по концентрации общего белка опытная группа имела превосходство над показателем контроля на уровне 22,3 % ($p < 0,001$), который находился у нижней границы референтного предела. Повышенный процент альбуминовой фракции был характерен для всех цыплят, но у птиц опытной группы этот показатель был достоверно ниже на 9,1 % ($p < 0,05$). Процент α - и β -глобулинов у молодняка опытной группы имел нормативные значения, тогда как в группе с контрольными цыплятами аналогичные показатели отклонялись от нормы в сторону снижения на 17,7-18,7%, при этом регистрировали достоверно более высокий уровень β -глобулиновой фракции на 24,8 % при $p < 0,05$ у молодняка, получавшего растительную добавку. Также отмечали повышенные значения γ -глобулинов на 16,5-32,0 % во всех экспериментальных группах, которые были

наименьшими у птицы опытной группы на 11,8 %. Нормативные значения креатинина были характерны для молодок обеих групп.

Для оценки липидно-углеводного обмена у отобранных цыплят в начале опыта и по его завершению были исследованы такие показатели, как холестерин, триглицериды и глюкоза (рис. 2). На начальном этапе исследований количество холестерина в крови значительно превышало нормативный уровень (0,8-3,1) на 39,5 % (контроль) и 63,2 % (опыт) на фоне физиологических значений триглицеридов (0,2-1,0) у птицы контрольной и опытной групп. Также у цыплят регистрировали гипогликемию, проявляющуюся снижением уровня глюкозы на 17,4 % и 19,7 % (норма 10,9-11,1) соответственно. Полученные результаты могут указывать на нерациональность кормления молодняка по жиру.

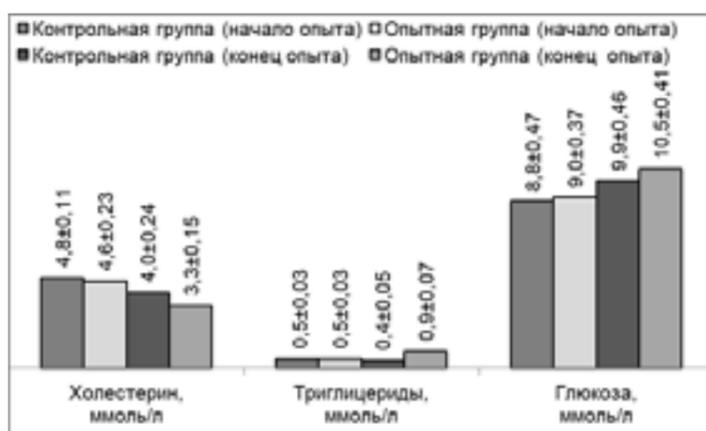


Рис. 2 – Липидно-углеводный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)

Fig. 2 – Lipid-carbohydrate profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

В конце периода наблюдений концентрация глюкозы в крови по сравнению с нормой имела более низкие значения на 9,2 % в контроле, а в опыте аналогичный показатель находился у нижней границы референтного предела. Содержание триглицеридов у всей птицы соответствовало норме, но у контрольных цыплят этот показатель стремился к ее нижней границе, а у опытных цыплят, напротив, к верхней границе.

Наиболее высокий уровень холестерина фиксировали в контроле, отклонение которого составило 29,0 % относительно референтных значений и 17,5 % ($p < 0,05$) относительно опыта, что согласуется с результатами авторов Vlaicu A. P., и др. 2020, которые сообщают о снижении холестерина в крови птицы за счет высокого содержания в шиповнике клетчатки и флавоноидов [15].

Изучение биохимических показателей, характеризующих функцию печени, показало повышенный уровень билирубина на 26,3 % (норма 2,7-3,8) у цыплят как в контроле, так и в опыте, что может указывать на потенциальное нарушение выведения желчи печенью. Сывороточный фермент АЛТ в исследуемых группах превышал физиологический диапазон (3,8) на 63,2 % (контроль) и 39,5 % (опыт), а вот активность АСТ, напротив, не достигала нормального уровня (160,0-170,0) на 7,8 % (контроль) и 8,5 % (опыт). Эти результаты

могут свидетельствовать о наличии патологических процессов в печени, связанных с дисбалансом белков и углеводов в рационе молодняка. Уровень щелочной фосфатазы в группах контроля и опыта был сниженным относительно нормы (510,0-820,0) на 13,4 % и 29,9 %, соответственно (рис. 3).

В конце опытного периода концентрация билирубина в исследуемых группах превышала верхнюю границу референтных значений на 15,8 % и 10,5 %, при этом в отношении контрольных цыплят этот показатель у опытного молодняка был ниже на 4,5 %. Уровень АСТ у птицы контрольной группы превосходил нормативный предел на 9,0 %, а ее активность у цыплят, получавших добавку, соответствовала нормативному значению и имела достоверную разницу относительно контроля на 11,1 % ($p < 0,05$). Концентрация АЛТ у контрольной птицы была ниже нормы на 7,9 %, в опыте показатель находился в пределах нормальных значений и был ниже контрольных значений на 8,6 %. Это говорит о том, что включение в рацион молодняка кур растительной добавки способствовало сохранению ферментативной активности печени. Уровень ЩФ у контрольной птицы выходил за нижний предел референтных значений на 16,0 %, а в опытной группе аналогичный показатель соответствовал норме и превосходил аналогич-

ный показатель контрольной группы на 36,1 % при $p < 0,01$. Согласно данным ряда авторов увеличение активности ЩФ у молодняка в референтных

пределах может быть результатом улучшения ретенции кальция и фосфора, участвующих в формировании костной ткани молодняка [5,11].

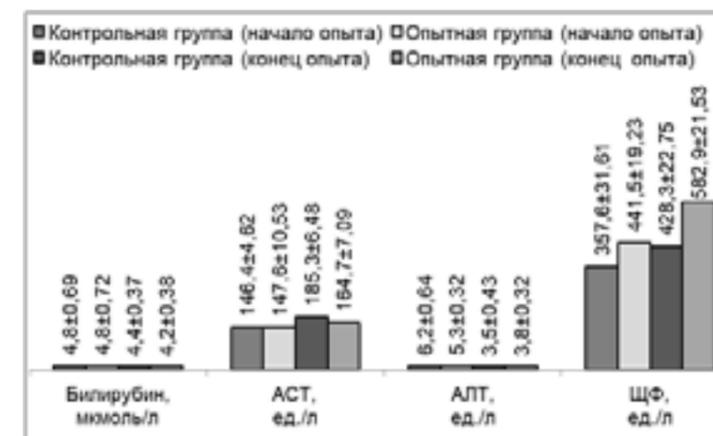


Рис. 3 – Печеночный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)

Fig. 3 – Liver profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

При исследовании минерального обмена в начале опыта у птицы во всех группах уровень кальция находился в пределах допустимого диапазона (2,1-2,3). Однако содержание фосфора у птиц контрольной группы превышало нормативные значения (1,8-2,4) на 20,8 %, а у птиц опытной группы – на 12,5 % (рис. 4).

В конце опыта содержание кальция превышало нормативные значения на 8,7 % (контроль) и 26,1 % (опыт).

Концентрация неорганического фосфора у опытных цыплят не выходила за референтный предел, тогда как у контрольной птицы этот показатель был ниже относительной нижней границы нормы на 5,6 %, при этом межгрупповые различия составили 35,3 % при $p < 0,05$.

Нормативные значения магния (0,8-1,23) были

характерны для всего молодняка, но у опытных цыплят его уровень превышал значения показателя у контрольных цыплят на 33,3 %. Очевидно, что использование растительной добавки привело к повышению уровня минералов в крови.

Таким образом, в ходе исследования биохимических показателей крови цыплят в начале опыта были обнаружены нарушения метаболических процессов в организме молодняка. Выявленные отклонения указывали на необходимость коррекции рациона птицы с применением растительной добавки. Скармливание растительной добавки способствовало нормализации метаболических процессов в организме молодняка в период интенсивного роста за счет содержания в ней комплекса необходимых витаминов и минералов и многих других полезных веществ [12-14].

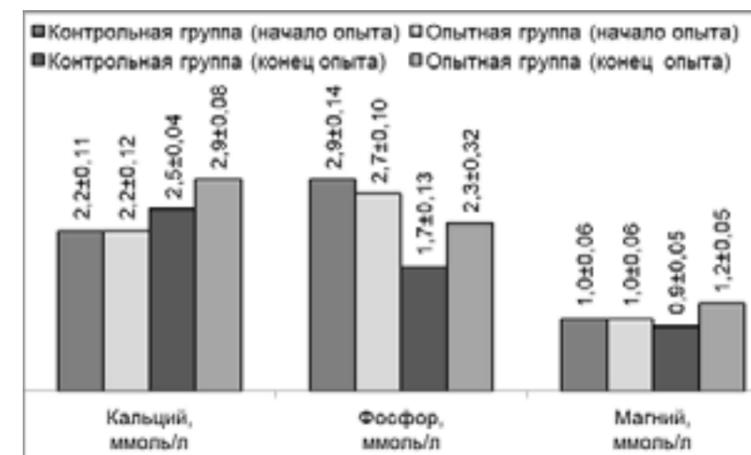


Рис. 4 – Минеральный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ($M \pm m$, $n=10$)

Fig. 4 – Mineral profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ($M \pm m$, $n=10$)

Заключение

Скармливание растительной добавки молодняку птицы с нарушениями липидно-углеводного, минерального, белкового обменов веществ, нарушением функций печени в период интенсивного роста (возраст 6-15 недель) способствовало

нормализации метаболизма. Снизились и пришли в норму следующие показатели крови: уровень общего белка на 18,2 % ($p < 0,01$), уровень альбуминов на 29,1 % ($p < 0,001$), уровень холестерина на 39,4 % ($p < 0,001$), уровень билирубина на 14,3 %, концентрация фосфора на 17,4 %, уро-



вень АЛТ на 39,5 % ($p < 0,01$). Повысились и пришли в норму следующие показатели крови: уровень β -глобулинов на 25,8 % ($p < 0,05$), уровень глюкозы на 14,3 % ($p < 0,05$), концентрация кальция на 24,1 % ($p < 0,001$), уровень щелочной фосфатазы на 24,3 % ($p < 0,001$), уровень АСТ на 39,5 %.

Список источников

1. Аржанкова, Ю.В. Перспективы использования сапропеля в птицеводстве / Ю.В. Аржанкова, П.В. Лисица, А.Ю. Васина, Е. В. Кириллова // Известия Велюколульской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 7-12. – URL: <https://elibrary.ru/eyvna1>.
2. Багно, О.А. Влияние экстракта расторопши пятнистой на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров / О.А. Багно, А.В. Шенцева // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 03-04 декабря 2019 года. – Кемерово: Кузбасская ГСХА, 2019. – С. 20-25. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41521579>.
3. Идиятов, И.И. Оценка хронической токсичности композиции лечебных средств для устранения последствий токсикозов / И.И. Идиятов, В.О. Домбровский, Ю.В. Ларина, Д.В. Алеев, В.И. Егоров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2020. – Т. 244. – № 4. – С. 92-96. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44300639>.
4. Кудрявцев, А.А., Кудрявцева Л.А. Клиническая гематология животных. – М., «Колос». – 1974. – 399 с.
5. Мейер, Д., Харви, Дж. Ветеринарная лабораторная медицина. Интерпретация и диагностика. – М: Софион. – 2007. – 456 с.
6. Мустафина, А.С. Влияние ультрадисперсного кремния на показатели белкового обмена крови молодняка сельскохозяйственной птицы / А.С. Мустафина, В.Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 232-235. – URL: <https://elibrary.ru/ohaany>
7. Насонов, И.В. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов. – Минск. – 2014. – 32 с.
8. Пат. № 2669403 Российская Федерация, МПК G01N 33/49. Способ определения белковых фрак-

ций сыворотки крови / М.Е. Остякова, Г.Б. Штенникова: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт (ФГБНУ ДальЗНИ-ВИ)» – № 2017134218., заявл. 02.10.2017; опубл. 11.10.2018, Бюл. № 29. – 4 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37361378>.

9. Садовников, Н. В. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов. – Екатеринбург-Санкт-Петербург: Уральская ГСХА. – 2009. – 86 с. – EDN: SNDNEX.

10. Тимофеев, Н.П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) / Н.П. Тимофеев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – № 6. – С. 804-825. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47331634>.

11. Фисинин, В.И. Эффективность воздействия антиоксиданта на зоотехнические и гематологические показатели и состояние печени бройлеров / В.И. Фисинин, Р.З. Абдулхаликов, С.Ч. Савхалова, В.В. Малородов // Птицеводство. – 2021. №6. – С. 40-45. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46461584>.

12. Gjorgovska, N. Application of Rose Hip Fruits as Feed Supplement in Animal Nutrition / N. Gjorgovska // Journal of Agriculture Food and Development. – 2021. – No. 7. – P.12-15. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/357901570> Application of Rose Hip Fruits as Feed Supplement in Animal Nutrition.

13. Igual, M. Valorization of rose hip (Rosa canina) puree co-product in enriched corn extrudates / M. Igual // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 11. – 2787 P. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/356172380> Valorization of Rose Hip Rosa canina Puree Co-Product in Enriched Corn Extrudates.

14. Nitievskaya, K.N. Research of the process of hydration of rosa majalis / K.N. Nitievskaya, // Современная наука и инновации. – 2020. – №4(32). – С.76-82. – URL: <https://elibrary.ru/scjbbko>.

15. Vlaicu, A. P., Turcu, R. P., Panaite, D. T. Rosehip as a Beneficial Dietary Feed in Poultry Nutrition / A. P. Vlaicu, R. P. Turcu, D. T. Panaite // Advanced Research in Life Sciences. – 2020. – Vol. 4. – № 1. – С. 11-15. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/343955998> Rosehip Rosa canina as a Beneficial Dietary Feed in Poultry Nutrition Review.

Вклад авторов:

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

References

1. Arzhankova, Yu.V. Perspektivy ispol'zovaniya sapropelya v pticevodstve / Yu.V. Arzhankova, P.V. Lisicza, A.Yu. Vasina, E. V. Kirillova // Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 1. – С. 7-12. – URL: <https://elibrary.ru/eyvna1>.
2. Bagno, O.A. Vliyanie e'kstrakta rastoropshi pyatnistoj na morfologicheskie pokazateli krovi cyplyat-brojlerov / O.A. Bagno, A.V. Shenceva // Sovremennyye tendencii sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva v mirovoj e'konomike: Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kemerovo, 03-04 dekabrya 2019 goda. – Kemerovo: Kuzbasskaya GSXA, 2019. – С. 20-25. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41521579>.
3. Idiyatov, I.I. Ocenka xronicheskoy toksichnosti kompozicii lechebny'x sredstv dlya ustraneniya posledstvij toksikozov / I.I. Idiyatov, V.O. Dombrovskij, Yu.V. Larina, D.V. Aleev, V.I. Egorov // Ucheny'e zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny' im. N.E'. Baumana. – 2020. – Т. 244. – № 4. – С. 92-96. – URL:



<https://elibrary.ru/item.asp?id=44300639>.

4. Kudryavcev, A.A., Kudryavceva L.A. Klinicheskaya gematologiya zhivotny'x. – М., «Kolos». – 1974. – 399 s.
5. Mejer, D., Xarvi, Dzh. Veterinarnaya laboratornaya medicina. Interpretaciya i diagnostika. – М: Sofion. – 2007. – 456 s.
6. Mustafina, A.S. Vliyanie ul'tradispersnogo kremniya na pokazateli belkovogo obmena krovi molodnyaka sel'skoxozyajstvennoj pticy / A.S. Mustafina, V.N. Nikulin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 4 (78). – С. 232-235. – URL: <https://elibrary.ru/ohaany>
7. Nasonov I.V. 2 Nasonov I. V. Metodicheskie rekomendacii po gematologicheskim i bioximicheskim issledovaniyam u kur sovremenny'x krossov. – Minsk - 2014 – 32 s.
8. Pat. № 2669403 Rossijskaya Federaciya, MPK G01N 33/49. Sposob opredeleniya belkovy'x frakcij sy'vorotki krovi / M.E. Ostyakova, G.B. Shtennikova: zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Dal'nevostochny'j zonal'ny'j nauchno-issledovatel'skij veterinarny'j institut (FGBNU Dal'ZNI VI)» – № 2017134218., zayavl. 02.10.2017; opubl. 11.10.2018, Byul. № 29. – 4 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37361378>.
9. Sadovnikov, N. V. Obshhie i special'ny'e metody issledovaniya krovi pticz promy'shlenny'x krossov. – Ekaterinburg-Sankt-Peterburg: Ural'skaya GSXA. – 2009. – 86 s. – EDN: SNDNEX.
10. Timofeev, N.P. Fitobiotiki v mirovoj praktike: vidy rastenij i dejstvuyushhie veshhestva, e'ffektivnost' i ogranicheniya, perspektivy (obzor) / N.P. Timofeev // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2021. – Т. 22. – № 6. – С. 804-825. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47331634>.
11. Fisinin, V.I. E'ffektivnost' vozdeystviya antioksidanta na zootexnicheskie i gematologicheskie pokazateli i sostoyanie pečeni brojlerov / V.I. Fisinin, R.Z. Abdulxalikov, S.Ch. Savxalova, V.V. Malorodov // Pticevodstvo. – 2021. №6. – С. 40-45. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46461584>.
12. Gjorgovska, N. Application of Rose Hip Fruits as Feed Supplement in Animal Nutrition / N. Gjorgovska // Journal of Agriculture Food and Development. – 2021. – No. 7. – P.12-15. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/357901570> Application of Rose Hip Fruits as Feed Supplement in Animal Nutrition.
13. Igual, M. Valorization of rose hip (Rosa canina) puree co-product in enriched corn extrudates / M. Igual // Foods. – 2021. – Vol. 10. – № 11. – 2787 P. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/356172380> Valorization of Rose Hip Rosa canina Puree Co-Product in Enriched Corn Extrudates.
14. Nitievskaya, K.N. Research of the process of hydration of rosa majalis / K.N. Nitievskaya, // Современная наука и инновации. – 2020. – №4(32). – С.76-82. – URL: <https://elibrary.ru/scjbbko>.
15. Vlaicu, A. P., Turcu, R. P., Panaite, D. T. Rosehip as a Beneficial Dietary Feed in Poultry Nutrition / A. P. Vlaicu, R. P. Turcu, D. T. Panaite // Advanced Research in Life Sciences. – 2020. – Vol. 4. – № 1. – С. 11-15. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/343955998> Rosehip Rosa canina as a Beneficial Dietary Feed in Poultry Nutrition Review.

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

Мансурова Мария Салиховна, научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», dalznivilabbiohim@mail.ru

Залюбовская Елена Юрьевна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», dalznivilabbiohim@mail.ru

Остякова Марина Евгеньевна, д-р биол. наук, доцент, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», dalznividv@mail.ru

Author information

Mansurova Maria S., Research Associate of the Department of Animal Husbandry and Poultry, Federal State Budgetary Scientific Institution «Far East Zone Research Veterinary Institute»

Zalyubovskaya Elena Yu., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Animal husbandry and poultry, Federal State Budgetary Scientific Institution «Far East Zone Research Veterinary Institute»

Ostyakova Marina E., Doctor of Biological Sciences, Director, Federal State Budgetary Scientific Institution «Far East Zone Research Veterinary Institute»

Статья поступила в редакцию 31.05.2024; одобрена после рецензирования 26.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 31.05.2024; approved after reviewing 26.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024: т.16, №3, с. 44-51
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, p. 44-51

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.082.25
DOI: 10.36508/RSATU.2024.93.38.007

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ СЕЛЕКЦИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Игорь Александрович Морозов¹, **Фаррух Атауллахович Мусаев**², **Ирина Геннадьевна Шашкова**³, **Рифат Зайнидинович Садилов**⁴, **Рустам Ринатович Садилов**⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ igor.mor@rgatu.ru
² musaev@rgatu.ru
³ ishashkova6@gmail.com
⁴ rifat.sadikov@delaval.com
⁵ rustam.sadikov.97@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель исследований – определить хозяйственно-биологические показатели коров разных селекций высокопродуктивной голштинской породы в условиях использования цифровых технологий.

Методология. Экспериментальные исследования проводили на новом крупном молочном комплексе на 2500 коров в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Объектом исследований явились дойные коровы голштинской породы черно-пестрой масти. Молочную продуктивность коров анализировали по трем лактациям. Для анализа продуктивности проводили сортировку коров по комплексу признаков в зависимости от страны происхождения: России и Венгрии. Учет и оценку хозяйственно-биологических показателей и молочной продуктивности проводили в программе «СЕЛЭКС - Молочный скот. Племенной учет». Молочная ферма управляется с помощью автоматизированных программ через интерфейс компьютерных программ. Управление стадом, процессы кормления, доения, осеменения, синхронизации охоты, вакцинации, лечения осуществляются специализированными отраслевыми программами: DairyPlan C 21, DairyComp DC 305, DTM, HEATIME, HYBRIMIN® FUTTER. Программы позволяют сохранять и анализировать информацию о животных: породную принадлежность, инвентарный номер, кличку, продуктивность, качество молока, показатели воспроизводства и т.д. Собранные сведения первичного учета позволили получить необходимую индивидуальную информацию и провести анализ по группам коров разных селекций.

Результаты. В результате экспериментальных исследований установлено, что применение автоматической системы учета хозяйственно-биологических показателей коров, молочной продуктивности и качества молока с применением цифровых технологий в системе «Селэкс молочный», мобильное приложение «Блокнот. Молоко» позволило оперативно создать многочисленные опытные группы дойных коров. В качестве контрольной группы взяли коров российской селекции (840 голов), в качестве опытной группы – коров венгерской селекции (506 голов). Удой коров опытной группы по трем лактациям находился в пределах 9697-12434 кг, в среднем за три лактации – 10477 кг. По сравнению с контрольной группой удой был выше на 1010-1462 кг или на 11,5-13,3 % при достоверной разнице ($P \geq 0,95$). Среднесуточный удой коров находился в пределах 28,3-32,4 кг, а коэффициент молочности – 1833-2100 кг. Содержание жира и белка в молоке коров обеих групп было практически одинаковым. Массовая доля жира на уровне 3,8 %, белка – 3,2 %. Количество молочного жира и молочного белка было выше у коров опытной группы за счет высокой молочной продуктивности.

Заключение. На основании полученных результатов исследований было установлено, что применение автоматической системы идентификации животных и учета хозяйственно-биологических показателей с использованием цифровых технологий в системе «Селэкс молочный», мобильного приложения «Блокнот. Молоко» позволяет оперативно провести сортировку животных по любому признаку на большом поголовье и принимать своевременные и правильные меры, направленные на повышение эффективности производства молока. Молочная продуктивность коров опытной группы (венгерская селекция) была выше по сравнению с контрольной группой (российская селекция) и

находилась в пределах 9697-12434 кг. В среднем за три лактации удой на корову в опытной группе составил 10477±80 кг молока. Разница в удое по лактациям составляла 1010-1462 кг или 11,5-13,3 % ($P \geq 0,95$) в пользу опытной группы. Среднесуточный удой коров находился в пределах 28,3-32,4 кг, а коэффициент молочности – 1833-2100 кг. Содержание жира и белка в молоке коров обеих групп было практически одинаковым: 3,8 % и 3,2%, соответственно. Количество молочного жира и молочного белка было выше у коров опытной группы за счет высокой молочной продуктивности. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать специалистам предприятия: разведение животных с большим генетическим потенциалом по молочной продуктивности, а для ротации маточного поголовья необходимо использовать высокопродуктивных животных своей репродукции.

Ключевые слова: коровы, голштинская порода, селекция российская, венгерская, молочная продуктивность, удой, массовая доля жира, массовая доля белка, программа «Селэкс молочный»

Для цитирования: Морозов И.А., Мусаев Ф.А., Шашкова И.Г., Садилов Р.З., Садилов Р.Р. Молочная продуктивность коров голштинской породы разных селекций при использовании цифровых технологий // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, г. Рязань. 2024, Т.16, № 3. С.44-51 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.93.38.007>

Original article

DAIRY PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN COWS OF DIFFERENT BREEDS WHEN USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Igor A. Morozov¹, **Farrukh A. Musaev**², **Irina G. Shashkova**³, **Rifat Z. Sadikov**⁴, **Rustam R. Sadikov**⁵

^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ igor.mor@rgatu.ru
² musaev@rgatu.ru
³ ishashkova6@gmail.com
⁴ rifat.sadikov@delaval.com
⁵ rustam.sadikov.97@mail.ru

Annotation.

Problem and purpose. The purpose of the research is to determine the economic and biological indicators of cows of different selections of highly productive Holstein breed in conditions of using digital technologies.

Methodology. Experimental studies were carried out at a new large dairy complex for 2500 cows in LLC Avangard of the Ryazan district of the Ryazan region. The object of the research were Holstein dairy cows of black and mottled color. The dairy productivity of cows was analyzed according to three lactations. To analyze productivity, cows were sorted according to a set of characteristics depending on the country of origin: Russia and Hungary. Accounting and evaluation of economic and biological indicators and dairy productivity were carried out in the SELEX - Dairy Cattle program. Tribal accounting. The dairy farm is managed using automated programs through a computer program interface. Herd management, feeding, milking, insemination, synchronization of hunting, vaccination.

Results. As a result of experimental studies, it was found that the use of an automatic accounting system for economic and biological indicators of cows, milk productivity and milk quality using digital technologies in the Selex dairy system, the Notepad mobile application. Milk" made it possible to quickly create numerous experienced groups of dairy cows. Russian-bred cows (840 heads) were taken as a control group, and Hungarian-bred cows (506 heads) were taken as an experimental group. The milk yield of cows of the experimental group for three lactation was in the range of 9697-12434 kg, on average for three lactation – 10477 kg. Compared with the control group, the yield was higher by 1010-1462 kg or 11.5-13.3 % with a significant difference ($P \geq 0.95$). The average daily milk yield of cows was in the range of 28.3-32.4 kg, and the milk yield coefficient was 1833-2100 kg. The fat and protein content in the milk of cows of both groups was almost the same. The mass fraction of fat is 3.8%, and protein is 3.2 %.

Conclusion. Based on the obtained research results, it was found that the use of an automatic system for identifying animals and accounting for economic and biological indicators using digital technologies in the Selex dairy system, the Notepad mobile application. Milk" allows you to quickly sort animals on any basis in a large population and take timely and correct measures aimed at improving the efficiency of milk production. The milk productivity of cows of the experimental group (Hungarian breeding) was higher compared to the control group (Russian breeding) and was in the range of 9697-12434 kg. On average, over three lactation periods, milk yield per cow in the experimental group was 10477 ± 80 kg of milk. The difference in milk yield by lactation was 1010-1462 kg or 11.5-13.3 % ($P \geq 0.95$) in favor of the experimental group. The average daily milk yield of cows was in the range of 28.3-32.4 kg, and the milk yield coefficient was 1833-2100 kg. The fat and protein content in the milk of cows of both groups was almost the same: 3.8 % and 3.2 %, respectively. The amount of milk fat and milk protein was higher in the cows of the experimental group due to high milk productivity. The obtained research results allow us to recommend to the specialists of the enterprise: breeding animals with great genetic potential for dairy productivity, and for the rotation of the breeding stock it is necessary to use highly productive animals of their reproduction.

Key words: cows, Holstein breed, breeding, Russian, Hungarian, dairy productivity, milk yield, mass fraction of fat, mass fraction of protein, Selex dairy program.

For citation: Morozov I.A., Musaev F.A., Shashkova I.G., Sadikov R.Z., Sadikov R.R. Dairy productivity of holstein cows of different breeds when using digital technologies // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. 2024, Vol.16, No.3. pp.44-51 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.93.38.007>

Введение

Производство молока в нашей стране осуществляется на крупных молочных комплексах в условиях комфортного круглогодичного стойлового содержания; доение коров проводится в доильных залах и роботах; управление фермами, племенной учет и составление рационов проводятся с помощью информационных программ. В нашей стране и за рубежом проводится постоянная разработка и внедрение автоматизированных систем производства молока, способных повысить молочную продуктивность коров и обеспечить высокое качество молока [3, 8, 11, 13].

По мнению Буклагина, Д.С., внедрение цифровых технологий для повышения производительности труда в производстве молока на фермах и комплексах находится на раннем этапе. На многих фермах и молочных комплексах используются информационные программы для составления рационов и система «Селэкс молочный. Племенной учет».

Для интеграции животных и технологических процессов производства появилось различное оборудование: датчики, чипы, антенны, счетчики, анализаторы, камеры видеонаблюдения. Рынок IT-технологий предлагает аналитические системы, «облачные технологии». Однако для активного внедрения цифровых технологий требуется не только оборудование, но специалисты, способные их внедрить и работать на автоматизированных системах. В противном случае любой сбой в программе приведет к нарушению трудоемкого технологического процесса, такого, например, как доение [1].

Информационные системы предназначены для централизованного управления молочными производством и технологическими процессами на крупных молочных комплексах с поголовьем более 1000 коров и при беспривязном содержании животных при поточно-цеховой системе производства молока [4, 6, 7, 16].

Цифровые системы обеспечивают получение и хранение информации, позволяя принимать своевременные меры по коррекции неотложных вопросов, таких как повышение упитанности, удоя или своевременное лечение животных [9, 10, 11, 12].

В интеллектуальных системах есть информационно-аналитические блоки. Они дают возможность оценить качество молока по целому комплексу показателей, посмотреть динамику и взаимодействие предприятия с потребителями в процессе поставок. Информационно-аналитические блоки принимают информацию с чипов животных о количестве и качестве надоя молока, состоянию упитанности, половой охоте

и т.д. Интеллектуальные системы могут объединить информацию, систематизировать, анализировать, построить аналитические данные в виде таблиц, графиков и диаграмм [5, 12, 13].

Информация, полученная на всех этапах технологии производства молока, может объединяться на базе единой «цифровой платформы» [2].

Одной из современных цифровых систем управления молочной фермой является «DairyPlan C21» немецкой фирмы ГЕА Вестфалия Сёрдж. Она позволяет получать информацию о здоровье, надое, физиологическом и репродуктивном состоянии каждой коровы целого стада, а также о технологии доения и т.д. [14].

Современные экономические и политические условия оказывают влияние на международный рынок автоматизированного технологического оборудования. В связи с этим в нашей стране региональный центр ООО «ПЛИНОР» занимается разработкой IT-решения для управления стадом крупного рогатого скота для импортозамещения информационных систем.

В условиях крупных молочных комплексов с большим поголовьем коров возникает проблема своевременной идентификации животных и учетом их физиологических функций в процессе взаимодействия с технологическим оборудованием.

Информационно-аналитическая система «СЕЛЭКС» служит основным программным продуктом ООО «ПЛИНОР». Эта система проводит зоотехнический, племенной и ветеринарный учет животных, позволяет создать замкнутый цикл информации о них, получить сиюминутную информацию и управлять племенным стадом. Система «СЕЛЭКС» интегрирована с другими программами в масштабе страны, региона и предприятия.

В настоящее время компания завершает работу над проектом IT-платформы «Молоко 2.0», которая заменит американское программное обеспечение «DairyComp 305». Цель IT-платформы – осуществлять детальный контроль над дойным стадом в режиме реального времени. В ближайшей перспективе планируется адаптация программного продукта «Молоко 2.0» [15].

В связи с актуальностью вопроса экспериментальные исследования проводили с использованием цифровых технологий.

Материал и методы исследований

Экспериментальные исследования проводили на самом крупном молочном комплексе племенного завода ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области. Комплекс рассчитан на 2500 голов коров и ремонтного молодняка, имеет полный замкнутый цикл. Содержание коров беспривязное с наличием системы автоматической идентификации коров и компьютерного учета

индивидуальных особенностей. В поточно-цеховой системе производства молока каждый корпус имеет свое назначение (рис. 1). Корпуса: №1 и №2 предназначены для содержания дойных коров и оснащены доильным залом «Карусель» на 72 доильных станка немецкой фирмы ГЕА «Вестфалия Сёрдж» с внешним кругом. Доение коров трехкратное: в 5 часов, в 13 часов и в 21 час.

Учет молочной продуктивности проводили в мобильном приложении «Блокнот. Молоко» системы «СЕЛЭКС. Молочный скот» (рис. 2). Для анализа показателей провели сортировку коров в зависимости от страны происхождения и создали две группы дойных коров. В качестве контрольной группы взяли коров российской селекции (840 голов), в качестве опытной группы – коров венгерской селекции (506 голов).

По каждой корове учитывали актуальные события: мечение; взвешивание; стельность; выбытие; количество надоя молока за сутки (утром, днем и вечером); использование коров; запуск; назначение; охота; отёл; осеменение; перемещение. В молоке массовую долю жира, %, массовую долю белка, %, плотность, кг/м³, кислотность, °Т, группу термоустойчивости и бактериальную обсемененность определяли в лаборатории предприятия стандартными методами по ГОСТ 31449-2013

«Молоко коровье сырое. Технические условия». Проводили учет количества молочного жира, количества молочного белка и коэффициента молочности. Статистическую обработку показателей по опытным группам коров проводили в программе Microsoft Excel в пакете программ Microsoft Office, рассчитывали коэффициент Стьюдента и определяли достоверность разницы по удою за 305 дней по трем лактациям и в среднем за три лактации.



Рис. 1 – Внешний вид корпусов молочного комплекса
Fig. 1 – The appearance of the buildings of the dairy complex

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Отрицатель	3344	4/н голшти	6	Комплекс №6	2660	201091	Begonia	26.12.2020	Ремонт ста,	2	3	10797
2	Отрицатель	3345	4/н голшти	6	Комплекс №6	2566	201096	Vaarskaif B	26.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10798
3	Отрицатель	3346	4/н голшти	6	Комплекс №6	1377	74273	Huros B-20	27.02.2019	Ремонт ста,	3	3	10799
4	Отрицатель	3347	4/н голшти	6	Комплекс №6	1546	33102	Fani B-20	16.11.2018	Ремонт ста,	3	3	10800
5	Отрицатель	3348	4/н голшти	6	Комплекс №6	1592	33568	Csenöcs B-	14.12.2018	Ремонт ста,	2	3	10802
6	Отрицатель	3349	4/н голшти	6	Комплекс №6	2905	201085	Marika B-20	24.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10804
7	Отрицатель	3350	4/н голшти	5	Комплекс №6	1643	143291	Rytenka pod	19.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10804
8	Отрицатель	3351	4/н голшти	5	Комплекс №6	1550	143292	Итумрудан	20.12.2020	Ремонт ста,	2	3	10814
9	Отрицатель	3352	4/н голшти	6	Комплекс №6	1382	85162	Rabio B-20	17.12.2018	Ремонт ста,	3	3	10815
10	Отрицатель	3353	4/н голшти	6	Комплекс №6	618	89080	Korni B-21	12.06.2019	Ремонт ста,	3	3	10817
11	Отрицатель	3354	4/н голшти	6	Комплекс №6	2657	201087	Rabio B-20	25.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10818
12	Отрицатель	3355	4/н голшти	5	Комплекс №6	223	143298	Врчка под	26.12.2020	Ремонт ста,	2	3	10823
13	Отрицатель	3356	4/н голшти	5	Комплекс №6	499	143960	Dol B-21	16.10.2021	Ремонт ста,	1	3	10823
14	Отрицатель	3357	4/н голшти	1	Комплекс №6	3427	10830	RF MAE кан	25.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10824
15	Отрицатель	3358	4/н голшти	1	Комплекс №6	673	10835	герм17	27.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10825
16	Отрицатель	3359	4/н голшти	3	Комплекс №6	1135	10837	Афина кир	27.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10831
17	Отрицатель	4483	4/н голшти	5	Комплекс №6	82	17349	Belertje B-2	17.02.2020	Ремонт ста,	3	3	10834
18	Отрицатель	3361	4/н голшти	3	Комплекс №6	3340	10840	Жасна Т.	29.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10837
19	Отрицатель	3362	4/н голшти	1	Комплекс №6	286	10831	Зыбка Т	26.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10841
20	Отрицатель	3363	4/н голшти	1	Комплекс №6	4339	10832	Кривика и	26.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10846
21	Отрицатель	3364	4/н голшти	1	Комплекс №6	1372	10834	Даренка Т	27.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10846
22	Отрицатель	3365	4/н голшти	3	Комплекс №6	3458	10838	Осна муш	27.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10848
23	Отрицатель	3613	4/н голшти	3	Комплекс №6	3970	2559	Москва Т	24.07.2019	Ремонт ста,	3	3	10852
24	Отрицатель	3367	4/н голшти	3	Комплекс №6	357	10842	Именная С1	31.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10852
25	Отрицатель	4489	4/н голшти	5	Комплекс №6	20	3251	Csoka B-21	22.12.2019	Ремонт ста,	3	3	10852
26	Отрицатель	3369	4/н голшти	3	Комплекс №6	3373	10848	Владимица	31.12.2020	Ремонт ста,	1	3	10854
27	Отрицатель	3370	4/н голшти	3	Комплекс №6	3416	2810	Магда под	22.12.2020	Ремонт ста,	2	3	10861
28	Отрицатель	4515	4/н голшти	5	Комплекс №6	309	83531	Idella B-21	04.03.2020	Ремонт ста,	3	3	10864
29	Отрицатель	3372	4/н голшти	3	Комплекс №6	3488	2813	Юлиана Ст	24.12.2020	Ремонт ста,	2	3	10870
30	Отрицатель	3373	4/н голшти	5	Комплекс №6	529	143300	Гитара муш	01.01.2021	Ремонт ста,	2	3	10873
31	Отрицатель	4520	4/н голшти	5	Комплекс №6	318	4595	Lorika B-21	04.02.2020	Ремонт ста,	3	3	10875

Рис. 2 – Сведения о хозяйственно-биологических показателях и молочной продуктивности коров в Приложении «Блокнот. Молоко»
Fig. 2 – Information on economic and biological indicators and dairy productivity of cows in the Appendix "Notepad. Milk"

Результаты исследований и их обсуждение

Стадо коров голштинской породы в ООО «Авангард» создано за счет целенаправленной селекционной работы в период с 1998-2020 годы. С 1972 года стадо улучшалось путем использования лучших быков черно-пестрой породы отечественной и зарубежной селекции. Семя завозили с Рязанской племенной станции. В 80-е годы начали использовать семя быков черно-пестрой породы из Московской области.

В период 1998-2020 гг. в ООО «Авангард» завозили нетелей голштинской породы из Дании, Голландии, Канады, Венгрии, с племенных пред-

приятий Рязанской и Московской областей [4].

В настоящее время стадо коров является чистопородным и представлено животными голштинской породы черно-пестрой масти с высоким генетическим потенциалом продуктивности.

На 01.01. 2024 года общее поголовье крупного рогатого скота составляло 13250 голов, в том числе 5230 коров. Учет продуктивности на предприятии невозможен без системы «СЕЛЭКС - Молочный скот. Племенной учет» ООО «ПЛИНОР», программ: DairyPlan C21 и DairyComp 305 для управления стадом.

Таблица 1 – Сравнительная оценка молочной продуктивности коров голштинской породы российской и венгерской селекции

Лактация	Кол-во коров	Удой за 305 дней, кг	Массовая доля жира, %	Молочный жир, кг	Массовая доля белка, %	Молочный белок, кг	Среднесуточный удой, кг	Живая масса, кг	Коэффициент молочности, кг
Контрольная группа – коровы российской селекции									
Первая	369	8786±26	3,83 ±0,016	336,50	3,24 ±0,004	284,66	26,0±0,57	524±0,75	1677
Вторая	299	10350 ±27	3,77± 0,002	390,19	3,22±0,004	333,27	30,0±0,67	560±1,14	1848
Третья	145	10972±8,5	3,84±0,24	421,32	3,23±0,005	354,39	27,0±0,77	570±2,27	1925
В среднем за три лактации	840	9924±49	3,81±0,101	378,10	3,23±0,003	320,55	27,0±0,40	545±1,40	1821
Опытная группа – коровы венгерской селекции									
Первая	309	9697 87	3,80± 0,013	368,48	3,23±0,004	313,21	28,3±0,68	529±0,93	1833
Вторая	151	11471±112*	3,76±0,02	369,37	3,22±0,006	396,37	31,9±125	585±140	1961
Третья	46	12434±247*	3,75±0,03	466,28	3,23±0,004	401,62	32,40±2,46*	592±2,21	2100
В среднем за три лактации	506	10477±80*	3,78±0,01	396,03	3,23±0,004	338,40	29,81±0,61*	552±1,52	1898
± к контрольной группе									
Превая	-	+1010	-0,03	+31,98	+0,01	+28,55	+2,3	+5,0	+156
Вторая	-	+1124	-0,01	+41,12	0,0	+36,1	+1,9	+25,0	+113
Третья	-	+1462	-0,09	+44,96	0,0	+47,23	+54	+22,0	+175
В среднем за три лактации	-	+553	-0,03	+17,93	-0,0	+17,85	+2,81	+7,0	+77

Примечание: * – результаты достоверны при P ≥0,95; ** – P ≥0,99; *** – P ≥0,999



Рис. 3 – Коровы голштинской породы венгерской селекции

Fig. 3 – Holstein cows of Hungarian breeding

Результаты исследований показали, что удой коров опытной группы по трем лактациям находился в пределах 9697-12434 кг, в среднем за три лактации он составил 10477 кг. По сравнению с контрольной группой удой был выше на 1010-1462 кг или на 11,5-13,3 % при достоверной разнице (P ≥0,95). Среднесуточный удой коров находился в пределах 28,3-32,4 кг, а коэффициент молочности был высоким – 1833-2100 кг. Он характеризует количество выдоенного молока за 305 дней лактации на 100 кг живой массы. Содержание жира и белка в молоке коров обеих групп было практически одинаковым. Массовая доля жира на уровне 3,8 %, белка – 3,2 %. Количество молочного жира и молочного белка было выше у коров опытной группы за счет высокой молочной продуктивности.

Коровы опытной группы по второй и третьей лактации имели большую живую массу по сравнению с коровами контрольной группы: 585±1,40 кг и 592±2,21 кг, соответственно (P≥0,95), что оказало положительное влияние на количество надоев молока.

Заключение

На основании полученных результатов исследований мы установили:

1. Применение автоматической системы идентификации животных и учета хозяйственно-биологических показателей коров с применением цифровых технологий в системе «Селэкс молочный», мобильное приложение «Блокнот. Молоко» позволяют оперативно провести сортировку животных по любому признаку на большом поголовье и принять своевременные и правильные меры для повышения эффективности производства молока.

2. Молочная продуктивность коров опытной группы (венгерской селекции) была выше по сравнению с контрольной группой (российская селекция) и находилась в пределах 9697-12434 кг. В среднем за три лактации удой на корову в опытной группе составил 10477±80 кг молока. Разница в удое по лактациям составляла 1010-1462 кг или 11,5-13,3 % при P ≥0,95 в пользу опытной группы. Среднесуточный удой коров находился в пределах 28,3-32,4 кг, а коэффициент молочности – 1833-2100 кг.

3. Содержание жира и белка в молоке коров обеих групп было практически одинаковым. Массовая доля жира на уровне 3,8 %, белка – 3,2%. Количество молочного жира и молочного белка было выше у коров опытной группы за счет высокой молочной продуктивности.

4. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать специалистам предприятия разведение животных с большим генетическим потенциалом по молочной продуктивности, а для ротации маточного поголовья использовать высокопродуктивных животных собственной репродукции.

Список источников

1. Буклагин, Д.С. Цифровые технологии и системы управления в животноводстве. Текст. /Д.С. Буклагин. //Техника и технологии в животноводстве. - 2020. - №4 (40). –С. 105-112.
2. Козина, А.М. Использование цифровых технологий при производстве молока. /А.М. Козина, Л.П. Семкив. // Вестник НФ РАНХиГС. - 2018. Т. 8. - № 2. - С. 13-18.
3. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании. [Текст]: монография. /Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев, Л.В. Иванова [и. др.]. – Рязань: РГАТУ, 2013. -167 с.
4. Морозова, Н.И. Инновационные технологии в производстве молока. [Текст]: монография / Н.Г. Бышова, Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев [и. др.]. – Рязань: РГАТУ, 2013. -156 с.
5. Морозова, Н.И. Внедрение цифровой маркировки на молочном заводе. [Текст]. / Н.И. Морозова, Ю.Ю. Милинский. // Ветеринария сельскохозяйственных животных. - 2022. - №1. – С.42-45.
6. Мусаев, Ф.А. Технология производства молочных продуктов по стандартам России. [Текст]. Монография. /Мусаев, Фаррух Атауллахович. – Рязань. – РГАТУ. – 2009. – 326 с.
7. Морозова, Н.И. Молочная продуктивность голштинских коров в условиях мега-фермы и реконструированного молочного комплекса [Текст] /Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев, С. Р. Подоль, М. А. Ульякина // Зоотехния. – 2013. - № 9. – С. 20.
8. Мусаев Ф.А. Цифровые технологии в АПК [Текст]: монография /А.В. Шемякин, О.А. Захарова, Ф.А. Мусаев, С.Н. Борычев, Д.Е. Кучер, Е.И. Машкова, И.И. Садовая. – Рязань: РГАТУ, 2022. – 207 с.
9. Садиков, Р.З. Система автоматического определения упитанности коров как инструмент поддержания оптимального физиологического состояния здоровья и продуктивности. // Р.З. Садиков, Н.И. Морозова, Р.Р. Садиков, И.А. Морозов, Ф.А. Мусаев, // Вестник ФГБОУ ВО РГАТУ. – 2024, т. 16. - №1.- С.54-61.
10. Садиков, Р.Р. Повышение производительности роботизированных доильных станций. / Р.Р. Садиков, И.А. Морозов, Р.З. Садиков, Н.И., Морозова, Ф.А. Мусаев. // Вестник ФГБОУ ВО РГАТУ. – 2024. - т. 16. - №1.- С.62-70.
11. Соловьева, О.И. Применение инновационных информационных технологий в управлении



качеством молока коров холмогорской породы [Текст] /О. И. Соловьева // Зоотехния. - 2011. - № 2. - С. 31-32.

12.Суровцев В.Н. Освоение цифровых технологий как основа стратегии развития молочного скотоводства // АПК: Экономика, управление. 2018. № 9. С. 108-117.

13.Шувариков, А.С. Использование генетических и паратипических факторов в повышении продуктивности молока. Дис....докт. с.-х. наук, М.: - 2004. -291.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Buklagin, D.S. Cifrovye tekhnologii i sistemy upravleniya v zhivotnovodstve. Tekst. /D.S. Buklagin. // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. - 2020. - №4 (40). –S. 105-112.

2.Kozina, A.M. Ispol'zovanie cifrovyyh tekhnologiy pri proizvodstve moloka. /A.M. Kozina, L.P. Semkiv. // Vestnik NF RANHiGS. - 2018. T. 8. - № 2. - S. 13-18.

3.Morozova, N.I. Molochnaya produktivnost' golshtinskih korov pri kruglogodovom stojlovom sodержanii. [Текст]: monografiya. /N.I. Morozova, F.A. Musaev, L.V. Ivanova [i. dr.]. – Ryazan': RGATU, 2013. -167 s.

4.Morozova, N.I. Innovacionnye tekhnologii v proizvodstve moloka. [Текст]: monografiya / N.G. Byshova, N. I. Morozova, F. A. Musaev [i. dr.]. –Ryazan': RGATU, 2013. -156 s.

5.Morozova, N.I. Vnedrenie cifrovoj markirovki na molochnom zavode. [Текст]. / N.I. Morozova, Yu.Yu. Miliinskij. // Veterinariya sel'skhozoyajstvennyh zhivotnyh.- 2022. - №1. – S.42-45.

6.Musaev, F.A. Tekhnologiya proizvodstva molochnyh produktov po standartam Rossii. [Текст]. Monografiya. /Musaev, Farruh Ataullovich. – Ryazan'. – RGATU. – 2009. – 326 s.

7.Morozova, N.I. Molochnaya produktivnost' golshtinskih korov v usloviyah mega-fermy i rekonstruirovannogo molochnogo kompleksa [Текст] /N. I. Morozova, F. A. Musaev, S. R. Podol', M. A. Ul'kina // Zootekhniya. – 2013. - № 9. – S. 20.

8.Musaev F.A. Cifrovye tekhnologii v APK [Текст]: monografiya /A.V. Shemyakin, O.A. Zaharova, F.A. Musaev, S.N. Borychev, D.E. Kucher, E.I. Mashkova, I.I. Sadovaya. – Ryazan': RGATU, 2022. – 207 s.

9.Sadikov, R.Z. Sistema avtomaticheskogo opredeleniya upitannosti korov kak instrument podderzhaniya optimal'nogo fiziologicheskogo sostoyaniya zdorov'ya i produktivnosti. // R.Z. Sadikov, N.I. Morozova, R.R. Sadikov, I.A. Morozov, F.A. Musaev, // Vestnik FGBOU VO RGATU. – 2024, t. 16. - №1.- S.54-61.

10.Sadikov, R.R. Povyshenie proizvoditel'nosti robotizirovannyh doil'nyh stancij. / R.R. Sadikov, I.A. Morozov, R.Z. Sadikov, N.I., Morozova, F.A. Musaev. // Vestnik FGBOU VO RGATU. – 2024. - t. 16. - №1.- S.62-70.

11.Solov'eva, O.I. Primenenie innovacionnyh informacionnyh tekhnologiy v upravlenii kachestvom moloka korov holmogorskoj porody [Текст] /О. И. Соловьева // Zootekhniya. - 2011. - № 2. - S. 31-32.

12.Surovcev V.N. Osvoenie cifrovyyh tekhnologiy kak osnova strategii razvitiya molochnogo skotovodstva // APK: Ekonomika, upravlenie. 2018. № 9. S. 108-117.

13.Shuvarikov, A.S. Ispol'zovanie geneticheskikh i paratipicheskikh faktorov v povyshenii produktivnosti moloka. Dis....dokt. s.-h. nauk, M.: - 2004. -291.

14.Komp'yuterizirovannaya sistema upravleniya molochnoy fermoy.URL:https://www.agro-vek.ru/p99-kompyuterizirovannaya-sistema-upravleniya-molochnoy-Fermoy.

15.Regional'nyj centr informacionnogo obespecheniya plemennogo zhivotnovodstva Leningradskoj oblasti «PLINOR» https://plinor.ru.

16.Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo.URL: 97d2448548e 047b0952c3b9a1b10edde.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

Морозов Игорь Александрович, аспирант кафедры общественного питания и технологии переработки с.-х. продукции, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», igor.mor@rgatu.ru

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



Шашкова Ирина Геннадьевна, д-р экономических наук, профессор, проректор по развитию образовательного процесса и цифровой трансформации, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ishashkova6@gmail.com

Садиков Рифат Зайнидинович, канд. с.-х. наук, ИП Садиков Рифат Зайнидинович, rifat.sadikov@delaval.com

Садиков Рустам Ринатович, аспирант кафедры технических систем в АПК, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», rustam.sadikov.97@mail.ru

Author information

Morozov Igor A., postgraduate student of the Department of Public Catering and Agricultural Processing Technology, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, igor.mor@rgatu.ru

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

Shashkova Irina G., Doctor of Economical Sciences, Professor, Vice-rector for the Development of the educational process and Digital Transformation, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ishashkova6@gmail.com

Sadikov Rifat Z., Candidate of Agricultural Sciences, IP Sadikov Rifat Zainidinovich, rifat.sadikov@delaval.com

Sadikov Rustam R., postgraduate student of the Department of Technical Systems in Agriculture, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rustam.sadikov.97@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.08.2024; одобрена после рецензирования 26.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 22.08.2024; approved after reviewing 26.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.





Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №2, с. 52-59
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp 52-59

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2:636.082.1:612.6
DOI:10.36508/RSATU.2024.90.95.008

СОДЕРЖАНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Ольга Игоревна Себежко

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Россия
sebezhkoolga@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Холестерин выполняет важнейшие биологические функции в организме животных, участвуя в биосинтезе мембран, стероидов, включая репродуктивные гормоны, витаминов, синаптической передаче импульсов, тем самым играя ведущую роль в формировании и развитии органов и систем, функционировании нервной системы, репродуктивном здоровье, инициации лактации. При этом холестерин определяет направленность ведущих патогенетических механизмов в прогрессировании дислипидемий, как полигенных заболеваний с наследственной предрасположенностью или синдрома дефицита холестерина, как наследственного заболевания. Целью настоящего исследования было установление содержания и изменчивости общего холестерина у крупного рогатого скота разных пород и направлений продуктивности в Западной Сибири.

Методология. Исследования проведены на животных черно-пестрой, герефордской и симментальской пород, разводимых в условиях крупных животноводческих комплексов Западной Сибири. Возраст быков – 13 месяцев, коров – 2-я лактация. Условием включения в экспериментальные группы было отсутствие заболеваний и разведение скота на экологически благополучных территориях. К молочному направлению продуктивности относили голштинскую, черно-пеструю породы; к мясному – герефордскую и к мясомолочному – симментальскую. Оценка содержания холестерина в сыворотке крови крупного рогатого скота проводилась методом ферментативного гидролиза CHOD-PAP в лаборатории экологической генетики и биохимии НГАУ.

Результаты. Установлено влияние пола на уровень общего холестерина в сыворотке крови крупного рогатого скота молочного и мясо-молочного направлений. Между быками и коровами герефордской породы различий не выявлено. Ранжированный ряд по медианным значениям концентраций холестерина у коров можно представить следующим образом: черно-пестрая → голштинская → симментальская и герефордская; 5,86 ммоль/л → 3,6 ммоль/л → 3,34 и 3,35 ммоль/л соответственно. У быков: симментальская → герефордская → черно-пестрая и голштинская; 4,87 ммоль/л → 3,38 ммоль/л → 2,85 и 2,19 ммоль/л соответственно.

Заключение Уровень холестерина в сыворотке крови сельскохозяйственных животных зависит от сложного взаимодействия генетических и средовых факторов. Выявленные различия между полами и разными породами крупного рогатого скота разных направлений продуктивности отражают вклад генетических факторов в количественные уровни холестерина. Одновременно, установленные повышенные средние значения холестерина в сыворотке крови свидетельствуют о влиянии средовых факторов, характеризующих эколого-климатические условия в Западной Сибири.

Ключевые слова: общий холестерин, крупный рогатый скот, порода, молочный скот, направления продуктивности

Для цитирования: Себежко О.И. Содержание и изменчивость общего холестерина у крупного рогатого скота разных направлений продуктивности // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №2. С.52-59 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.90.95.008>

Original article

CONTENT AND VARIABILITY OF TOTAL CHOLESTEROL IN CATTLE OF DIFFERENT DIRECTIONS OF PRODUCTIVITY

Olga I. Sebezhko

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

sebezhkoolga@yandex.ru

© Себежко О.И., 2024 г.

Abstract.

Problem and purpose. Cholesterol performs the most important biological functions in the animal body, participating in the biosynthesis of membranes, steroids, including reproductive hormones, vitamins, synaptic transmission of impulses, thereby playing a leading role in the formation and development of organs and systems, the functioning of the nervous system, reproductive health, initiation of lactation. At the same time, cholesterol determines the direction of the leading pathogenetic mechanisms in the progression of dyslipidemia as a polygenic disease with a hereditary predisposition or cholesterol deficiency syndrome as a hereditary disease. The purpose of this study was to establish the content and variability of total cholesterol in cattle of different breeds and productivity trends in Western Siberia.

Methodology. The research was carried out on animals of black-and-white, Holstein, Hereford and Simmental breeds bred in conditions of large livestock complexes in Western Siberia. The age of bulls is 13 months, cows are 2 months old. The condition for inclusion in the experimental groups was the absence of diseases and the breeding of livestock in ecologically safe areas. The dairy productivity direction included: Holstein, black-and-white breeds; for meat: Hereford and for meat and dairy: Simmental, the assessment of cholesterol content in the serum of cattle was carried out by the method of enzymatic hydrolysis CHOD-PAP in the laboratory of environmental genetics and biochemistry of NGAU. Results. The effect of sex on the level of total cholesterol in the blood serum of dairy and meat-dairy cattle has been established. There were no differences between bulls and cows of the Hereford breed. The ranked series according to the median values of cholesterol concentrations in cows can be represented as follows: black and white → Holstein → Simmental and Hereford; 5.86 mmol/l → 3.6 mmol/l → 3.34 and 3.35 mmol/l, respectively. In bulls: Simmental → Hereford → black-mottled and Holstein; 4.87 mmol/l → 3.38 mmol/l → 2.85 and 2.19 mmol/l, respectively.

Conclusion. The level of cholesterol in the blood serum of farm animals depends on the complex interaction of genetic and environmental factors. The revealed differences between the sexes and different breeds of cattle of different productivity directions reflect the contribution of genetic factors to quantitative cholesterol levels. At the same time, the established elevated average values of cholesterol in blood serum indicate the influence of environmental factors characterizing the ecological and climatic conditions in Western Siberia..

Key words: total cholesterol, cattle, breed, dairy cattle, productivity directions

For citation: Sebezhko O. I. Content and variability of total cholesterol in cattle of different directions of productivity // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2024. Vol. 16, No. 2. P.52-59 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.90.95.008>

Введение

Холестерин имеет важное биологическое значение для организма сельскохозяйственных животных. Он играет существенную роль в формировании клеточных мембран, синтезе желчных кислот, выработке гормонов и витамина D. Холестерин участвует в транспортировке веществ через клеточные мембраны, влияя на их проницаемость для воды и ионов, а также на состояние рецепторной системы клеток.

Оценка уровня общего холестерина у коров актуальна, поскольку может предоставить информацию о статусе питания и метаболическом здоровье животных. В молочной железе коров холестерин участвует в обновлении мембранных липидов, способствует формированию мембранных рафтов за счет фазового разделения липидов, тем самым обеспечивает необходимую стабильность и эластичность мембран. В печени холестерин окисляется в желчные кислоты, необходимые для эмульгирования и усвоения жиров в кишечнике [4, 6, 9, 16].

Уровни общего холестерина у коров могут варьировать в зависимости от различных физиологических факторов, таких как стадия стельности и период лактации. Воздействие технологических стрессов при выращивании скота, резкие изменения эколого-климатических условий также могут оказать влияние на метаболизм холестерина. Аномальные уровни холестерина могут указывать на основные проблемы со здоровьем, такие как нарушения обмена веществ, дисфункция печени

или дисбаланс питания. Высокий уровень холестерина может свидетельствовать о рационе, богатом жирами и углеводами. При длительной гиперхолестеринемии и гиперлипидемии складываются предпосылки к формированию синдрома жировой дистрофии печени.

Высокий уровень холестерина является ключевым фактором риска развития атеросклероза и ассоциирован с развитием заболеваний сердечно-сосудистой системы. Однако, в отличие от человека, уровень холестерина в крови у крупного рогатого скота может временно возрастать в первые месяцы после отёла. Повышенный уровень холестерина в этот период связан с увеличением активности липогенеза при производстве молока, что может привести к повышенной метаболической нагрузке на организм [5, 7, 12-14].

Мониторинг уровня холестерина у племенных животных может помочь оценить репродуктивное здоровье и фертильность. Он играет решающую роль в синтезе стероидных гормонов, включая репродуктивные гормоны, такие как эстроген и тестостерон. Повышенный уровень холестерина у коров перед оплодотворением может повлиять на выработку прогестерона и таким образом повлиять на сохранение и последующую фертильность. Кроме того, низкий уровень холестерина связан с меньшей вероятностью оплодотворения и развития беременности [14, 15].

К числу факторов, определяющих сложную природу уровня холестерина у крупного рогатого скота, несомненно, относятся порода и продуктив-



ность. В последние годы в Российской Федерации наблюдается снижение количества голов крупного рогатого скота, при этом регистрируется повышение продуктивности животных, включая рост удоев. Очевидно, что такая ситуация является результатом активной селекционной работы, направленной на повышение удоев, а также внедрения современных биотехнологий в производство, при этом не стоит забывать, что высокопродуктивные животные имеют наиболее подверженный влиянию негативных факторов метаболизм, а первые месяцы после лактации могут сопровождаться гиперхолестеринемией [2,3].

Современное российское промышленное производство молока основано в основном на животных черно-пестрой и голштинской пород. Голштинская порода коров – самая продуктивная молочная порода. В РФ у голштинских коров черно-пестрой масти в 2021 году средний удой по последней законченной лактации составлял 9584 кг, с содержанием жира 3,85% и белка 3,29%, в 2022 году – 9526 кг; 3,89%; 3,30% соответственно [3].

Среди пород мясного направления продуктивности во всем мире лидирует герефордская порода, первых представителей которой в СССР завезли лишь в 1928-1932 гг. из Уругвая и Англии, но из-за нарушений условий содержания интродукция не удалась, лишь в 1955-1975 гг. было повторно завезено свыше 7 тысяч животных, в том числе и в Сибирь [1]. Основной породой среди районированных в Сибирском федеральном округе является черно-пестрая, составляющая 49,3% от всего поголовья, но, начиная ещё с 1974 г., в большинстве хозяйств применяют прилитие голштинской крови [3].

К мясомолочному направлению продуктивности относится симментальская порода. Первые представители этой породы были импортированы в нашу страну в 1870-х годах [10].

Коровы, отбираемые с учетом высокой молочной или мясной продуктивности, а также выращиваемые в различных эколого-климатических условиях, могут иметь различия в метаболических потребностях, что может повлиять на уровень холестерина в их организме.

Целью данной работы является оценка содержания и изменчивости общего холестерина у коров разных направлений продуктивности в Западной Сибири. Для этого в популяционных выборках половозрелых коров черно-пестрой, голштинской, герефордской и симментальской пород было необходимо определить средние значения общего холестерина, рассмотреть изменчивость и оценить межпородные различия по данному показателю.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на животных черно-пестрой, голштинской, герефордской и симментальской пород, разводимых в условиях крупных животноводческих комплексов, расположенных на территории Западной Сибири в Новосибирской, Кемеровской, Омской областях и Алтайского края. Возраст быков – 13 месяцев, коров – 2-я лактация. Количество животных составляло: чер-

но-пестрая порода: быки – 24, коровы – 56; голштинская: быки – 21, коровы – 79, герефордская: быки – 28, коровы – 74; симментальская: быки – 12, коровы – 17. К молочному направлению продуктивности относили: голштинскую, черно-пеструю породы; к мясному – герефордскую и к мясомолочному – симментальскую.

Условием включения в экспериментальные группы было отсутствие заболеваний у животных. Скот находился в надлежащих условиях в соответствии с Ветеринарными правилами содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации (приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21 октября 2020 года № 622).

Кровь брали утром, перед кормлением животных, из хвостовой вены (v. с осугеа), что было менее стрессовым в сравнении с взятием из яремной вены. Забор крови осуществлялся в вакуумные пробирки с нанесенным в форме микро-частиц на стенки сухим активатором свертывания диоксидом кремния (SiO₂) (с красной крышкой). Прокол вены и окружающих её мягких тканей осуществлялся в один приём стерильной одноразовой медицинской иглой, предназначенной для вакуумных систем взятия крови.

Образцы крови доставлялись в лабораторию биохимии и экологической генетики кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии в термобоксе с хладагентами при температуре + 2-4° С, избегая повышенного механического воздействия на образцы. Оценка содержания холестерина в сыворотке крупного рогатого скота проводилась методом ферментативного гидролиза и окисления CHOD-PAP с использованием холестероластеразы, холестеролоксидазы и пероксидазы с помощью наборов реактивов «Холестерин-Ново», (Вектор-Бест, Россия). Все измерения проведены на фотометре Photometer 5010V5+ (ROBERTRIELE GmbH & Co KG, Германия).

В районах разведения животных при длительном мониторинге почв, воды, кормов, а также тканей и органов крупного рогатого скота не выявлено превышение ПДК по содержанию макро- и микроэлементов, тяжёлых металлов и радионуклидов [11,17,18].

На этапе предварительной обработки данных определили выбросы с использованием метода Грабса для наибольших и наименьших значений и удалили их. Распределения полученных данных по концентрации изучаемых показателей холестерина профиля были оценены на нормальность с использованием тестов Андерсона-Дарлинга (при количестве животных в выборке, превышающем 50) и Шапиро-Уилка. При нормальном распределении применяли параметрические статистические методы. В иных случаях использовали робастные показатели медианы (Me), квартили (Q1 и Q3), межквартильный интервал (IQR), вариационный размах.

Гомогенность дисперсии определяли методом Флигнера-Килина fligner.test, межгрупповые сравнения проводили с помощью критерия Краскера-Уоллиса, критерия Стьюдента, для независимых



выборок или теста Манна-Уитни, post hoc анализ проводился методом Данна – dunn.test.

Вычисления производили в программе R x 64 3.6.2. Для определения выбросов использовалась функция grubbs.test (пакет outliers), для оценки нормальности распределения – shapiro.test и Андерсона-Дарлинга ad.test (пакет nortest).

Результаты исследований и их обсуждение

После устранения выбросов методом Грабса для наибольших и наименьших значений была определена нормальность распределения методами Шапиро-Уилка, что представлено в таблице 1 и Андерсона-Дарлинга (табл.2).

Таблица 1 – Оценка нормальности распределения холестерина методом Шапиро-Уилка.

Порода	Пол	Шапиро-Уилка	P-value	Результат
Голштинская	Быки	0,94441	0,266	Нормальное
Черно-пестрая	Быки	0,95095	0,284	Нормальное
Герефордская	Быки	0,95022	0,2007	Нормальное
Симментальская	Коровы	0,95468	0,5346	Нормальное
	Быки	0,8992	0,1549	Нормальное

При определении нормальности распределения в малых выборках предпочтительнее использовать тест Шапиро-Уилка, но, когда количество наблюдений в выборке превышало 50, использовали тест Андерсона-Дарлинга.

Таблица 2 – Оценка нормальности распределения холестерина методом Андерсона-Дарлинга.

Порода	Пол	Андерсон-Дарлинг	P-value	Результат
Голштинская	Коровы	3,6573	3,602e-09	Отлично от нормального
Герефордская	Коровы	0,7659	0,04440746	Отлично от нормального
Черно-пестрая	Коровы	0,87177	2,208e-05	Отлично от нормального

В результате оценки соответствия выборок распределению Гаусса было установлено, что не все распределения являются нормальными, и, следовательно, для их описания не подойдут параметрические методы.

Результаты биометрической обработки с учетом характера распределения данных представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели описательной статистики содержания общего холестерина в сыворотке крови крупного рогатого скота Западной Сибири, ммоль/л.

Порода	Пол	$X \pm Sx$	σ	Me	Min- Max	Q1	Q3	IQR	CV, %
Голштинская	Коровы	-	-	3,60	9,34	2,80	5,10	2,3	-
	Быки	2,35± 0,23	1,03	2,19	3,62	1,45	2,87	1,42	44,10
Черно-пестрая	Коровы	-	-	5,86	6,87	5,11	6,47	1,36	-
	Быки	3,08± 0,12	0,59	2,95	2,41	2,69	3,33	0,64	19,12
Герефордская	Коровы	-	-	3,38	7,29	2,42	4,27	1,85	-
	Быки	3,33± 0,16	0,82	3,33	2,98	2,96	4,01	1,06	24,61
Симментальская	Коровы	3,39± 0,26	1,06	3,34	3,92	2,94	3,74	0,80	31,32
	Быки	5,55 ± 0,76	2,62	4,87	9,08	3,31	4,87	1,56	47,03

Примечание: $X \pm Sx$ – среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического, σ – среднее квадратическое отклонение, Me – медиана, Min-Max – размах вариации, Q1 – 1-й квартиль, Q3 – 3-й квартиль, IQR – межквартильный размах, Cv – коэффициент вариации.

Классические и широко применяемые показатели описательной статистики в случае распределения показателя, отличного от нормального, будут демонстрировать ложную картину состояния исследуемого признака; в данном случае наиболее правильным для сравнения выборок будет использование медианы. При анализе литературных

источников можно отметить, что в большинстве случаев авторы приводят средние значения общего холестерина более низкие, чем определённые нами [18-26]. По всей видимости, повышенные цифры общего холестерина обусловлены адаптацией скота к эколого-климатическим условиям Западной Сибири.

Таблица 4. – Сравнение уровня общего холестерина между быками и коровами по породам

Порода	Критерий Стьюдента	Критерий Манна-Уитни U	Z	p-value
Голштинская		1808	-4,0856	0,00004396*
Черно-пестрая		68,5	-5,3937	6,903e-8*
Герефордская		1008	-0,3709	0,7107
Симментальская	3,6822			0,0006684*

Z – пересчет U на нормальное распределение, * – $p \leq 0,05$ – статистически значимые различия

Таким образом, по уровню холестерина установлен половой диморфизм у всех пород КРС, кроме герефордской. Уровень холестерина выше у коров молочных пород (голштинской и черно-пестрой) в сравнении с быками. Наибольшие различия наблюдаются у черно-пестрого скота – 2,91 ммоль/л, у голштинской породы на 1,41 ммоль/л. Эти различия, по-видимому, могут быть связаны с активацией липолиза во время высокой лактационной деятельности у коров молочного направления, и менее интенсивной лактацией у коров герефордской породы, как представителя мясного направления.

При оценке межпородных различий по уровню общего холестерина у КРС голштинской, черно-пестрой и симментальской пород мы проводили анализ с учетом пола, а животных герефордской

породы объединяли в одну группу. В результате проведенного теста Флигнера-Килина удалось установить, что в исследуемых данных отсутствует гомогенность дисперсий между выборками по породам. P-value теста составило 0,00036624 при $df=6$.

Количество сравниваемых нами выборок равно 7, а также распределение в некоторых выборках отлично от нормального, что дает основание для применения теста Краскелла-Уоллиса для оценки значимости различий по породам и по направлениям продуктивности. P-value теста Краскелла-Уоллиса для разных пород с учетом пола составил $5,976e-12$, статистика теста равна 64,3065 $df=6$. Результаты множественного сравнения по Данну средних значений общего холестерина представлены в таблице 5.

Таблица 5. – Результаты множественного сравнения по Данну средних значений общего холестерина

Породы	Z	p
Симментальская коровы – симментальская быки	2,6045	0,009201*
Симментальская коровы – черно-пестрая быки	0,8973	0,3696
Симментальская коровы – черно-пестрая коровы	-4,6975	0,00002634*
Симментальская коровы – герефордская	-0,04695	0,9626
Симментальская коровы – голштинская быки	2,0529	0,04009
Симментальская коровы – голштинская коровы	-1,3206	0,1866
Симментальская быки – черно-пестрая быки	3,2082	0,001336*
Симментальская быки – черно-пестрая коровы	-0,8587	0,3905
Симментальская быки – герефордская	2,8699	0,004105*
Симментальская быки – голштинская быки	4,1554	0,00003247*
Симментальская быки – голштинская коровы	2,1155	0,03439*
Черно-пестрая быки – черно-пестрая коровы	-5,341	9,244e-8*
Черно-пестрая быки – герефордская	-1,124	0,261
Черно-пестрая быки – голштинская быки	1,0195	0,308
Черно-пестрая быки – голштинская коровы	-2,3361	0,01948*
Черно-пестрая коровы – герефордская	5,8188	5,927e-9*
Черно-пестрая коровы – голштинская быки	6,8943	5,412e-12*
Черно-пестрая коровы – голштинская коровы	4,8737	0,00001095*
Герефордская – голштинская быки	2,623	0,008717*
Герефордская – голштинская коровы	-2,0056	0,0449*
Голштинская быки – голштинская коровы	-4,1115	0,00003931*

Примечание: Z – статистика попарного z-теста Данна, * – достоверные различия при $p \leq 0,05$.

Данные апостериорного анализа подтверждают различия между быками и коровами по содержанию общего холестерина в сыворотке крови голштинской, герефордской и симментальской

пород и отсутствием различий у герефордской. Ранжированный ряд по медианным значениям концентраций холестерина у коров можно представить следующим образом: черно-пестрая →

голштинская → симментальская и герефордская; у быков: симментальская → герефордская → черно-пестрая и голштинская. Следует отметить различия в содержании холестерина между коровами голштинской и черно-пестрой пород, относящихся к молочному направлению продуктивности, при отсутствии различий у быков, что отражает породные особенности метаболических процессов во время лактации. Установленные различия по содержанию холестерина между быками молочного, мясного и смешанного направлений свидетельствуют о направленном селекционном процессе.

Содержание холестерина в сыворотке крови крупного рогатого скота характеризуется достаточно высокой фенотипической изменчивостью, что

отражает вклад как генетических, так и средовых факторов в величину показателя (рис.). Наиболее высокой фенотипической изменчивостью характеризуется содержание холестерина у коров голштинской породы (IQR = 2,3 ммоль/л, вариационный размах 9,34 ммоль/л), что, вероятно, связано с присутствием в исследуемой выборке коров с разным сроком начала лактации. У быков симментальской породы также отмечено достаточно высокое варьирование признака в сравнении с другими животными, при этом растянутость «веретена» вправо на рисунке отражает аномально высокое значение варианты у одного из быков, которая как выброс была исключена при расчётах.

Содержание общего холестерина в сыворотке крови коров и быков разных пород, ммоль/л

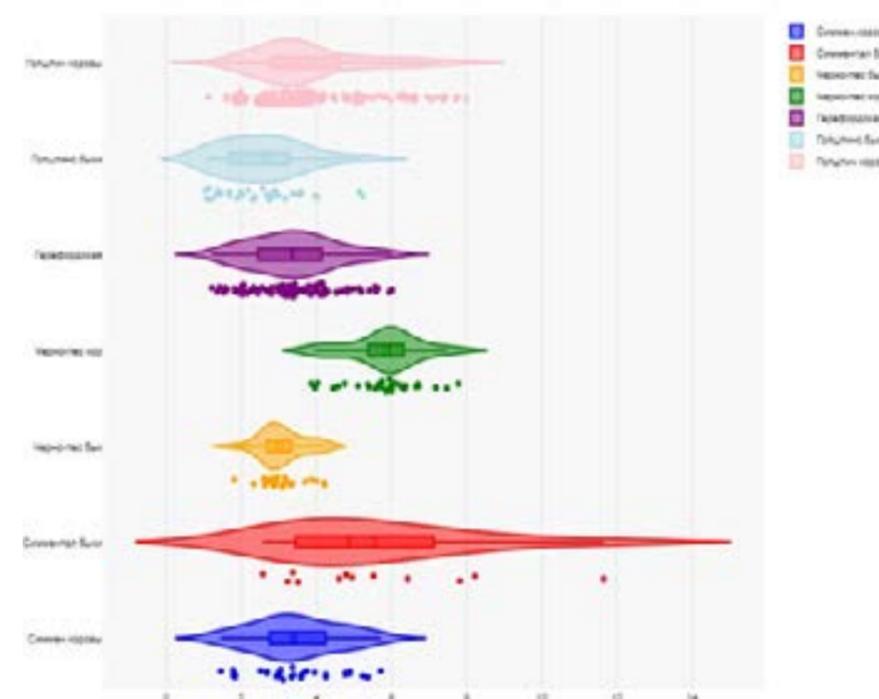


Рис. – Содержание общего холестерина в сыворотке крови коров и быков разных пород в Западной Сибири
Fig. – The total cholesterol content in the blood serum of cows and bulls of breeds in Western Siberia

Заключение

Общий холестерин – важный показатель липидного обмена крупного рогатого скота, входит в состав всех биомембран, а также является важным компонентом различных эндокринных и клеточных сигнальных путей. Количественный уровень холестерина в крови зависит от сложного взаимодействия генетических предрасположенностей и средовых факторов. Понимание этих факторов может помочь в разработке стратегии по контролю уровня холестерина при оценке влияния технологических стрессовых факторов или изменения окружающей среды на здоровье и благополучие животных. В результате количественной оценки холестерина в сыворотке крови здоровых животных, разводимых на экологически благополучных территориях, установлены следующие особенно-

сти содержания и изменчивости:

- 1) выявлен половой диморфизм по содержанию холестерина у животных молочного и мясомолочного направлений продуктивности;
- 2) установлены межпородные различия по уровню общего холестерина. Породы КРС располагались в виде последовательности в порядке уменьшения ($p < 0,05$), коровы: черно-пестрая → голштинская → симментальская и герефордская; быки: симментальская → герефордская → черно-пестрая и голштинская.
- 3) фенотип крупного рогатого скота черно-пестрой, голштинской, герефордской, симментальской и герефордской пород в условиях Западной Сибири характеризуется повышенными значениями общего холестерина.

**Список источников**

1. Афанасьева А. И., Сарычев В. А. Сравнительная характеристика воспроизводительной способности мясного скота геррефордской породы канадской и сибирской селекций. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – 12(122). – С. 86-90.

2. Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPs по гену TNFR1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью / М. П. Люханов, В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, О. И. Себежко // Зоотехния. – 2015. – № 3. – С. 2-3. – EDN TKJUUV.

3. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 год). – Лесные Поляны : ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела", 2023. – 255 с. – ISBN 978-5-87958-436-3. – EDN WCVFPB.

4. Липидный статус овцематок романовской породы на юге Западной Сибири / И. Н. Морозов, О. И. Себежко, Е. И. Тарасенко, Е. А. Климанова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 7. – С. 71-76. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_7_71. – EDN TJSOSC

5. Васильева, С. В. Динамика фракций холестерина у коров в транзитный период / С. В. Васильева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2021. – № 4. – С. 142-146. – DOI 10.52419/issn2072-6023.2021.4.142. – EDN NAYGPF.

6. Межпородные различия показателей холестерина профиля у крупного рогатого скота в Западной Сибири / О. И. Себежко, Т. В. Коновалова, О. С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2(67). – С. 237-250. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-67-2-237-250. – EDN JNELMH.

7. Курдеко, А. П. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у коров в динамике лактации / А. П. Курдеко, Е. А. Сологуб // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". – 2019. – Т. 55, вып. 3. – С. 38-41.

8. Межпородные различия содержания и изменчивости холестерина у крупного рогатого скота Сибири / О. И. Себежко, О. С. Короткевич, В. Л. Петухов [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 4(193). – С. 137-143. – DOI 10.36718/1819-4036-2023-4-137-143. – EDN RIEKXB.

9. Современные аспекты метаболизма холестерина у крупного рогатого скота / О. И. Себежко, К. Н. Нарожных, О. С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2(59). – С. 91-105. – DOI 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105. – EDN AVKKTQ.

10. Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Мясная продуктивность бычков симментальской породы и помесей с кровностью (½ симментальская + ½ абердин-ангусская), (½ симментальская + ½ калмыцкая) / Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 92-99. DOI 10.28983/asj.y2023i4pp92-99.

11. Элементный статус крови крупного рогатого скота голштинской породы в биогеохимических условиях Кемеровской области / Н. И. Шишин, О. И. Себежко, Ю. И. Федяев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 3(44). – С. 70-79. – EDN ZHRBMR.

12. Clinicopathological Phenotype of Autosomal Recessive Cholesterol Deficiency in Holstein Cattle/T. Mock // J. of Veterinary Internal – 2016. – Vol. 30(4). – P. 1369–1375.

13. Gross J. J. et al. Plasma cholesterol levels and shortterm adaptations of metabolism and milk production during feed restriction in early lactating dairy cows on pasture //Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2021. – Т. 105. – №. 6. – С. 1024-1033.

14. Vasilenko, T. F. Factors determining the elevated blood cholesterol level in dairy cows during first months of postpartum / T. F. Vasilenko // Problems of Productive Animal Biology. – 2020. – No. 2. – P. 75-81. – EDN IGNJTC.

15. Guzel S., Tanriverdi M. Comparison of serum leptin, glucose, total cholesterol and total protein levels in fertile and repeat breeder cows //Revista Brasileira de Zootecnia. – 2014. – Т. 43. – С. 643-647.

16. Katica M. Daily Milk Production in Cows: The Effect on the Concentration Level of Total Cholesterol in Blood Serum/ M.Katica, A. Mukača, E. Saljic //Dairy and Vet Sci J. 2019; 12(4): 555841. DOI: 10.19080/JDVS.2019.12.555841

17. Lead Content in Soil, Water, Forage, Grains, Organs and the Muscle Tissue of Cattle in Western Siberia (Russia) / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, J. I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2018. – Vol. 45, No. 4. – P. 866-871. – EDN EMDKNH.

18. Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia / K. N. Narozhnykh, O. I. Sebezko, T. V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38, No. 3. – P. 149. – EDN CKIJF.

References

1. Afanas'eva A. I., Sarychev V. A. *Sravnitel'naya kharakteristika vosproizvoditel'noi sposobnosti myasnogo skota gerrefordskoi porody kanadskoi i sibirskoi selektsii. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2014. – № 12(122). – S. 86-90.

2. *Issledovanie odnonukleotidnogo polimorfizma SNPs po genu TNFR1 u krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody v Zapadnoi Sibiri v svyazi s molochnoi produktivnost'yu* / M. P. Lyukhanov, V. L. Petukhov, O. S. Korotkevich, O. I. Sebezko // *Zootekhnika.* – 2015. – № 3. – S. 2-3. – EDN TKJUUV.

3. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khoziaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2022 god).* – *Lesnye Polyany : FGBNU "Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut plemennogo dela",*

2023. – 255 s. – ISBN 978-5-87958-436-3. – EDN WCVFPB.

4. *Lipidnyi status ovtsematok romanovskoi porody na yuge Zapadnoi Sibiri* / I. N. Morozov, O. I. Sebezko, E. I. Tarasenko, E. A. Klimanova // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* – 2022. – Т. 36, № 7. – С. 71-76. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_7_71. – EDN TJSOSC

5. *Vasil'eva, S. V. Dinamika fraktsii kholesterina u korov v tranzitnyi period* / S. V. Vasil'eva // *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii.* – 2021. – № 4. – С. 142-146. – DOI 10.52419/issn2072-6023.2021.4.142. – EDN NAYGPF.

6. *Mezhpородnye razlichiya pokazatelei kholesterinovogo profilya u krupnogo rogatogo skota v Zapadnoi Sibiri* / O. I. Sebezko, T. V. Konovalova, O. S. Korotkevich [i dr.] // *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet).* – 2023. – № 2(67). – С. 237-250. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-67-2-237-250. – EDN JNELMH.

7. *Kurdeko, A. P. Perekisnoe okislenie lipidov i antioksidantnaya zashchita u korov v dinamike laktatsii* / A. P. Kurdeko, E. A. Sologub // *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny".* – 2019. – Т. 55, вып. 3. – С. 38-41.

8. *Mezhpородnye razlichiya sodержaniya i izmenchivosti kholesterina u krupnogo rogatogo skota Sibiri* / O. I. Sebezko, O. S. Korotkevich, V. L. Petukhov [i dr.] // *Vestnik KrasGAU.* – 2023. – № 4(193). – С. 137-143. – DOI 10.36718/1819-4036-2023-4-137-143. – EDN RIEKXB.

9. *Sovremennye aspekty metabolizma kholesterina u krupnogo rogatogo skota* / O. I. Sebezko, K. N. Narozhnykh, O. S. Korotkevich [i dr.] // *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet).* – 2021. – № 2(59). – С. 91-105. – DOI 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105. – EDN AVKKTQ.

10. *Makro- i mikroelementy v pochvakh i kormovykh travakh prifermerskikh polei Barnaul'skogo Priob'ya* / A. I. Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A. *Myasnaya produktivnost' bychkov simmental'skoi porody i pomesei s krovnost'yu (½ simmental'skaya + ½ aberdin-angusskaya), (½ simmental'skaya + ½ kalmytskaya).* *Agrarnyi nauchnyi zhurnal.* – 2023. – №4. – С. 92-99. DOI 10.28983/asj.y2023i4pp92-99.

11. *Elementnyi status krvi krupnogo rogatogo skota golshtinskoi porody v biogeokhimeskikh usloviyakh Kemerovskoi oblasti* / N. I. Shishin, O. I. Sebezko, Yu. I. Fedyaev [i dr.] // *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet).* – 2017. – № 3(44). – С. 70-79. – EDN ZHRBMR.

12. *Clinicopathological Phenotype of Autosomal Recessive Cholesterol Deficiency in Holstein Cattle*/T. Mock // *J. of Veterinary Internal* – 2016. – Vol. 30(4). – P. 1369–1375.

13. *Gross J. J. et al. Plasma cholesterol levels and shortterm adaptations of metabolism and milk production during feed restriction in early lactating dairy cows on pasture* //*Journal of animal physiology and animal nutrition.* – 2021. – Т. 105. – №. 6. – С. 1024-1033.

14. *Vasilenko, T. F. Factors determining the elevated blood cholesterol level in dairy cows during first months of postpartum* / T. F. Vasilenko // *Problems of Productive Animal Biology.* – 2020. – No. 2. – P. 75-81. – EDN IGNJTC.

15. *Guzel S., Tanriverdi M. Comparison of serum leptin, glucose, total cholesterol and total protein levels in fertile and repeat breeder cows* //*Revista Brasileira de Zootecnia.* – 2014. – Т. 43. – С. 643-647.

16. *Katica M. Daily Milk Production in Cows: The Effect on the Concentration Level of Total Cholesterol in Blood Serum*/ M.Katica, A. Mukača, E. Saljic //*Dairy and Vet Sci J.* 2019; 12(4): 555841. DOI: 10.19080/JDVS.2019.12.555841

17. *Lead Content in Soil, Water, Forage, Grains, Organs and the Muscle Tissue of Cattle in Western Siberia (Russia)* / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, J. I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology.* – 2018. – Vol. 45, No. 4. – P. 866-871. – EDN EMDKNH.

18. *Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia* / K. N. Narozhnykh, O. I. Sebezko, T. V. Konovalova [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes.* – 2021. – Vol. 38, No. 3. – P. 149. – EDN CKIJF.

Информация об авторе

Себежко Ольга Игоревна, канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, «ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет», sebezkooolga@yandex.ru

Author information

Sebezko Olga I., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University, sebezkooolga@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 30.06.2024; одобрена после рецензирования 30.08.2024; принята к публикации 20.09.2024

The article was submitted 30.06.2024; approved after reviewing 30.08.2024; accepted for publication 20.09.2024



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 60-69
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, pp. 60-69

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.53.027.2
DOI: 10.36508/RSATU.2024.32.61.009

**КЛУБНЕВОЙ АНАЛИЗ И ПРОФИЛАКТИКА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА В ТЕХНОЛОГИИ
ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ УНИЦ «АГРОТЕХНОПАРК»**

Андрей Андреевич Соколов¹, **Ирина Сергеевна Питюрина²**, **Дмитрий Валериевич Виноградов³**, **Юрий Владимирович Доронкин⁴**

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

² Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия

¹ falcon-agro@mail.ru

² piturina@yandex.ru

³ vdv-rz@rambler.ru

⁴ yury.doronkin@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью исследования была оценка фитосанитарного состояния семенного материала картофеля и эффективность выращивания сортов картофеля в зависимости от предшественника в УНИЦ «Агротехнопарк».

Методология. Научные исследования выполнялись в 2022-2023 гг. в условиях Рязанского района на серых лесных тяжелосуглинистых почвах. Объектами исследований были раннеспелые сорта картофеля Королева Анна, Рэд Леди и Гала. Полевые работы проводились в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с существующими зональными рекомендациями. Предшественником культуры были выбраны озимая пшеница и горох посевной. В лаборатории проводили клубневой анализ на выявление поражения семенного материала заболеваниями. В полевых исследованиях в течение вегетационного периода наблюдали за развитием вредных организмов в посадках картофеля, определяли эффективность применения средств защиты растений, учитывали урожайность возделываемых сортов картофеля и определяли структуру урожая. Все исследования проводились по стандартным методикам.

Результаты. В результате исследований выявлено, что семенные клубни картофеля имеют поражение различными инфекциями картофеля, преимущественно грибковой этиологии. Наибольшее распространение среди семенной инфекции имеет ризоктониоз (24,6-28,5 %). Использование в технологии возделывания картофеля в качестве предшественника зернобобовой культуры и изучаемой системы защиты растений способствовало снижению степени пораженности растений картофеля заболеваниями в период вегетации, повышению продуктивности культуры и товарности клубней. Урожайность картофеля, полученного после предшественника гороха, была выше, чем после предшественника озимой пшеницы, в среднем, на 1,3-10,8 % в зависимости от сорта. Максимальная урожайность получена на варианте с сортом Гала (25,1 т/га).

Заключение. Таким образом, результаты исследований, проведенных в 2022-2023 гг., показали, что заболевания картофеля в условиях УНИЦ «Агротехнопарк» являются распространенными и вредоносными. Степень поражения картофеля заболеваниями во многом зависит от метеоусловий вегетационного периода, но большое значение имеет и сортовая устойчивость культуры. Отметим также, что примененные в исследованиях элементы технологии возделывания и система защиты картофеля способствовали оздоровлению фитосанитарного состояния посадок картофеля за счет снижения степени поражения растений заболеваниями и улучшению показателей структуры урожая и урожайности картофеля.

Ключевые слова: картофель, семенной материал, заболевания, подготовка клубней, Рязанский район, урожайность

Для цитирования: Соколов А.А., Питюрина И.С., Виноградов Д.В., Доронкин Ю.В. Клубневой анализ и профилактика семенного материала в технологии выращивания картофеля в УНИЦ «Агротехнопарк» // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3. С.60-69 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.32.61.009>

Original article

TUBER ANALYSIS AND PREVENTION OF SEED MATERIAL IN THE TECHNOLOGY OF POTATO CULTIVATION IN CONDITIONS OF ESIC "AGROTECHNOPARK"

Andrey A. Sokolov¹, **Irina S. Pityurina²**, **Dmitry V. Vinogradov³**, **Yuri V. Doronkin⁴**

^{1,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia

¹ falcon-agro@mail.ru

² piturina@yandex.ru

³ vdv-rz@rambler.ru

⁴ yury.doronkin@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The aim of the study was to assess the phytosanitary condition of potato seed material and the effectiveness of growing potato varieties depending on the predecessor in the UNIC "Agrotechnopark".

Methodology. Scientific research was carried out in 2022-2023 in conditions of Ryazan region on gray forest heavy loamy soils. The objects of research were early ripening potato varieties Koroleva Anna, Red Lady and Gala. Field work was carried out in optimal agrotechnical terms in accordance with existing zonal recommendations. Winter wheat and peas were chosen as the predecessor crops. In the laboratory, a tuber analysis was carried out to identify disease damage to the seed material. In field studies during the growing season, the development of pests in potato plantings was monitored, the efficiency of using plant protection products was determined, the yield of cultivated potato varieties was taken into account, and the structure of the crop was determined. All studies were carried out using standard methods.

Results. As a result of the research, it was revealed that potato seed tubers were affected by various potato infections, mainly of fungal etiology. The most common seed infection was rhizoctonia (24.6-28.5 %). The use of potato cultivation technology as a forecrop of a leguminous crop and the studied plant protection system contributed to a decrease in the degree of disease infestation of potato plants during the growing season, an increase in the productivity of the crop and the marketability of tubers. The yield of potatoes obtained after the pea forecrop was higher than after the winter wheat forecrop, on average by 1.3-10.8 %, depending on the variety. The maximum yield was obtained with Gala variety (25.1 t/ha).

Conclusion. Thus, the results of the research conducted in 2022-2023 showed that potato diseases in conditions of ESIC "Agrotechnopark" were widespread and harmful. The degree to which potatoes were affected by diseases largely depended on weather conditions of the growing season, but the varietal resistance of the crop was also of great importance. We also noted that elements of the cultivation technology and the potato protection system used in the research contributed to the improvement of the phytosanitary state of potato plantings by reducing the degree of plant damage by diseases and improving the indicators of the crop structure and potato yield.

Key words: potatoes, seed material, diseases, preparation of tubers, Ryazan region, productivity

For citation: Sokolov A.A., Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Doronkin Yu.V. Tuber analysis and prevention of seed material in the technology of potato cultivation in conditions of ESIC "Agrotechnopark" // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 3. P. 60-69 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.32.61.009>

Введение

Картофель является вегетативно размножаемой культурой, склонной в сильной степени поражаться различными заболеваниями. При этом потери урожая при благоприятных условиях развития патогенов могут достигать 30-50 % и более. На территории Рязанской области растения картофеля чаще всего поражаются ризоктониозом, фузариозной сухой и альтернариозной гнилями, фитофторозом, паршой обыкновенной. В снижении вредоносности этих заболеваний важное значение имеет правильная постановка системы защиты растений и своевременное проведение мероприятий, которые основываются на данных фитосанитарного мониторинга агроценоза.

В настоящее время наравне с полевыми исследованиями используют вспомогательную оценку с целью определения параметров качества посе-

ных клубней картофеля. Качественная экспертиза клубней картофеля осуществляется трижды: перед закладкой на хранение, посадкой, реализацией. Рассматриваемая процедура предусматривает проведение экспертизы и заполнение нормативных документов. Проведение процедур осуществляется агрономической службой, а контроль проводит госсеминаспекция по региону.

Клубневой анализ представляет собой основание для переборки семенного картофеля с целью доведения его до кондиционных данных, установленных нормативной документацией.

Партия клубней картофеля, предназначенных для посадки, должна составляться из одного сорта. При этом клубни должны быть чистыми, здоровыми, с отсутствием признаков заболеваний; механические повреждения допускаются в количестве не более 4 % от общей массы для семено-

водческих посадок, а для продовольственных не более 5 %. В элитном и оригинальном посадочном материале картофеля клубни с повреждениями должны составлять не более пяти процентов от общей массы. При этом не допускается наличие клубней с симптомами поражения стеблевой нематодой и следующих болезней: черная ножка, мокрая гниль, фитофтороз, парша.

По степени причинения ущерба клубням картофеля болезни и различного рода повреждения располагают в определенной последовательности: черная ножка, кольцевая гниль, фитофтороз, сухая гниль, стеблевая нематода, пораженные ризоктониозом, паршой, вредителями, отрицательными температурами, механически. В случае выявления каких либо из перечисленных объектов на клубне картофеля рассматривают наиболее преобладающее.

Количество непригодных для посадки клубней и их размер (мм по наибольшему поперечному сечению) вычисляют от общего числа средней пробы. При этом данные распространяются на всю партию посадочного материала, а характер каждого дефекта учитывается отдельно в зависимости от его источника. Основываясь на результатах экспертизы посадочных клубней, их по репродукциям относят к первому или второму классам.

Если по результатам экспертизы партия посадочного материала картофеля не соответствует требованиям для первого и второго класса, то проводят переборку с целью доведения до необходимой классности.

Поскольку во время вегетации картофель может поражаться различными болезнями с их последующим сохранением на урожае, то при закладке на хранение именно клубни способны представлять собой источник диссеминации патогенов. Использование пораженных клубней для посадки приводит к заражению грунта и, как следствие, распространению болезни. В связи с этим представляется необходимым проводить фитоэкспертизу клубней картофеля перед посадкой. В результате могут быть даны предложения по фунгицидной обработке материала конкретными препаратами (в соответствии со списком допущенных к использованию) перед закладкой на хранение. Рекомендованная обработка содействует снижению потерь при хранении и сохранности качественных показателей семенного материала. Обязательным условием предложений по итогам фитоэкспертизы является обработка семенных клубней картофеля перед посадкой рекомендованными протравителями.

В связи с вышесказанным фитоэкспертиза клубней семенного картофеля представляет собой неотъемлемую часть процесса подготовки посадочного материала. А в соответствии с результатами экспертизы специалистами подбираются пестициды, направленные на защиту семенного материала от патогенов.

Таким образом, целью исследования была оценка фитосанитарного состояния семенного материала картофеля и оценка эффективности

применяемых в УНИЦ «Агротехнопарк» средств защиты картофеля в технологии его выращивания.

Материалы и методы исследования

Анализ посевного материала (2022-2024 гг.) и полевые опыты выполнены (2022-2023 гг.) в условиях УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанского района.

Объект исследований – картофель сортов Королева Анна, Ред Леди и Гала.

Для проведения клубневого анализа были представлены шесть средних проб клубней картофеля трех сортов.

Анализ проводили в соответствии с общепринятой методикой ВИЗР, клубни отмывали от почвы и осматривали на предмет пораженности заболеваниями, вредителями и наличия механических повреждений. В соответствии с методикой больными считали клубни, пораженные фитофторозом, сухой гнилью, мокрой гнилью, черной ножкой, кольцевой гнилью, фомозом, стеблевой нематодой, ооспорозом, столонной гнилью, серебристой паршой, порошистой паршой в любой степени и покрытые язвами парши обыкновенной – свыше 1/3 и склероциями ризоктонии – свыше 1/10 поверхности клубня.

При наличии разных заболеваний и повреждений на одном клубне учитывали только одно – наиболее вредоносное. По вредоносности болезни и повреждения располагаются в следующем порядке: кольцевая гниль, черная ножка, мокрые бактериальные гнили, фитофтороз, фомоз, ооспороз, сухие гнили (стеблевая нематода, фузариозная гниль), клубни задохшиеся, подмороженные, ризоктониоз, парша обыкновенная, парша порошистая, парша серебристая, механические повреждения, повреждения сельскохозяйственными вредителями и другие повреждения. При обнаружении дефектных клубней их разрезали вдоль через стolonную часть, пораженные ткани исследовали под микроскопом (рис. 1).

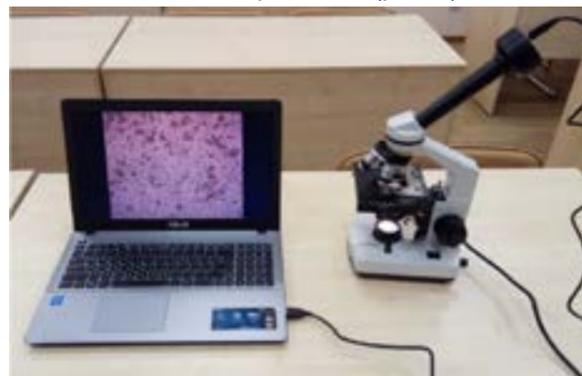


Рис. 1 – Проведение микроскопического исследования пораженных клубней картофеля
Fig. 1 – Microscopic examination of the affected potato tubers

Полевые опыты закладывали на серых лесных тяжелосуглинистых почвах, на участках Опытной агротехнологической станции ФГБОУ

ВО РГАТУ. Содержание гумуса в почве в пределах 3,2-3,3 %. Реакция почвенного раствора 5,75-5,81 (слабокислая) Содержание подвижного фосфора 138-146 мг/кг, калия – 148-153 мг/кг почвы, обеспеченность элементами питания характеризуется как повышенная. Агрофизические показатели почвы допустимы для возделывания картофеля: равновесная плотность – 1,46-1,84 г/см³, оптимальная плотность – 1,2-1,3 г/см³.

В период проведения полевых исследований погодные условия вегетационных периодов картофеля 2022 и 2023 годов были неоднородны и характеризовались различными режимами увлажнения и резкими перепадами температуры

(рис. 2). Гидротермические коэффициенты вегетационных периодов 2022 и 2023 годов свидетельствуют о достаточном увлажнении, его значения достигли 1,28 в оба года исследований. Однако распределение влаги было неравномерное и в 2022 году в летний период наблюдались атмосферные и почвенные засухи, обильные осадки наблюдались лишь в сентябре, что осложняло условия уборки. В 2023 году осадки приходились на вторую половину вегетации картофеля, что благоприятно сказалось на его продуктивности.

Отметим, что метеорологические условия вегетации картофеля оказались благоприятными для развития культуры.

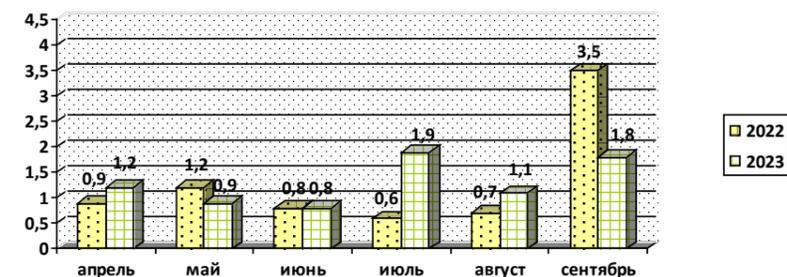


Рис. 2 – Гидротермические коэффициенты за вегетационные периоды картофеля (2022, 2023 гг.)
Fig. 2 – Hydrothermal coefficients for potato growing seasons (2022, 2023)

Предшественники в опыте – озимая пшеница и горох посевной.

Обработка почвы: осенью, после уборки предшествующих культур – дискование МТЗ 1221+БДТ-7 во II декаде августа, зяблевая вспашка К744 + ПЛН 5-35, 28 августа. Весной – ранневесеннее боронование БЗТС-1,0, культивация МТЗ 1221+КПЭ-3,8 на глубину 14-16 см. Внесение минеральных удобрений фоном – разбросным методом МТЗ 1221+РУН-1 под культивацию почвы. Применяли азотфоску с нормой 2,0 ц/га. Перед посадкой картофеля проводили нарезку гребней.

Перед посадкой клубни картофеля были обработаны комбинированным инсектофунгицидным протравителем Шансометокс Трио, КС с нормой расхода 0,4 л/т Посадка осуществлялась картофельной сажалкой КСН-4.



Рис. 3 – Посадка картофеля, проведение уходовых мероприятий на опытном участке и культура в период вегетации
Fig. 3 – Planting potatoes, carrying out care activities at the experimental site and culture during the growing season

Результаты исследований и их обсуждение

В весенний период 2022 года из партии засыпанного на хранение картофеля были отобраны средние пробы для проведения фитосанитарного обследования семенных клубней. По результатам

клубневого анализа семенного материала картофеля отмечено поражение и повреждение посадочного материала вредными объектами (рис. 4, табл. 1).

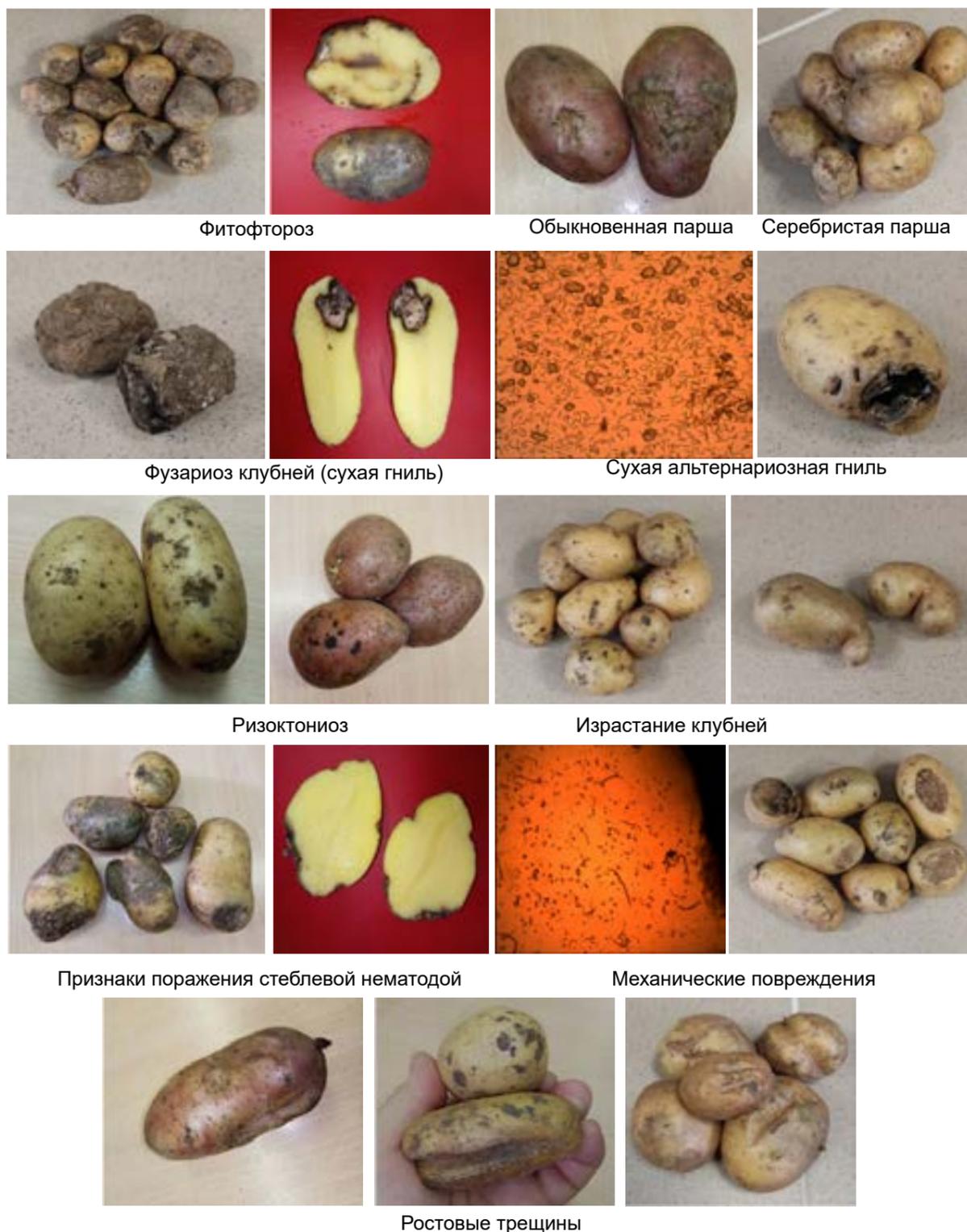


Рис. 4 – Типичные признаки дефектов семенного картофеля
Fig. 4 – Typical signs of defects in seed potatoes

Таблица 1 – Пораженность клубней семенного картофеля вредными организмами в условиях УНИЦ «Агротехнопарк»

Сорт картофеля	Поражено болезнями, %											Повреждения сельскохозяйственными вредителями,	
	Дефектных клубней, %	мокрые гнили	фитофтороз	сухими гнилями			ризоктониоз	парша обыкновенная	парша серебристая	функциональными		проволочник	совка
				стеблевая нематода	фузариозная гниль	клевцевая парша				ростовые трещины	израстания		
Королева Анна	65,0	-	7,7	1,4	3,8	1,8	27,2	5,8	12,8	0,8	0,5	3,2	-
Рэд Леди	65,5	2,4	5,8	2,9	1,3	-	24,6	11,8	14,6	0,5	-	1,6	-
Гала	58,3	-	3,6	-	1,6	-	25,6	7,3	12,0	1,2	-	4,9	2,1

Из данных таблицы 1 следует, что наибольшие средневзвешенные показатели распространения по сортам картофеля получили такие заболевания клубней, как ризоктониоз (25,8 %), парша серебристая (13,1 %), парша обыкновенная (8,3 %), фитофтороз (5,7 %). Наименьшее количество клубней с различными дефектами среди исследуемых сортов наблюдали в пробе картофеля сорта Гала – 58,3 %. Отметим также, что клубни всех образцов имели признаки удушения – бурые многочисленные, слегка вдавленные пятна в местах расположения чечевичек. Данное явление связано с недостатком кислорода в почве в период роста клубней и перед уборкой, развивающееся в результате избыточного увлажнения почвы или (и) ее уплотнения. Особенно часто встречается на тяжелых почвах в условиях дождливой погоды, а также на орошении. Может являться причиной усиленного развития заболеваний клубней картофеля, проявляющихся при хранении. Также

в исследуемых образцах наблюдались клубни с ростовыми трещинами, что свидетельствует о резких колебаниях влажности почвы.

Ризоктониоз картофеля – это заболевание, признаки которого можно обнаружить на наиболее ранних этапах развития культуры, что приводит к значительному изреживанию всходов. При благоприятных условиях (пониженная температура почвы) развитие ризоктониоза принимает характер эпифитотии. Из диаграмм (рис. 5) видно, что условия мая 2022 года способствовали развитию данного заболевания, на различных сортах пораженность растений картофеля была в пределах 17,8-20,4 %. Для сравнения в 2023 году при более высокой температуре почвы в период прорастания картофеля степень поражения в среднем снизилась на 5,5 %. Наименьшее поражение стеблей грибом *Rhizoctonia solani* отмечалось у растений картофеля сорта Рэд Леди.

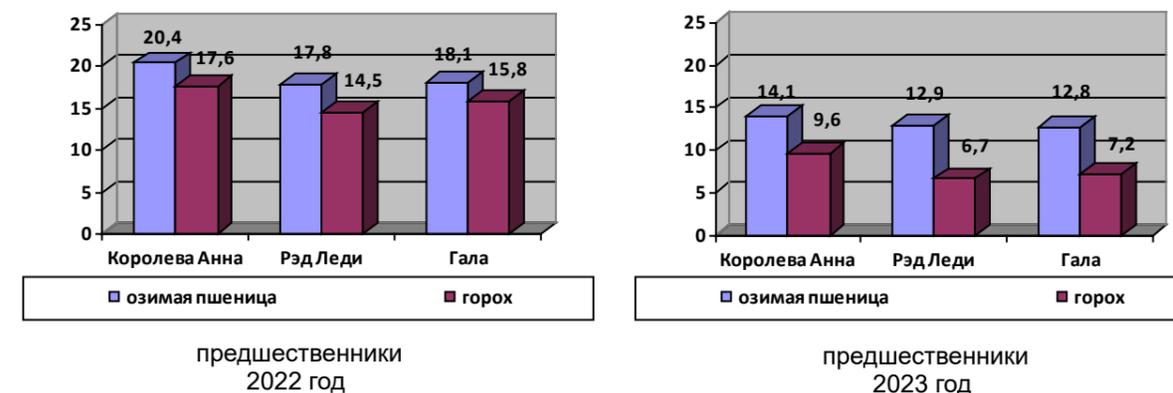


Рис. 5 – Степень поражения картофеля ризоктониозом в опыте в период полных всходов в зависимости от предшественника
Fig. 5 – The degree of potato damage by rhizoctoniosis in the experiment during the period of full germination, depending on the forecrop



При наблюдениях выявлена также положительная закономерность влияния предшествующей культуры на развитие данного заболевания. В среднем за период исследования происходило уменьшение пораженности всходов картофеля ризоктониозом при размещении его посадок по гороху относительно озимой пшеницы на варианте

с сортом Королева Анна на 3,65 %, Рэд Леди – на 4,75 %, Гала – на 3,95 %

Обследование посадок картофеля на предмет поражения растений фитофторозом проводили трижды за вегетацию: в фазу бутонизации, фазу конца цветения и перед скашиванием ботвы. Результаты учетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Степень развития (R %) и распространенность (P %) фитофтороза картофеля, выращенного по различным предшественникам, среднее 2022-2023 гг.

Сорт картофеля	предшественник	Первый учет		Второй учет		Третий учет	
		R	P	R	P	R	P
Королева Анна	озимая пшеница	3,4	6,1	5,2	17,8	20,3	34,5
	горох	2,8	5,9	4,7	16,3	19,8	30,4
Рэд Леди	озимая пшеница	2,9	5,8	4,9	15,1	18,6	30,7
	горох	2,6	5,3	3,8	15,0	16,2	28,2
Гала	озимая пшеница	2,3	5,6	4,5	15,0	15,7	30,9
	горох	2,1	5,5	4,0	14,9	15,5	28,3

Развитие фитофтороза картофеля по годам исследования во многом определялось погодными условиями. В целом степень развития и распространенность заболевания можно охарактеризовать как среднюю благодаря применению в технологии возделывания картофеля предпосадочной обработки клубней протравителем Шансометокс Трио, КС и своевременной обработке растений фунгицидом Метамил МЦ, ВДГ. По результатам учетов фитофтороза видно, что к периоду уборки происходит постепенное усиление развития заболевания с 2,1-3,3 % в период бутонизации и до 15,5-20,3 % перед скашиванием ботвы в зависимости от исследуемого сорта картофеля и предшественника. При этом наибольшее различие степени поражения растений картофеля фитофторозом наблюдалось в зависимости от сорта и в

меньшей степени от предшественника, что связано в большей степени с особенностями развития патогена.

Заселенность растений картофеля колорадским жуком носила спорадический характер на уровне 0,06 личинок на куст, главным образом наблюдалось краевое заселение посадок, что связано с наличием в составе протравителя Шансометокс Трио, КС высокоэффективного инсектицидного компонента системного действия. Очаги вредителя были локализованы обработкой посадок картофеля инсектицидом Фасшанс, КЭ

При выращивании картофеля выбор предшественника играл важную роль в формировании урожая и фракционного состава клубней культуры (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сортов картофеля в зависимости от предшественника, среднее 2022-2023 гг.

Сорт картофеля	предшественник	Урожайность картофеля		Фракционный состав, %			Товарность, %
		т/га	%	<30 мм	30-60 мм	>60 мм	
Королева Анна	озимая пшеница	21,2	-	10,6	63,8	25,6	87,9
	горох	23,5	110,8	9,8	63,9	26,3	88,3
Рэд Леди	озимая пшеница	22,3	-	8,9	66,0	25,1	92,7
	горох	22,6	101,3	8,4	66,3	25,3	93,5
Гала	озимая пшеница	23,4	-	12,7	64,5	22,8	95,8
	горох	25,1	107,2	10,2	65,8	23,4	96,2

В среднем, анализируя фракционный состав выращенного картофеля по различным предшественникам, констатируем увеличение доли крупной фракции после гороха по всем исследуемым сортам культуры. Так, после предшественника гороха, по варианту сорта Королева Анна выявлено повышение товарной фракции (<60 мм) на 0,7 %

(26,3 %) по сравнению с картофелем той же фракции, но выращенного после озимой пшеницы; по варианту сорта Рэд Леди – повышение товарной фракции отмечено на 0,2 % (25,3 %); по варианту сорта Гала – повышение той же фракции составило на 0,6 % (23,4 %). Выявлено также увеличение средней (30-60 мм) фракции по всем сортам



картофеля, выращенного после предшественника гороха.

В целом, урожайность картофеля, полученного после предшественника гороха, была выше, чем после предшественника озимой пшеницы, в среднем на 1,3-10,8 % в зависимости от сорта. Максимальная урожайность получена на варианте с сортом Гала (25,1 т/га), где в качестве предшественника был горох. Максимальное соотношение в сравнении с предшественником озимая пшеница-горох выявлено на варианте с сортом Королева Анна (по гороху +2,3 т/га или +10,8 % к озимой пшенице).

Отметим также высокую товарность клубней картофеля сорта Рэд Леди и Гала по вариантам, размещенным по гороху – 93,5 % и 96,2 %, что выше значений вариантов, размещенных по озимой пшенице на 0,8 % и 0,4 %. На сорте Королева Анна отмечалась высокая травмируемость клубней при уборке, что снижало процент их товарности до 87,9 и 88,3 %.

Для оценки эффективности исследуемых элементов технологии и системы защиты опытного картофеля после уборки провели клубневой анализ, результаты которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние предшественников и системы защиты картофеля на качество урожая

сорт	предшественник	Больных клубней, %							Повреждения сельскохозяйственными вредителями, %	
		всего	фитофтороз	ризоктониоз	обыкновенная парша	парша серебристая	сухая гниль	мокрая гниль	проволочник	совка
Королева Анна	озимая пшеница	38,3	2,2	22,4	2,3	10,9	0,2	0,3	1,2	0,3
	горох	26,5	1,8	14,6	1,8	8,3	-	-	0,5	-
Рэд Леди	озимая пшеница	34,1	0,6	18,3	5,4	9,5	0,1	0,2	0,9	-
	горох	23,8	0,5	12,8	2,5	8,0	-	-	0,4	0,1
Гала	озимая пшеница	32,4	1,2	17,6	3,6	10,0	-	-	1,0	0,1
	горох	21,7	0,8	11,5	1,9	7,5	-	-	0,6	0,1

Из данных, приведенных в таблице 4, следует, что наибольшая степень пораженности клубней отмечалась у сортов картофеля, размещаемых по предшественнику озимая пшеница, при этом за период исследований в условиях Опытной агроэкологической станции наиболее восприимчивым к заболеваниям оказался сорт картофеля Королева Анна. Распространенность заболеваний картофеля данного сорта была в пределах 26,5-38,3 %, в зависимости от предшественника. В меньшей степени были поражены клубни картофеля сорта Гала – 21,7-32,4 % соответственно.

Констатируем, что размещение посадок картофеля по гороху в целом положительно влияет на снижение степени пораженности клубней. Так, относительно предшественника озимая пшеница на картофеле по гороху происходит снижение пораженности клубней фитофторозом на 0,1-0,4 %, ризоктониозом – на 5,5-7,8 %, обыкновенной паршой – на 0,5-2,9 %, паршой серебристой – 1,5-2,6 %, в зависимости от исследуемого сорта. Наблюдалось также снижение пораженности клубней сухими и мокрыми гнилями.

Отмечено снижение повреждения клубней картофеля личинками щелкунов при размещении картофеля по гороху в среднем на 0,52 %. Закономерности влияния предшественника на снижение

повреждаемости клубней картофеля по вариантам опыта гусеницами совки не выявлено.

Заключение

Таким образом, результаты исследований, проведенных в 2022-2023 гг., показали, что заболевания картофеля в условиях УНИЦ «Агротехнопарк» являются распространенными и вредоносными. Степень поражения картофеля заболеваниями во многом зависит от метеоусловий вегетационного периода, но большое значение имеет и сортовая устойчивость культуры. Отметим также, что примененные в исследованиях элементы технологии возделывания и система защиты картофеля способствовали оздоровлению фитосанитарного состояния посадок картофеля за счет снижения степени поражения растений заболеваниями и улучшению показателей структуры урожая и урожайности картофеля.

Список источников

1. Биологическая защита меристемного семенного картофеля от вредителей - переносчиков вирусов в закрытом грунте / Л. С. Федотова, Н. А. Белякова, Г. Л. Белов [и др.] // Защита картофеля. – 2017. – № 4. – С. 3-11.
2. Визирская, М.М. Эффективность приемов повышения продуктивности картофеля / М.М. Визирская, Н.И. Аканова, Л.С. Федотова // Междуна-



родный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5(383). – С. 111-116.

3. Влияние фона питания и рельефа местности на урожайность и распространение болезней картофеля / А. Н. Халипский, А. А. Чураков, Д. Н. Ступницкий [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 31-34.

4. Гармаш, Г. А. Технология регулируемого питания растений / Г. А. Гармаш, С. Я. Печенева, Н. Ю. Гармаш // Агротехнический вестник. – 2006. – № 4. – С. 21-23.

5. Действие возрастающих доз вермикомпоста на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество клубней картофеля / М.С. Бутенко, О.А. Ульянова, А.Н. Халипский, С.В. Хижняк // Агротехника. – 2020. – № 7. – С. 47-56.

6. К вопросу о плодородии серой лесной (агросерой) почвы / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, А.В. Ручкина, Е.И. Лупова [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 3(41). – С. 3.

7. Метаболические изменения в тканях клубней картофеля при различной степени устойчивости к бактериозу / О. М. Третьякова, А. А. Глазев, О. В. Павлова, В. А. Рылко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2019. – Т. 12, № 2(44). – С. 93-100.

8. Наследование количественных признаков в гибридных популяциях картофеля / А. Н. Халипский, А. А. Чураков, Н. М. Попова, О. А. Рожанская // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11(176). – С. 93-99.

9. Продуктивность полевых культур при применении регуляторов роста в зоне Среднего Заволжья / В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.В. Васина, А.А. Адамов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 3-8.

10. Рылко, В. А. Влияние условий хранения семенных клубней картофеля на их лежкость и продуктивные свойства / В. А. Рылко // Вестник

Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 50-55.

11. Урожайность и качество картофеля в зависимости от агроприемов выращивания / А. Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова [и др.] // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 26-28.

12. Ушаков, Р.Н. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, Н.А. Головина // Агротехнический вестник. – 2013. – № 5. – С. 12-13.

13. Федотова, Л. С. Роль удобрений в формировании урожая и улучшении качества продукции / Л. С. Федотова, Л. А. Тимошина, М. А. Новиков // Картофель и овощи. – 2002. – № 5. – С. 11-12.

14. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области / Д. В. Виноградов, А.А. Соколов, Е.И. Лупова [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 5. – С. 57-63.

15. Фунгициды: защита картофеля в условиях северо-востока Беларуси / В. Р. Кажарский, С. Н. Козлов, В. А. Рылко, А. В. Исаков // Белорусское сельское хозяйство. – 2021. – № 1. – С. 79-82.

16. Халипский, А.Н. Роль экотипа сорта и условий выращивания в эффективности сортосмены картофеля в Красноярском крае / А. Н. Халипский // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 130-136.

17. Шабанов, А.Э. Параметры потенциальной урожайности сортов картофеля селекционного центра ВНИИКХ / А.Э. Шабанов, А. И. Киселев, Л. С. Федотова // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 34-36.

18. Щур, А.В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7(106). – С. 45-49.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Biologicheskaya zashchita meristemnogo semennogo kartofelya ot vreditelej - perenoschikov virusov v zakrytom grunte* / L. S. Fedotova, N. A. Belyakova, G. L. Belov [i dr.] // *Zashchita kartofelya*. – 2017. – № 4. – С. 3-11.
2. *Vizirskaya, M.M. Effektivnost' priemov povysheniya produktivnosti kartofelya* / M.M. Vizirskaya, N.I. Akanova, L.S. Fedotova // *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. – 2021. – № 5(383). – С. 111-116.
3. *Vliyanie fona pitaniya i rel'efa mestnosti na urozhajnost' i rasprostranenie boleznej kartofelya* / A. N. Halipskij, A. A. Churakov, D. N. Stupnickij [i dr.] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 31-34.
4. *Garmash, G. A. Tekhnologiya reguliruemogo pitaniya rastenij* / G. A. Garmash, S. Ya. Pecheneva, N. Yu. Garmash // *Agrohimicheskij vestnik*. – 2006. – № 4. – С. 21-23.
5. *Dejstvie vozrastayushchih doz vermikomposta na agrohimicheskie svojstva pochvy, urozhajnost' i kachestvo klubnej kartofelya* / M.S. Butenko, O.A. Ul'yanova, A.N. Halipskij, S.V. Hizhnyak // *Agrohimiya*. – 2020. – № 7. – С. 47-56.
6. *K voprosu o plodorodii seroj lesnoj (agroseroj) pochvy* / R.N. Ushakov, D.V. Vinogradov, A.V. Ruchkina, E.I. Lupova [i dr.] // *AgroEkolInfo*. – 2020. – № 3(41). – С. 3.
7. *Metabolicheskie izmeneniya v tkanyah klubnej kartofelya pri razlichnoj stepeni ustojchivosti k bakteriozu* / O. M. Tretyakova, A. A. Glazev, O. V. Pavlova, V. A. Rylko // *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*. – 2019. – Т. 12, № 2(44). – С. 93-100.



8. *Nasledovanie kolichestvennyh priznakov v gibridnyh populyacijah kartofelya* / A. N. Halipskij, A. A. Churakov, N. M. Popova, O. A. Rozhanskaya // *Vestnik KrasGAU*. – 2021. – № 11(176). – С. 93-99.

9. *Produktivnost' polevyh kul'tur pri primenenii regulatorov rosta v zone Srednego Zavolz'ya* / V.G. Vasin, A.V. Vasin, N.V. Vasina, A.A. Adamov // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2018. – № 3. – С. 3-8.

10. *Rylko, V. A. Vliyanie uslovij hraneniya semennyh klubnej kartofelya na ih lezhkost' i produktivnye svojstva* / V. A. Rylko // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2018. – № 1. – С. 50-55.

11. *Urozhajnost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot agropriemov vyrashchivaniya* / A. E. Shabanov, A. I. Kiselev, L. S. Fedotova [i dr.] // *Zemledelie*. – 2018. – № 3. – С. 26-28.

12. *Ushakov, R.N. Fiziko-himicheskij blok plodorodija agroseroj pochvy* / R.N. Ushakov, D.V. Vinogradov, N.A. Golovina // *Agrohimicheskij vestnik*. – 2013. – № 5. – С. 12-13.

13. *Fedotova, L. S. Rol' udobrenij v formirovanii urozhaya i uluchshenii kachestva produkcii* / L. S. Fedotova, L. A. Timoshina, M. A. Novikov // *Kartofel' i ovoshchi*. – 2002. – № 5. – С. 11-12.

14. *Fitosanitarnee sostoyanie posevov zernovyh kul'tur v usloviyah Ryzanskoj oblasti* / D. V. Vinogradov, A.A. Sokolov, E.I. Lupova [i dr.] // *Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. – 2016. – № 5. – С. 57-63.

15. *Fungitsidy: zashchita kartofelya v usloviyah severo-vostoka Belarusi* / V. R. Kazharskij, S. N. Kozlov, V. A. Rylko, A. V. Isakov // *Belorusskoe sel'skoe hozyajstvo*. – 2021. – № 1. – С. 79-82.

16. *Halipskij, A.N. Rol' ekotipa sorta i uslovij vyrashchivaniya v effektivnosti sortosmeny kartofelya v Krasnoyarskom krae* / A. N. Halipskij // *Vestnik KrasGAU*. – 2008. – № 3. – С. 130-136.

17. *Shabanov, A.E. Parametry potencial'noj urozhajnosti sortov kartofelya selekcionnogo centra VNIKH* / A.E. Shabanov, A. I. Kiselev, L. S. Fedotova // *Zemledelie*. – 2018. – № 5. – С. 34-36.

18. *Shchur, A.V. Cellyulozoliticheskaya aktivnost' pochv pri razlichnyh urovnjah agrotekhnicheskogo vozdejstviya* / A.V. Shchur, D.V. Vinogradov, V.P. Val'ko // *Vestnik KrasGAU*. – 2015. – № 7(106). – С. 45-49.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Соколов Андрей Андреевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», falcon-agro@mail.ru

Питюрина Ирина Сергеевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, Академия ФСИН России, piturina@yandex.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой агрономии, агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», vdv-rz@rambler.ru

Доронкин Юрий Владимирович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», falcon-agro@mail.ru

Author information

Sokolov Andrey A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, falcon-agro@mail.ru

Petyurina Irina S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Logistics Support of the Penal Enforcement System, Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, piturina@yandex.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, vdv-rz@rambler.ru

Doronkin Yuri V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, falcon-agro@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.06.2024; одобрена после рецензирования 21.07.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 11.06.2024; approved after reviewing 21.07.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 70-77
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, pp. 70-77

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 635.657:631.43:631.559. (470.61)
DOI: 10.36508/RSATU.2024.40.15.010

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ И ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ КАК ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА НУТА В ЗАВОЛЖЬЕ

Анатолий Петрович Солодовников¹✉, Константин Евгеньевич Денисов²,
Василий Вольдемарович Нейфельд³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

¹ solodovnikov-sgau@yandex.ru

² k.denisov@inbox.ru

³ neufeldvv@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. С целью установления доли процентного влияния агрофизических свойств, влажности почвы и климатических условий на урожайность зерна нута в засушливом Заволжье был выполнен семилетний опыт с различными способами основной обработки на каштановом типе почв.

Методология. Исследования выполнены на опытном поле Вавиловского университета. Повторность опытных участков трёхкратная, расположение – рандомизированное, учетная площадь – 500 м². Сорт нута – Зоовит, предшественник в севообороте – озимая пшеница. Норма высева – 800 тыс. шт. всхожих семян на один гектар.

Результаты. В Саратовском Заволжье безотвальный способ обработки почвы увеличивает плотность сложения на 6,8 %, минимальная обработка – на 12 %. Плотность почвы определяет урожайность зерна нута на 4,7 %. Поверхностная обработка до 12 см дисковым орудием уменьшает влажность почвы метрового слоя на 0,4-0,6 %, а запасы влаги – на 54,8-82,2 м³/га. Максимальное доленое влияние (32,2 %) на урожайность нута оказывает влажность почвы в период цветения. За семилетний период количество осадков уменьшилось на 13,4-18,3 %, температура воздуха повысилась на 7,1 % (6,4 +10,7 %). Суммарное влияние осадков за период вегетации нута составило 17,1 % (6,4 +10,7 %). Отмечено уменьшение ГТК на 18,2 %, доля влияния которого составила 15,8 %.

Заключение. В среднем за семь лет (2011 – 2023 гг.) Комбинированный способ обработки почвы увеличивает урожайность нута на 1,7 %. Безотвальный и минимальный уменьшает на 9,2 и 20,2 %.

Ключевые слова: урожайность зерна нута, агрофизические свойства, влажность почвы, основная обработка, климатические условия, корреляция

Для цитирования: Солодовников А.П., Денисов К.Е., Нейфельд В.В. Агрофизические свойства, влажность почвы и погодные условия как факторы, определяющие урожайность зерна нута в Заволжье // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3 С.70-77 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.40.15.010>

Original article

AGROPHYSICAL PROPERTIES, SOIL MOISTURE AND WEATHER CONDITIONS AS FACTORS DETERMINING THE YIELD OF CHICKPEA GRAIN IN THE TRANS-VOLGA REGION

Anatoly P. Solodovnikov¹✉, Konstantin E. Denisov², Vasily V. Neyfeld³

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

© Солодовников А.П., Денисов К.Е., Нейфельд В.В., 2024 г.

¹ solodovnikov-sgau@yandex.ru

² k.denisov@inbox.ru

³ neufeldvv@gmail.com

Abstract.

Problem and purpose. In order to establish the percentage influence of agrophysical properties, soil moisture and climatic conditions on chickpea grain yield in the arid Trans-Volga region, a seven-year experiment was carried out using various methods of basic cultivation on chestnut soil type.

Methodology. The studies were carried out on the experimental field of the Vavilov University. The experimental plots were repeated three times, the location was randomized, and the counting area was 500 m². The chickpea variety is Zoovit, the predecessor in crop rotation is winter wheat. Seeding rate is 800 thousand germinating seeds per 1 hectare.

Results. In the Saratov Trans-Volga region, the subsurface tillage increases the soil density by 6.8%, minimal tillage increase it by 12%. Soil density determines chickpea grain yield by 4.7%. Surface cultivation of up to 12 cm with a disc implement reduces soil moisture in a meter layer by 0.4 - 0.6%, and moisture reserves by 54.8 - 82.2 m³/ha. Soil moisture during the flowering period has the maximum influence (32.2%) on chickpea yield. Over a seven-year period, precipitation decreased by 13.4 - 18.3%, air temperature increased by 7.1%. The total influence of precipitation during the chickpea growing season was 17.1% (6.4 +10.7%). There was a decrease in the hydrothermal coefficient by 18.2%, the share of influence of which was 15.8%.

Conclusion. On average over seven years (2011 - 2023), the combined method of tillage increases chickpea yield by 1.7%. Subsurface and minimal tillage reduces it by 9.2 and 20.2%, respectively.

Key words: chickpea grain yield, agrophysical properties, soil moisture, basic cultivation, climatic conditions, correlation

For citation: Solodovnikov A.P., Denisov K.E., Neufeld V.V. Agrophysical properties, soil moisture and weather conditions as factors determining the yield of chickpea grain in the Trans-Volga region // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. T.16, No.3 P.70-77 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.40.15.010>

Введение

Поволжье – один из регионов страны, где происходит изменение климатических условий, которое сопровождается ростом температуры воздуха и снижением количества осадков в период роста и развития нута. Это требует оптимизации физических свойств почвы для рационального использования влаги почвенных горизонтов и проведения расчета для определения доли влияния климатических условий с целью корректировки зональных систем земледелия в новых погодных реалиях [1- 3]. Кроме того, отмечается тенденция неравномерности выпадения осадков по месяцам, что значительно влияет на уровень урожайности сельскохозяйственных растений [4].

Поэтому увеличивается доля засухоустойчивых сортов нута в структуре посевных площадей

зернобобовых культур. Данная культура, имея хорошо развитую корневую систему, может использовать влагу нижних горизонтов с ее экономным использованием в период вегетации. А накопление влаги определяется глубиной и особенностями подготовки почвы в осенний сезон, что наиболее значимо для засушливого Заволжья [5, 6].

Материалы и методы исследований

Перед закладкой стационарного опыта с обработкой почвы были поставлены цели по установлению доли процентного влияния агрофизических свойств, влажности почвы по изучаемым фенологическим фазам и складывающихся климатических условий на урожайность зерна нута в засушливом Заволжье. Схема стационарного опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Способ основной обработки почвы	Сельскохозяйственные орудия	Глубина обработки почвы, см	Примечания
1. Отвальный (контроль)	ПЛН-8-35	23-25	С изменением расположения генетически разнокачественных слоев
2. Безотвальный	SSD - 4 (2017- 2020 гг.), ПЧН - 4 (2021- 2023 гг.)	30-32	Без изменения расположения генетических горизонтов
3. Комбинированный	ПБС - 10 П	23-25	Сочетание по слоям отвального (0-15 см) и безотвального (16-23 см) способов
4. Минимальный	БДМ 7 х 3 ППКШКС	10-12	Поверхностная обработка до 12 см



Исследования выполнены на опытном поле Вавиловского университета. Темно-каштановая почва характеризовалась следующими показателями: среднесуглинистая по гранулометрическому составу, содержание гумуса – 2,8 %, НВ – 22,1 %, ВУЗ – 9,7 %, плотность – 1,37 г/см³ для метрового слоя.

Повторность опытных делянок трёхкратная, расположение – рандомизированное, учетная площадь – 500 м². Сорт нута – Зоовит, предшественник в севообороте – озимая пшеница.

Под предпосевную культивацию вносили 100 кг/га Азофоски (N₁₆P₁₆K₁₆). Посев нута проводили при достижении физической спелости почвы рядовым способом (СЗ – 3,6) в начале мая, с нормой посева 800 000 шт. на 1 гектар. Повторность опытных делянок трёхкратная, расположение – рандомизированное, общая площадь – 560 м², учетная площадь – 500 м².

Таблица 2 – Послойная плотность сложения почвы перед посевом нута, г/см³

№ вар-та	Слой почвы, см	Годы исследований по определению плотности сложения почвы							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	средняя
1 (к)	0-10	1,08	1,02	1,03	1,05	1,01	1,02	1,00	1,03
	10-20	1,18	1,12	1,09	1,16	1,18	1,04	1,08	1,12
	20-30	1,23	1,25	1,18	1,26	1,23	1,18	1,20	1,22
	10-30	1,20	1,18	1,13	1,21	1,20	1,11	1,14	1,17
	0-30	1,16	1,13	1,10	1,16	1,14	1,08	1,09	1,12
2	0-10	1,12	1,04	1,06	1,06	1,04	1,00	1,02	1,05
	10-20	1,21	1,28	1,26	1,20	1,21	1,17	1,25	1,22
	20-30	1,21	1,34	1,34	1,28	1,26	1,26	1,26	1,28
	10-30	1,21	1,31	1,30	1,24	1,23	1,21	1,25	1,25
	0-30	1,18	1,22	1,22	1,18	1,17	1,14	1,18	1,18
3	0-10	1,06	1,00	1,04	1,03	1,01	1,02	1,02	1,03
	10-20	1,16	1,11	1,08	1,15	1,15	1,08	1,12	1,12
	20-30	1,22	1,25	1,18	1,24	1,27	1,29	1,21	1,24
	10-30	1,19	1,18	1,13	1,21	1,21	1,18	1,16	1,18
	0-30	1,15	1,12	1,10	1,14	1,14	1,13	1,12	1,13
4	0-10	1,08	1,07	1,06	1,07	1,05	1,05	1,01	1,05
	10-20	1,26	1,36	1,33	1,28	1,26	1,19	1,23	1,27
	20-30	1,27	1,44	1,39	1,29	1,29	1,35	1,39	1,35
	10-30	1,26	1,40	1,36	1,28	1,27	1,27	1,31	1,31
	0-30	1,20	1,29	1,26	1,21	1,20	1,20	1,21	1,22

Отвальная обработка с изменением расположения генетических горизонтов почвы, в среднем за семь лет, формировала наименьший показатель плотности в данном слое – 1,17 г/см³. Комбинированный способ подготовки почвы незначительно увеличивал данный агрофизический показатель до 1,18 г/см³. На безотвальной обработке почвы фиксировалось увеличение плотности до

Полевой опыт сопровождался исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками и методическими указаниями [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Плотность почвы в значительной мере определяет глубину проникновения корней и эффективность использования продуктивной влаги почвенных горизонтов [8, 9].

Предпосевная культивация, которая проводилась перед посевом нута, выравнивала показатели плотности почвы по вариантам основной обработки, поэтому данные значения не учитывались в корреляционном анализе. Наиболее значимые различия формировались в слое 10-30 см. Данный горизонт почвы подвергался воздействию сельскохозяйственных орудий для зяблевой обработки и в значительной степени определяет водный режим почвы (табл. 2).

1,25 г/см³, что превышало контрольные значения на 0,08 г/см³, или на 6,8 %. По минимальной обработке плотность почвы достигала критических значений для развития корневой системы нута – 1,31 г/см³. Данный способ подготовки почвы приводил к росту плотности на 12,0 %.

Способ основной обработки определял особенности накопления и расхода влаги почвенных



запасов. Семилетний отбор проб на влажность почвы в период посева нута показал, что безотвальная глубокая обработка в засушливых условиях Заволжья накапливала на 0,3 % или на 41,1 м³/га больше влаги относительно контроля. Из-за увеличения плотности почвы и, как следствие, уменьшения водопроницаемости [5, 10] на минимальной обработке отмечено меньшее

накопление влаги в почвенных горизонтах. Так, в среднем за семь лет (2017-2023 гг.) влажность почвы на данном варианте составила 16,4 %, против 16,9 % на контроле. Различия по данным вариантам было равно 0,5 %, что составило 68,5 м³/га. Между безотвальной и минимальной обработками разница по влажности почвы достигала 0,8 % или 109,6 м³/га (табл. 3).

Таблица 3 – Влажность почвы (1 м) по фазам развития нута, %

Год учета	№ варианта	Фенологические фазы развития нута		
		перед посевом	ветвление	цветение
2017	1 (к)	16,0	17,0	14,3
	2	16,6	17,6	13,8
	3	17,0	17,9	14,5
	4	15,8	16,6	13,4
2018	1 (к)	16,7	14,9	11,7
	2	17,0	15,9	11,7
	3	16,6	14,9	11,8
	4	16,1	14,7	11,3
2019	1 (к)	17,8	16,8	11,5
	2	17,5	16,3	11,4
	3	17,7	16,6	11,4
	4	17,0	16,0	11,2
2020	1 (к)	12,9	13,7	9,9
	2	13,5	14,0	10,0
	3	13,1	13,8	9,9
	4	12,9	13,6	9,7
2021	1 (к)	19,1	16,1	14,8
	2	19,5	16,3	14,6
	3	19,2	16,1	14,6
	4	18,3	15,6	14,2
2022	1 (к)	17,7	16,4	14,0
	2	18,1	16,6	13,8
	3	17,7	16,5	14,0
	4	17,3	16,2	13,2
2023	1 (к)	18,1	15,0	15,2
	2	18,3	14,8	15,0
	3	17,9	14,7	15,0
	4	17,5	14,4	14,8
2017 - 2023	1 (к)	16,9	15,7	13,1
	2	17,2	15,9	12,9
	3	17,0	15,8	13,0
	4	16,4	15,3	12,5
Отклонение от контроля	1 (к)	-	-	-
	2	+0,3 (41,1 м ³ /га)	+0,2 (27,4 м ³ /га)	-0,2 (27,4 м ³ /га)
	3	+0,1 (13,7 м ³ /га)	+0,1 (13,7 м ³ /га)	-0,1 (13,7 м ³ /га)
	4	-0,5 (68,5 м ³ /га)	-0,4 (54,8 м ³ /га)	-0,6 (82,2 м ³ /га)



К фенологической фазе «ветвление» нута, в результате транспирации и физического испарения влаги, влажность почвы и запасы продуктивной влаги уменьшались до 15,3 % к поверхностному рыхлению (10-12 см). Максимальные показатели (15,9 %) складывались по безотвальной глубокой (30-32 см) обработке. С началом массового цветения нута более благоприятные условия по увлажнению почвы формировались на варианте с отвальной (13,1 %) и комбинированной (13,0 %) обработках. Минимизация обработки почвы уменьшала запасы влаги в почве относительно контроля в фазу «цветение» на 82,2 м³/га.

Анализ семилетних наблюдений за климатическими условиями Саратовского Заволжья в период вегетации нута показывает тенденцию увеличения температуры воздуха и уменьшения количества осадков (табл. 4).

В первые два месяца вегетации нута в среднем за семь лет количество осадков составило

Таблица 4 – Климатические условия в период вегетации нута

Годы наблюдений	Сумма осадков (май-июнь), мм	Сумма осадков (июль-август), мм	Температура воздуха (май-август), °С	ГТК (май - август)
2017	81,4	24,7	20,1	0,86
2018	13,8	22,8	21,2	0,28
2019	4,3	26,5	22,0	0,23
2020	15,5	10,0	20,8	0,20
2021	33,1	11,5	23,4	0,39
2022	34,0	37,5	20,2	0,57
2023	26,7	52,1	19,9	0,64
2017-2023	29,8	26,4	21,1	0,45
Многолетние	36,5	30,5	19,7	0,55

Статистическая обработка полевых данных, по расчёту множественной корреляции урожайности зерна нута от заявленных факторов показала, что коэффициент множественной детерминации составил 0,899. На основании данного показателя можно утверждать, что изучаемые восемь факторов определяли урожайность на 89,9 %.

Таблица 5 – Коэффициент корреляции (r), детерминации (r²) и доля влияния изучаемых факторов (x) на урожайность зерна нута

Факторы из полного корреляционного анализа	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Доля влияние факторов на урожайность нута, %
Дисперсионный анализ множественной регрессии	0,948	0,899	89,9
Неучтенные факторы	-	-	10,1
Плотность сложения почвы (10-30 см), г/см ³ (x1)	-0,36	0,13	4,7
Влажность почвы перед посевом, % (x2)	0,68	0,46	16,5
Влажность почвы в фазе «ветвление», % (x3)	0,29	0,08	2,9

29,8 мм, что меньше многолетних значений на 6,7 мм или на 18,3 %.

В период цветения и плодообразования (июль-август) сумма осадков снижалась на 4,1 мм, что относительно многолетних значений меньше на 13,4 %. Среднемноголетняя температура воздуха за май-август была равна 19,7° С, а за период с 2017 года по 2023 г. по данным местной метеостанции она была равна 21,1° С, что превышало многолетние значения на 1,4° С (7,1 %).

Соотношение количества осадков в период вегетации и температуры воздуха более 10° С можно объективно дать, если провести расчет коэффициента (ГТК) по формуле Селянинова.

За годы исследований (2017-2023 гг.) ГТК превышал многолетние цифровые показатели всего три раза (2017; 2022; 2023). Средний показатель ГТК составил 0,45, против 0,55 по многолетним значениям. Уменьшение ГТК за семь лет было равно 18,2 %.

Следовательно, другие, не учитываемые факторы (сорные растения, болезни, вредители и т.д.) определяли урожайность на 10,1 %.

Обоснованность и достоверность данных утверждений подтверждается критерием Фишера, который был = 21,19 (табл. 5).



Продолжение таблицы 5

Влажность почвы в фазе «цветение», % (x4)	0,95	0,90	32,2
Сумма осадков (май – июнь), мм (x5)	0,43	0,18	6,4
Сумма осадков (июль - август), мм (x6)	0,55	0,30	10,7
Температура воздуха (май - август), °С (x7)	-0,13	0,02	0,7
ГТК (май - август) (x8)	0,66	0,44	15,8

Уравнение множественной регрессии, зависимости урожайности зерна нута от изучаемых показателей, представлено в следующей формуле:

$$Y_{\text{урожайность нута}} = -0,355 - 2,5874 x_1 + 0,1145 x_2 - 0,0437 x_3 + 0,0426 x_4 - 0,0026 x_5 + 0,0037 x_6 + 0,1061 x_7 + 1,2827 x_8.$$

Корреляционный анализ семилетних данных по изучению восьми наиболее значимых факторов показал, что в Саратовском Заволжье наибольшее доленое влияние (32,2 %) на урожайность нута оказывает влажность почвы в период цветения. По литературным источникам максимальный расход влаги у нута приходится на фазу бутонизации-цветения, т.е. это критический период развития нута [11, 12].

Запасы влаги в период посева нута определяют урожайность на 16,5 %. При хорошем увлажнении почвы гарантированно можно получить дружные всходы нута, особенно на вариантах с минимальной и безотвальной обработками, что и определяет значительное доленое влияние.

На третьем месте по доленому влиянию находится ГТК – 15,8 %. Осадки второй половины вегетации определяли урожайность нута на 10,7 %. Сумма осадков за период май-июнь ока-

зывала менее значимое влияние на урожайность (6,4 %), что могло сглаживаться запасами влаги в почве от зимних и весенних осадков. Суммарное влияние осадков за период вегетации нута составило 17,1 %.

Агрофизический показатель (плотность почвы) имел отрицательный коэффициент корреляции (-0,36) и определял урожайность нута только на 4,7 %, т.к. плотность изучаемого слоя не превышала оптимальных значений (1,1-1,3 г/см³) для культур сплошного способа посева, за исключением минимальной обработки – 1,31 г/см³.

Слабую степень связи (r = 0,29) с урожайностью имела влажность почвы в фенологическую фазу «ветвление», с долей влияния 2,9 %.

Температура воздуха определяла урожайность нута всего на 0,7 % и имела отрицательную слабую связь (r = - 0,13). Это связано с биологией культуры, т.к. нут легко переносит повышение температуры [13, 14].

Изучаемые факторы оказали влияние на урожайность зерна нута. За семь лет исследований максимальная урожайность – 1,90 т/га получена на контрольном варианте в 2023 году (ГТК = 0,64). Наименьшая урожайность – 0,39 т/га формировалась по минимальной обработке в 2020 г. (ГТК = 0,20) (табл. 6).

Таблица 6 – Урожайность зерна нута сорта Зоовит, т/га

Годы учета урожайности нута	Способ основной обработки почвы				НСР ₀₅
	отвальный, контроль	безотвальный	комбинированный	минимальный	
2017	1,20	1,19	1,33	1,10	0,091
2018	0,67	0,77	0,70	0,60	0,018
2019	0,71	0,47	0,74	0,46	0,034
2020	0,55	0,50	0,54	0,39	0,032
2021	1,73	1,44	1,71	1,31	0,031
2022	1,57	1,42	1,63	1,23	0,042
2023	1,90	1,76	1,85	1,54	0,081
2017–2023	1,19	1,08	1,21	0,95	0,047
Отклонение от контроля	-	- 0,11 (9,2 %)	+ 0,02 (1,7 %)	- 0,24 (20,2 %)	



Послойная обработка почвы (комбинированная) с 2017 по 2023 годы формировала хорошие показатели плодородия и наибольшую урожайность – 1,21 т/га, с прибавкой 0,02 т/га, но данные различия были несущественными ($HCP_{0,5} = 0,047$) по отношению к отвальной. На варианте, где не происходило перемещения почвенных горизонтов, и растительные остатки оставались на поверхности, урожайность снижалась до 1,08 т/га. Отклонение от контроля составило 0,11 т/га или 9,2 %. С ростом плотности почвы и снижением запасов влаги при рыхлении почвы на 10-12 см отмечалось и достоверное уменьшение урожайности нута. В цифровых значениях это составило 0,24 т/га зерна нута или 20,2 %.

Заключение

В Саратовском Заволжье безотвальный способ обработки почвы увеличивает плотность сложения на 6,8 %, минимальная обработка – на 12 %. Плотность почвы определяет урожайность зерна нута на 4,7 %.

Поверхностная обработка до 12 см дисковым орудием уменьшает влажность почвы метрового слоя на 0,4-0,6 %, а запасы влаги на 54,8-82,2 м³/га. Максимальное долевое влияние (32,2 %) на урожайность нута оказывает влажность почвы в период цветения. За семилетний период количество осадков уменьшилось на 13,4-18,3 %, температура воздуха повысилась на 7,1 %. Суммарное влияние осадков за период вегетации нута составило 17,1 % (6,4 +10,7 %). Отмечено уменьшение ГТК на 18,2 %, доля влияния которого составила 15,8 %. Комбинированный способ обработки почвы увеличивает урожайность нута на 1,7 %. Безотвальный и минимальный – уменьшает на 9,2 и 20,2 %.

Список источников

1. Агрофизические, водно-физические и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья / А.П. Солодовников, А.С. Линьков, С.А. Преймак, Н.В. Фисунов // *Аграрный научный журнал*. - 2022. - №8 - С. 29-32.
2. Горянин, О.И. Возделывание полевых культур в среднем Заволжье: монография / О.И. Горянин. – Самара, 2018. – 345 с.
3. Перспективные приемы обработки почвы в сухостепной зоне Поволжья /Ф.П. Четвериков, Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, А.П. Солодовников, И.С. Полетаев; ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2017. – 200 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Agrofizicheskie, vodno-fizicheskie i pogodnye usloviya, opredelyayushchie urozhajnost' zerna yachmenya na temno-kashtanovoj pochve Zavolzh'ya* / A.P. Solodovnikov, A.S. Lin'kov, S.A. Prejmak, N.V. Fisunov // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. - 2022. - №8 - S. 29-32.
2. *Goryanin, O.I. Vozdelyvanie polevykh kul'tur v srednem Zavolzh'e: monografiya* / O.I. Goryanin. – Samara, 2018. – 345 s.
3. *Perspektivnye priemy obrabotki pochvy v suhostepnoj zone Povolzh'ya* /F.P. Chetverikov, E.P. Denisov,

4. Мелиоративное обустройство агроландшафтов: Монография / Е.Г. Котлярова, А.В. Акинчин, Л.Н. Кузнецова, О.С. Кузьмина, С.А. Линков, Т.С. Морозова, Т.В. Олива, И.В. Партолин. – Белгород: ООО ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2024. – 291 с.

5. Водопроницаемость темно-каштановой почвы и агрохимические факторы, определяющие урожайность нута / А.П. Солодовников, Д.А. Уполонников, Н. Н. Гусакова, В. В. Корсак, Д. В. Сураев, А. Ю.Лёвкина // *Аграрный научный журнал*. - 2023.- № 11.- С. 130–135.

6. Солодовников, А.П. Влияние основной обработки на водно-физические свойства темно-каштановой почвы и урожайность нута / А.П. Солодовников, К.И. Пимонов, Л.А. Гудова // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2020. - № 1(37).- С. 140 – 153.

7. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции: учебное пособие/ А.Ф. Дружкин, Ю.В. Лобачев, Л.П. Шевцова, З.Д. Ляшенко// ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. – 264 с.

8. Киселева, Т.С. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области / Т.С. Киселева, В.В. Рзаева // *Достижения науки и техники АПК*. – 2021. – Т. 35. – № 1. – С. 21-25.

9. Органическое земледелие Воронежской области (полевые культуры) /А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, А.В. Горбачева, А.А. Дедов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 458 с.

10. Киселева, Т.С. Запасы доступной влаги при возделывании нута в северной лесостепи Тюменской области / Т.С. Киселева, В.В. Рзаева // *Аграрный вестник Урала*. – 2019. – № 9(188). – С. 2-7.

11. Пимонов, К.И. Возделывание и использование нетрадиционных полевых культур на Дону: учеб. пособие/ К.И. Пимонов, Г.И. Косе, А.М. Струк. – п. Персиановский: Изд-во Дон ГАУ, 2012. – 166 с.

12. Шевцова Л.П. Зерновые бобовые культуры / Л.П. Шевцова, Н.А. Шьюрова, А.И. Марухненко // *Учебно-практическое руководство по выращиванию зернобобовых культур*. – ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2012. – 240 с.

13. Германцева, Н. И. Нут на полях засушливого Поволжья / Н.И. Германцева // *Земледелие*. – 2009. – № 5. – С. 13-14.

14. Германцева, Н.И. Нут — культура засушливого земледелия /Н.И. Германцева. - Саратов, 2011. - 200 с.



K.E. Denisov, A.P. Solodovnikov, I.S. Poletaev; ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2017. – 200 с.

4. *Meliorativnoe obustrojstvo agrolandshaftov: Monografiya* / E.G. Kotlyarova, A.V. Akinchin, L.N. Kuznecova, O.S. Kuz'mina, S.A. Linkov, T.S. Morozova, T.V. Oliva, I.V. Partolin. – Belgorod: ООО ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2024. – 291 с.

5. *Vodopronicaemost' temno-kashtanovoj pochvy i agrohimicheskie faktory, opredelyayushchie urozhajnost' nuta* / A.P. Solodovnikov, D.A. Upolovnikov, N. N. Gusakova, V. V. Korsak, D. V. Surayev, A. Yu.Lyovkina // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. - 2023.- № 11.- S. 130–135.

6. *Solodovnikov, A.P. Vliyanie osnovnoj obrabotki na vodno-fizicheskie svoystva temno-kashtanovoj pochvy i urozhajnost' nuta* / A.P. Solodovnikov, K.I. Pimonov, L.A. Gudova // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. – 2020. - № 1(37).- S. 140 – 153.

7. *Osnovy nauchnykh issledovanij v rastenievodstve i selekcii: uchebnoe posobie*/ A.F. Druzhkin, Yu.V. Lobachev, L.P. Shevcova, Z.D. Lyashenko// ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. – 264 с.

8. *Kiseleva, T.S. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' zernobobovykh kul'tur v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti* / T.S. Kiseleva, V.V. Rzaeva // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2021. – Т. 35. – № 1. – С. 21-25.

9. *Organicheskoe zemledelie Voronezhskoj oblasti (polevye kul'tury)* /A.V. Dedov, M.A. Nesmeyanova, A.V. Gorbacheva, A.A. Dedov. – Voronezh: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – 458 с.

10. *Kiseleva, T.S. Zapasy dostupnoj vlagi pri vozdelyvanii nuta v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti* / T.S. Kiseleva, V.V. Rzaeva // *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2019. – № 9(188). – С. 2-7.

11. *Pimonov, K.I. Vozdelyvanie i ispol'zovanie netradicionnykh polevykh kul'tur na Donu: ucheb. posobie*/ K.I. Pimonov, G.I. Kose, A.M. Struk. – p. Persianovskij: Izd-vo Don GAU, 2012. – 166 s.

12. *Shevcova L.P. Zernovye bobovye kul'tury* / L.P. Shevcova, N.A. Sh'yurova, A.I. Maruhnenko // *Uchebno-prakticheskoe rukovodstvo po vyrashchivaniyu zernobobovykh kul'tur*. – ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2012. – 240 с.

13. *Germanceva, N. I. Nut na polyah zasushlivogo Povolzh'ya* / N.I. Germanceva // *Zemledelie*. – 2009. – № 5. – С. 13-14.

14. *Germanceva, N.I. Nut — kul'tura zasushlivogo zemledeliya* /N.I. Germanceva. - Саратов, 2011. - 200 s.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Солодовников Анатолий Петрович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», solodovnikov-sgau@yandex.ru

Денисов Константин Евгеньевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и генетика», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», k.denisov@inbox.ru

Нейфельд Василий Вольдемарович, канд. географ. наук, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», neufeldvv@gmail.com

Author information

Solodovnikov Anatoly P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, solodovnikov-sgau@yandex.ru

Denisov Konstantin E., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, k.denisov@inbox.ru

Neufeld Vasily V., Ph.D. Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastres, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, neufeldvv@gmail.com

Статья поступила в редакцию 29.05.2024; одобрена после рецензирования 21.07.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 29.05.2024; approved after reviewing 21.07.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 78-84
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, p.78-84

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.34:631.53.048.559
DOI: 10.36508/RSATU.2024.22.76.011

УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН СОИ ПРИ ШИРОКОРЯДНОМ ПОСЕВЕ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОТНОСТИ АГРОФИТОЦЕНОЗА

Анна Викторовна Солодягина¹, Дмитрий Валериевич Виноградов²✉, Елена Васильевна Гуреева³

^{1,3} Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязанская область, Рязанский район, с. Подвязые

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

¹ solodyagina.ana@yandex.ru

² vdv-rz@rambler.ru

³ elenagureeva@bk.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель настоящего исследования – выявить оптимальную норму высева сои сорта Снежана для получения стабильного урожая в условиях южной части Нечерноземья.

Методология. Полевые опыты выполняли в условиях Рязанской области. Объект исследований – сорт сои Снежана. Схема опыта включала широкорядный посев с междурядьями 0,45 м и шагом 0,11 млн всхожих семян: от 0,22 млн шт./га до 0,99 млн шт./га. Проведение опыта согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983), биометрический анализ образцов выполняли по методическим указаниям ВИР (2010). Подсчет массы 1000 семян проведен с помощью автоматического счетчика семян SLY-C Plus (Китай).

Результаты. В опытах, направленных на определение оптимальной нормы высева сои сорта Снежана в условиях Центрального Нечерноземья, установлено, что продолжительность межфазных периодов зависит от ГТК и особенностей сорта и не зависит от нормы высева культуры. Оптимальной нормой высева для сои сорта Снежана является 440 тыс. шт./га. Взаимосвязь урожайности сои сорта Снежана и нормы высева семян описывается уравнением: $y = -0,037x^2 + 0,289x + 1,603$ при $R^2 = 0,856$.

Заключение. Результаты исследований позволили определить оптимальные нормы высева семян сои сорта Снежана при широкорядном способе посева с шириной междурядий 0,45 м.

Ключевые слова: соя, урожайность, нормы высева семян, качество семян, Рязанская область

Для цитирования: Солодягина А.В., Виноградов Д.В., Гуреева Е.В. Урожайность семян сои при широкорядном посеве в зависимости от плотности агрофитоценоза // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3. С.78-84 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.76.011>

Original article

SOYBEAN SEED YIELD IN WIDE-ROW SOWING DEPENDING ON THE DENSITY OF
AGROPHYTOCENOSIS

Anna V. Solodyagina¹, Dmitry V. Vinogradov²✉, Elena V. Gureeva¹

^{1,3} Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Ryazan region, Ryazan district, Podvlyazye village

² Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹ solodyagina.ana@yandex.ru

² vdv-rz@rambler.ru

³ elenagureeva@bk.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this study is to identify the optimal seeding rate for soybeans of the Snezhana variety to obtain a stable harvest in the conditions of the Central Non-Chernozem region.

Methodology. Field experiments were carried out in the conditions of the Ryazan region. The object of research is the Snezhana soybean variety. The scheme of the experiment included wide-row sowing with row spacing of 0.45 m and a step of 0.11 million germinating seeds: from 0.22 million pieces/ha to – 0.99 million pieces/ha. The experiment was conducted according to the methodology of the State variety Testing of agricultural crops (1983), biometric analysis of samples was performed according to the methodological guidelines of the VIR (2010). The weight of 1000 seeds was calculated using the automatic seed counter SLY-C Plus (China).

Results. As a result of field experiments aimed at determining the optimal seeding rate for soybeans of the Snezhana variety in the conditions of the Central Non-Chernozem region, it was found that the duration of the growing season and interphase periods depends on the GTC and the characteristics of the variety and does not depend on the seeding rate. The optimal seeding rate for soybeans of the Snezhana variety is 440 thousand pieces of germinating seeds per 1 hectare. The relationship between the yield of soybeans of the Snezhana variety and the seeding rate is described by the equation: $y = -0.037x^2 + 0.289x + 1.603$ with $R^2 = 0.856$.

Conclusion. The results of the research allowed us to determine the optimal seeding rates for soybean seeds of the Snezhana variety with a wide-row sowing method with a row spacing of 0.45 m.

Key words: soybeans, yield, seeding rates, seed quality, Ryazan region

For citation: Solodyagina A.V., Vinogradov D.V., Gureeva E.V. Soybean seed yield in wide-row sowing depending on the density of agrophytocenosis // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.3, P. 78-84 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.76.011>

Введение

Соя (Glycine max (L.) Merr.) является универсальной и высокоэффективной масличной и белковой культурой, обладающей большим стратегическим значением для нашей страны [2, 12]. В последние годы в России наблюдается заметное увеличение площадей, отведенных под сою, в частности, и на территории Рязанской области [3].

В 2023 году в Рязанской области сою высевали на площади 96 тыс. га, а в 2024 году – посевная площадь под данной зернобобовой культурой в регионе превысила 100 тыс. га. Вместе с подсолнечником и рапсом соя является наиболее экономически выгодной для выращивания сельскохозяйственной культурой. При выборе сои производственники в настоящее время обращают внимание на потенциал культуры, учитывая, что это высокобелковая культура, которая может быть весьма маржинальна в хозяйстве [1, 11].

Учитывая возрастающий спрос на сою, важно разрабатывать методы, которые максимально эффективно используют потенциал ее продуктивности в конкретных почвенно-климатических условиях. В таких условиях нормы высева и плотность стояния растений играют решающую роль для повышения урожая [6, 9, 10].

Исследования показывают, что ответ отдельных генотипов на различные агроприемы требует создания специализированных сортов технологий, включая оптимальную плотность посева. Норма высева оказывает значительное влияние как на конкуренцию между растениями за солнечный свет, воду и элементы питания, так и на урожайность культуры в целом [4, 5, 13].

Выбор количества семян сои на площадь должен быть всегда обоснован, выверен для каждого конкретного региона. В Центральном регионе РФ норма непосредственно влияет на продуктивную густоту культуры определенного сорта [9]. Зернобобовая культура обладает высоким компенсационным потенциалом при снижении нормы высева, но в то же время не любит повышенную загущенность агроценозов. При выборе нормы высева обычно ее увеличивают до 650 тыс.шт./га в посевах с ультраскороспелыми сортами, средние по спелости сорта высевают с более низкой нормой

семян – около 450 тыс.шт./га.

Цель исследований – на примере агроценозов сои сорта Снежана в условиях Рязанской области показать зависимость продуктивности культуры от нормы высева семян.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в селекционном севообороте Института семеноводства и агротехнологий, в 2022-2023гг. (Рис.1)

Опыты проведены в агроценозах сои сорта Снежана, которая зарегистрирована в 2023 году, патент № 12835.

Опыт был заложен на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве; агрохимсостав почвы: гумус – 5,61-5,63 %; P₂O₅ (по Кирсанову) – 377-381 мг/кг почвы; K₂O – 274-277 мг/кг почвы; рН сол. – 4,87-4,89.

Агротехника выращивания сои разработана в Институте для условий Центрального Нечерноземья. Расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки 112,5 м², повторность четырехкратная, учетная площадь – 81,0 м². Посев опытов произведен широкорядной сеялкой СН-16 (с междурядьями 0,45 см) по предшественнику черный пар. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения из расчета (N₁₀P₂₆K₂₆), гербицид Дуал Голд (1,5 л/га). Проведены уходные работы в соответствии с методикой. Схема опыта предусматривала изучение 8 вариантов: 1) 0,22; 2) 0,33; 3) 0,44; 4) 0,55; 5) 0,66; 6) 0,77; 7) 0,88; 8) 0,99 млн семян / га.

Полевой опыт и анализ результатов исследований проведен по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур в изложении Б.А. Доспехова [7, 8]. Площадь ассимиляционной поверхности измеряли по методике А.А. Ничипоровича (1977). Биометрические и урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова (1985) с определением относительной ошибки и достоверности результатов. Методика уборки и учет урожая культуры: учет урожая сплошной, поделочный. При определении показателя массы 1000 семян был использован прибор автоматического подсчета семян SLY-C Plus (КНП). Придерживались ГОСТ 17109-88. Соя. Требования при заготовках и поставках.



Рис. 1 – Семена, бобы и растения сои сорта Снежана
Fig. 1 – Seeds, beans and soybean plants of the Snezhana variety

Результаты исследований и их обсуждение

Погодные условия вегетационных периодов для сои в 2022 году (ГТК 0,35), и в 2023 году (ГТК 0,50) можно охарактеризовать как остро засушливые, сопровождавшиеся жаркой погодой, с частыми суховеями.

В опыте продуктивность зернобобовой культуры зависела от формирования качественного стеблестоя. В среднем, всхожесть в указанные годы проведения полевых опытов составила от 72,0 % (0,99 млн шт./га) до 92,0 %

(0,66 млн шт./га), сохранность к уборке растений в целом по опыту колебалась от 93,0 % до 96,0 %, при этом наибольшая величина этого показателя отмечена в варианте с нормой высева 0,44 млн шт./га. (Рис.2)

Констатируем, что продолжительность фенотипических периодов и в целом вегетационного периода сои не имела четкой достоверной зависимости от применяемых норм высева, но в то же время была выявлена тесная связь с гидротермическим коэффициентом сезона ($r = +0,916 \pm 0,029$).



Рис. 2 – Посев сои широкорядным способом и мониторинг опытных растений культуры
Fig. 2 – Sowing soybeans in a wide-row manner and inspection of experimental crop plants

При анализе результатов биометрических исследований установлено (табл. 1), что продуктивность сорта имеет статистически значимую связь с количеством продуктивных узлов и бобов на растении – $r = +0,851 \pm 0,03$ и $+0,830 \pm 0,04$, соответственно. Максимальные показатели высоты сои зафиксированы на делянках с опытной нормой сои в 0,77 и 0,88 млн шт./га.

Уменьшение высева культуры до 0,33 и 0,22 млн шт./га и выращивание сои с 990 тыс. шт./га вело к снижению показателя высоты растений на 15-25 %. При увеличении густоты растений зернобобовой культуры снижалось бо-

вое ветвление и количество генеративных органов сои.

Так, на делянках, высеянных с густотой 0,99 млн шт./га отмечено около 75 % бобов, а на боковых ветвях – 25 %.

При меньшем количестве семян при посеве (0,22-0,33 млн шт./га) сформировалось 43,6-47,7 % продуктивных узлов от общего количества на главном стебле и 52,3-56,4 % на ветвях. Эти данные подтверждают пластичность сорта при формировании репродуктивных органов за счет способности к ветвлению по мере возрастания площади питания растения.

Таблица 1 – Биометрические параметры сои в зависимости от нормы высева культуры, среднее за 2022-2023 гг.

Вариант опыта	Высота, см		Количество, шт.			Число семян в бобе, шт.	Масса, г	
	растения	прикрепления нижнего боба	ветвей	продуктивных узлов	бобов		семян с одного растения	1000 семян
1	83+6	12,0+3,2	3,4+1,3	25,2+7,4	38,4+13,8	2,3	12,0	138
2	75+7	12,0+3,1	2,9+1,3	23,6+12,2	23,9+14,2	2,5	8,2	137
3	91+8	15,0+5,0	3,0+0,8	19,7+8,6	23,9+10,9	2,3	7,1	129
4	89+6	16,0+3,4	1,7+1,3	15,0+5,0	17,8+9,5	2,4	5,6	131
5	91+8	17,5+4,5	1,8+1,0	15,0+5,0	10,4+5,7	2,8	4,0	128
6	98+7	18,5+3,5	1,3+0,8	11,3+2,8	10,9+8,4	2,5	3,7	126
7	99+8	16,5+5,5	1,3+1,2	15,5+6,4	7,5+3,2	2,4	3,5	120
8	86+6	14,5+3,6	1,0+0,6	11,0+3,0	5,8+2,6	2,6	2,9	121
Коррелируемые с нормой высева показатели, г								
	+0,339	+0,554	+0,326	+0,851*	+0,830*	+0,508	+0,789	+0,441
Коррелируемые с урожайностью показатели, г								
	+0,139	+0,262	+0,185	+0,137	+0,163	-0,224	+0,251	+0,441
* – значимо при $p = 0,05$								

Анализ результатов исследований показывает, что урожайность семян сои достоверно увеличилась при увеличении нормы высева до 444-555 тыс. шт./га ($HCP_{05} = 0,12$ т/га – 2022 год; $HCP_{0,5} = 0,10$ т/га – 2023 год) (рис. 3). Высев с количеством 0,44 млн шт./га семян сои позволил в опыте получить максимальный урожай. Дальнейшее увеличение нормы высева вело к уменьшению продуктивности. При высева сои в 999 тыс. шт./га был зафиксирован наиболее низкий урожай, который составил 1,6 т/га.

Максимальные показатели урожайности выявлены при норме семян в 0,44 млн шт. / га. Отме-

тим, что с повышением высеваемого количества семян сои наблюдается снижение урожайности культуры. Так, при норме в 999 тыс. шт./га зафиксирована минимальная продуктивность (1,6 т/га).

Взаимосвязь урожайности сои сорта Снежана и нормы высева семян описывается уравнением:

$Y = -0,037x^2 + 0,289x + 1,603$ при $R^2 = 0,856$. Выявлено снижение показателя массы 1000 семян с увеличением нормы посева семян сои.

Наибольшей ценностью сои является содержание протеина, на которое влиял ряд изучаемых факторов (табл. 2).



Рис. 3 — Роль примененной нормы высева в опыте на урожайность сои, т/га
Fig. 3 — The role of the applied seeding rate in the experiment on soybean yield, t/ha

Таблица 2 – Содержание белка и жира в опытном урожае семян сои в зависимости от норм высева, %

Вариант опыта	Белок, %		Среднее	Жир, %		Среднее
	2022г.	2023г.		2022г.	2023г.	
1	39,2	44,1	41,7	17,4	16,5	17,0
2	39,6	44,2	41,9	17,3	16,4	16,9

3	39,1	44,0	41,6	17,7	16,3	17,0
4	39,6	43,9	41,8	17,4	16,7	17,1
5	39,0	43,5	41,3	17,3	16,5	16,9
6	39,4	44,3	41,9	17,0	16,0	16,5
7	39,1	44,0	41,6	17,2	16,1	16,7
8	39,2	43,9	41,6	17,2	16,6	16,9
НСР ₀₅	0,46	0,33		0,51	0,67	

Анализируя данные, полученные в ходе исследований (табл. 1), отметили, что содержание белка в 2023 году выше в сравнении с 2022 годом, а содержание жира, наоборот, ниже. Различия по годам исследований объясняется, вероятнее всего, погодными условиями, сложившимися в фазу налива семян и генетическими особенностями сорта Снежана. Так, острый недостаток влаги при высокой температуре воздуха (ГТК = 0,22) во время прохождения фазы налива семян наблюдался в 2022 году. В рамках года исследований показатели качества зерна были близкие по значению и не зависели от нормы высева семян.

Содержание белка в семенах изучаемого сорта Снежана в исследуемые годы составляло в среднем 39,3 % в 2022 году и 44,0 % – в 2023 году. Разница в показателях связана с климатическими условиями и генетическими особенностями сорта. При этом различий в показателях уровня содер-

жания белка по вариантам норм высева в каждом исследуемом году достоверно не выявлено. Следовательно, отсутствует зависимость содержания белка от норм высева.

В нашем опыте среднее содержание жира в семенах сои Снежана в 2022 году составило 17,3 %, в 2023 году – 16,4 %. Из чего мы можем сделать вывод, что в более сухой и жаркий год, каким был 2022 год, семена опытной сои накопили больший процент жира, чем в более влажный. В каждый изучаемый год содержание жира по вариантам норм высева отличалось незначительно. Заключаем, что содержание жира, как и содержание белка в семенах сои сорта Снежана, зависит в большей степени от погодных условий произрастания и не зависит от густоты стояния.

Сбор белка и жира с урожаем семян зависит как от содержания данных показателей, так и от величины урожая (рис. 4).

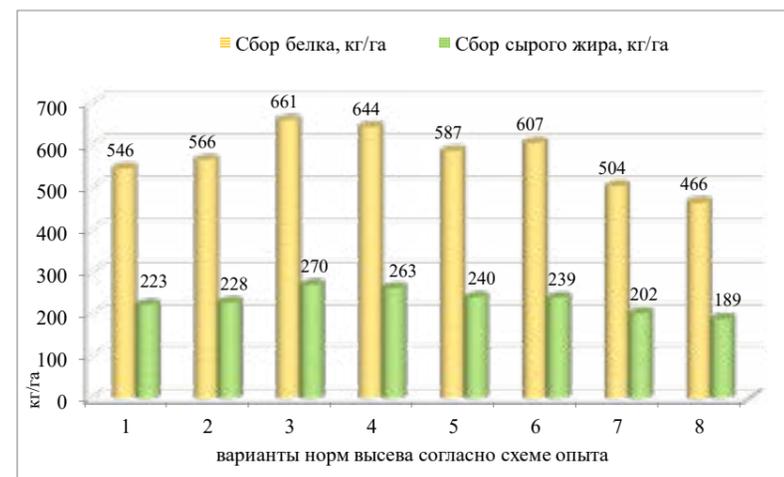


Рис. 4 — Выход белка и сырого жира у сои в зависимости от норм высева, кг/га
Fig. 4 — Yield of protein and crude fat in soybeans depending on seeding rates, kg/ha

Максимальный показатель сбора белка и жира отмечен на делянках с посевом в 0,44 млн шт./га, и составил 661 кг/га и 270 кг/га соответственно.

Заключение

Для внедрения в производство новых сортов сои северного экотипа, созданных в ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, необходимо разработать сортовую технологию возделывания культуры. В результате полевых опытов установлено, что оптимальным вариантом для получения стабильного урожая является норма высева семян 0,44 млн шт./га, при которой получен наиболее высокий урожай семян (2,27 т/га). С увеличением коли-

чества высеваемых семян снижалась семенная продуктивность сои.

Взаимосвязь урожайности сои сорта Снежана и нормы высева семян описывается уравнением:

$y = -0,037x^2 + 0,289x + 1,603$ при $R^2 = 0,856$. Максимальный сбор белка и жира зависел от урожайности, которая, в свою очередь, зависела от нормы высева семян. Таким образом, оптимальной нормой высева сои в исследованиях по показателям урожайности, сбора белка и жира можно считать 0,44 млн шт./га.

Список источников

1. Бельшикина, М. Е. Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность и кормовую ценность сои / М. Е. Бельшикина, Т. П. Кобозева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1(65). – С. 6-15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67850267>
2. Векленко, В. И. Прогноз импорта сои в мире и в России / В. И. Векленко, О. В. Еременко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 181-186. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65427601>
3. Гуреева, Е. В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои / Е. В. Гуреева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 1. – С. 28-31. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44595356>
4. Евсенина, М. В. Эффективность применения регулятора роста в технологии производства гороха и сои / М. В. Евсенина, Д. В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 9-15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50494081>
5. Евсенина, М. В. Урожайность сортов гороха при использовании инокулянта в условиях юга Нечерноземья / М. В. Евсенина, Д. В. Виноградов, Е. И. Лупова // Молочнохозяйственный вестник. – 2023. – № 4(52). – С. 54-66. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56953182>
6. Ложкин, А. Г. Влияние способов посева и микроудобрений на продуктивность сои / А. Г. Ложкин, Л. В. Елисеева, С. В. Филиппова // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 38-44.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М. А. Федина. – М.: Колос, 1983. – Вып. 3. – 184 с.
8. Методические указания: Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: Пополнение, сохранение и изучение / сост.: М. А. Вишнякова, Т. В. Буравцева, С. В. Булынецов: под ред. М. А. Вишняковой. – СПб., 2010. – 140 с.
9. Оптимальные нормы высева и способы посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / И. Г. Казаченко, Э. Д. Адиньяев, А. А. Абаев // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 3 (82). – С. 6-7.
10. Фадеева, М. Ф., Воробьева Л. В., Матвеева О. Л. Нормы высева и способы посева раннего сорта сои северного экотипа «Памяти Фадеева» в условиях Чувашии / М. Ф. Фадеева, Л. В. Воробьева, О. Л. Матвеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 62-66.
11. Храмой, В. К. Белковая продуктивность раннеспелых сортов сои в условиях Калужской области / В. К. Храмой, Т. Д. Сихарулидзе, О. В. Рахимова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 79-88. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65311009>
12. Шабалкин, А. В. Соя - экономически выгодная культура / А. В. Шабалкин, Е. А. Дубинкина // Аграрная Россия. – 2022. – № 1. – С. 17-21. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47802565>
13. Comparative analysis of seed proteome of *Glicine max* frnd *Glicine soja* / T. Hashiguchi M. Hshiguchi H. Tanaka et al // Crop Science. - 2020. - Vol. 60. - Is. 3. - P. 1530-1540.

Вклад авторов:

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

References

1. Belyshkina, M. E. Vliyaniye usloviy vlagobespechennosti vegetacionnogo perioda na produktivnost' i kormovuyu cennost' soi / M. E. Belyshkina, T. P. Kobozeva // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2024. – № 1(65). – С. 6-15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67850267>
2. Veklenko, V. I. Prognoz importa soi v mire i v Rossii / V. I. Veklenko, O. V. Eremenko // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2024. – № 1. – С. 181-186. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65427601>
3. Gureeva, E. V. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na hozyajstvenno cennye priznaki soi / E. V. Gureeva // Vestnik rossijskoy sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2021. – № 1. – С. 28-31. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44595356>
4. Evsenina, M. V. Effektivnost' primeneniya regul'yatora rosta v tekhnologii proizvodstva goroha i soi / M. V. Evsenina, D. V. Vinogradov // Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 1. – С. 9-15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50494081>
5. Evsenina, M. V. Urozhajnost' sortov goroha pri ispol'zovanii inokulyanta v usloviyah yuga Nечernozem'ya / M. V. Evsenina, D. V. Vinogradov, E. I. Lupova // Molochnohozyajstvennyj vestnik. – 2023. – № 4(52). – С. 54-66. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=56953182>
6. Lozhkin, A. G. Vliyaniye sposobov poseva i mikroudobrenij na produktivnost' soi / A. G. Lozhkin, L. V. Eliseeva, S. V. Filippova // Vestnik Ul'yanovskoy sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2020. - № 1(49). - С. 38-44.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / pod obshch. red. M. A. Fedina. - M.: Kolos, 1983. - Vyp. 3. - 184 s.
8. Metodicheskie ukazaniya: Kollekcija mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: Popolnenie, sohranenie i izuchenie / sost.: M. A. Vishnyakova, T. V. Buravceva, S. V. Bulynceev: pod red. M. A. Vishnyakovo. – SPb., 2010. – 140 s.
9. Optimal'nye normy vyseva i sposoby poseva perspektivnykh sortov soi v usloviyah lesostepnoj zony RSO-Alaniya / I. G. Kazachenko, E. D. Adin'yaev, A. A. Abaev // Agrarnyj vestnik Urala. - 2011. - № 3 (82). - С. 6-7.



10. Fadeeva, M.F., Vorob'eva L.V., Matveeva O.L. Normy vyseva i sposoby poseva rannego sorta soi severnogo ekotipa «Pamyati Fadeeva» v usloviyah Chuvashii / M.F. Fadeeva, L.V. Vorob'eva, O.L. Matveeva // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2019. - № 2 (30). – S. 62-66.

11. Hramoj, V. K. Belkovaya produktivnost' rannespelyh sortov soi v usloviyah Kaluzhskoj oblasti / V. K. Hramoj, T. D. Siharulidze, O. V. Rahimova // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2024. – № 1. – S. 79-88. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65311009>

12. Shabalkin, A. V. Soya - ekonomicheskii vygodnaya kul'tura / A. V. Shabalkin, E. A. Dubinkina // Agrarnaya Rossiya. – 2022. – № 1. – S. 17-21. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47802565>

13. Comparative analysis of seed proteome of Glicine max fnd Glicine soja / T. Hashiguchi M. Hshiguchi H. Tanaka et al // Crop Science. - 2020. - Vol. 60. - Is. 3. - P. 1530-1540.

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

Солодягина Анна Викторовна, младший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, solodyagina.ana@yandex.ru

Виноградов Дмитрий Валериевич, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой агрономии, агрохимии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», vdv-rz@rambler.ru

Гуреева Елена Васильевна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, elenagureeva@bk.ru

Author information

Solodyagina Anna V., Junior Researcher at the Department of Breeding and Primary Seed Production, Institute of Seed Production and Agrotechnology – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, solodyagina.ana@yandex.ru

Vinogradov Dmitry V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection, vdv-rz@rambler.ru

Gureeva Elena V., Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding and Primary Seed Production, Institute of Seed Production and Agrotechnology – branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, elenagureeva@bk.ru

Статья поступила в редакцию 17.08.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted to the editorial office 17.08.2024; approved after review 09.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 85-91
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, pp. 85-91

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 639.411

DOI: 10.36508/RSATU.2024.77.92.012

ОЦЕНКА РОСТА УСТРИЦ В РАЗНЫХ ЛОКАЦИЯХ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Татьяна Анатольевна Хорошайло¹, **Ирина Владимировна Сердюченко²**, **Ирина Сергеевна Махота³**, **Юлия Анатольевна Алексеева⁴**

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», г. Иркутск, Россия

^{1,3} tatyana_zabai@mail.ru

² 79184370664@yandex.ru

⁴ yulia_a72@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Устрицы представляют собой кладень питательных веществ и микроэлементов, необходимых для организма, а развитие акваферм содействует увеличению возможностей на прибрежных курортах Краснодарского края и Республики Крым. Одной из таких возможностей современной технологии выращивания устриц на побережье Черного моря является получение молоди (спата) или его выращивание в береговых бассейнах-питомниках, после чего совершается их доращивание до товарного размера на устройствах, помещенных в садках. Имеющаяся экономическая выгода за счет низкой себестоимости на начальном этапе выращивания открывает перспективу получения высокой прибыли от товарной устрицы на последующих этапах. В настоящее время возникает крайняя необходимость в развитии внутреннего массового производства товарных устриц и, следовательно, собственных устричных питомников. Для развития инфраструктуры в этой области требуются квалифицированные специалисты, подготовка которых предполагается путем формирования специализированных профильных направлений. В эти направления могут войти научные учреждения, государственные организации и предпринимательские ассоциации, так как только через такой альянс возможно быстрое интегрирование и популяризация рынка данного моллюска. В связи с этим нами была поставлена цель – дать оценку роста гигантских тихоокеанских устриц, выращенных в разных локациях побережья Черного моря.

Методология. Исследования проводили на аквафермах по выращиванию устриц в Сочинском районе и Крымском полуострове, где фермеры разводят гигантских устриц. В процессе контрольного наблюдения за их ростом были изучены технологические особенности выращивания и продуктивные качества триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea*. В первую группу – контрольную – вошли устрицы, выращенные на плантации Сочинского района, во вторую – опытную, устрицы, выращенные на плантации Ялтинского района Крыма. Для определения концентрации загрязняющих веществ в воде применяли физико-химические методы гидротехнического анализа в лаборатории Росприроднадзора Краснодарского края и полуострова Крым. Морская вода исследована на такие показатели, как хлориды, натрий, сульфаты, магний, кальций, калий, диоксид углерода, бромиды, борная кислота, стронций и фториды 2 раза в год (летом и зимой). Устриц содержали в специальных садках на глубине 5 м. Навеску устриц определяли во время их пилинга, через каждые 1,5 месяца на электронных весах с дальнейшим расчетом приростов по принятым в аквакультуре методикам. Цифровой материал экспериментальных данных обрабатывали с помощью пакета программ «Statistika 6.0». Достоверность разницы между контрольной и опытной группами оценивали методом вариационной статистики (t-критерий Стьюдента).

Результаты. В результате исследований дана оценка роста гигантских устриц *Crassostrea*. Полученные данные показали, что моллюски, выращенные в разных местах Черного моря, дали оптимальные результаты. Устрицы группы контроля по абсолютному приросту превосходили сверстниц из группы опыта на 12,5 г. Абсолютный прирост устриц из Сочинского района и Республики Крым составил 98,6 и 86,1 г, соответственно. Среднесуточный прирост в контрольной группе был выше на 1,1 грамм.

Заключение. Устрицеводство испытывает серьезные проблемы из-за санкционного давления и сложностей с логистикой. Особенно заметно это сказывается на закупке импортных материалов и малька устриц. Этот вид бизнеса очень зависит также от природных условий, и фермер в любой



момент может лишиться своего бизнеса. Несмотря на все эти сложности, рынок устриц в Краснодарском крае будет расти при условии увеличения выданных договоров аренды участков акватории моря и совершенствования технологий выращивания с использованием кормов.

Ключевые слова: условия выращивания, спат, устрицы, Черное море, биология, рост

Для цитирования: Хорошайло Т.А., Сердюченко И.В., Махота И.С., Алексеева Ю.А. Оценка роста устриц в разных локациях Черноморского побережья // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3 С.85-91 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.77.92.012>

Original article

ASSESSMENT OF OYSTER GROWTH IN DIFFERENT LOCATIONS OF THE BLACK SEA COAST

Tatyana A. Khoroshailo ¹, Irina V. Serdyuchenko ², Irina S. Mahota ³, Yulia A. Alekseeva ⁴

^{1,2,3} Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, Russia

⁴ Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

¹ tatyana_zabai@mail.ru

² 79184370664@yandex.ru

⁴ yulia_a72@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Oysters are a storehouse of nutrients and microelements necessary for the body, and the development of aquafarms is helping to increase opportunities in the coastal resorts of the Krasnodar Territory and the Republic of Crimea. One of the possibilities of modern technology for growing oysters on the Black Sea coast is the production of juveniles (spat) or their cultivation in coastal nursery pools, after which they are grown to market size on devices placed in cages. The existing economic benefit due to the low cost at the initial stage of cultivation opens up the prospect of obtaining high profits from commercial oysters at subsequent stages. Currently, there is an urgent need to develop domestic mass production of commercial oysters and, consequently, our own oyster nurseries. To develop infrastructure in this area, qualified specialists are required, the creation of which is expected through the formation of specialized profile areas. These areas can include scientific institutions, government organizations and business associations, since only through such an alliance is it possible to quickly integrate and popularize the market for this mollusk. In this regard, we set a goal - to assess the growth of giant Pacific oysters grown in different locations along the Black Sea coast.

Methodology. The research was carried out on aquafarms for growing oysters in the Sochi region and the Crimean Peninsula, where farmers breed giant oysters. In the process of monitoring their growth, the technological features of cultivation and productive qualities of the triploid Pacific oyster *Crassostrea* were studied. The first group, the control group, included oysters grown on a plantation in the Sochi region, the second group, an experimental group, included oysters grown on a plantation in the Yalta region, Crimea. To determine the concentration of pollutants in water, physical and chemical methods of hydraulic analysis were used in the laboratory of Rosprirodnadzor in Sochi, Krasnodar Territory, and Yalta, Crimea. Sea water was tested for indicators such as chlorides, sodium, sulfates, magnesium, calcium, potassium, carbon dioxide, bromides, boric acid, strontium and fluorides 2 times a year (summer and winter). The oysters were kept in special cages at a depth of 5 m. The weight of the oysters was determined during their peeling, every 1.5 months on electronic scales with further calculation of increments, according to methods accepted in aquaculture. Digital experimental data material was processed using the Statistika 6.0 software package. The reliability of the difference between the control and experimental groups was assessed by the method of variation statistics (Student's t-test).

Results. The growth of the giant *Crassostrea* oysters has been studied and assessed. The data obtained showed that shellfish grown in different places of the Black Sea gave optimal results. In absolute growth, oysters from the control group exceeded their peers from the experimental group by 12.5 g. The absolute growth of oysters from the Sochi region and the Republic of Crimea was 98.6 and 86.1 g, respectively. The average daily gain in the control group was 1.1 grams higher.

Conclusion. Oyster farming is experiencing serious problems due to sanctions pressure and logistical difficulties. This has a particularly noticeable effect on the purchase of imported materials and oyster fry. Also, this type of business is very dependent on natural conditions, and the farmer can lose his business at any time. Despite all these difficulties, the oyster market in the Krasnodar Territory will grow subject to an increase in the issuance of lease agreements for sea areas and improvement of cultivation technologies using feed.

Key words: growing conditions, spat, oysters, Black Sea, biology, growth

For citation: Khoroshailo T.A., Serdyuchenko I.V., Mahota I.S., Alekseeva Yu.A. Assessment of oyster growth in different locations of the Black Sea coast // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, N.3 p.85-91 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.77.92.012>

Введение

Устрицы, входящие в категорию диетических продуктов с лечебными свойствами, содержат в своем составе витамины А, В, РР и С, а также разнообразные микроэлементы. Они употребляются при малокровии, недостатке ионов в крови, для поддержки иммунитета и реабилитации организма [3].

В настоящее время все больше фермеров начинают заниматься, а некоторые не первый десяток лет, выращиванием этих моллюсков на Черноморском побережье. Для этого главной их задачей является приобретение качественной молодежи (спата) или ее получение в береговых бассейнах, а затем выращивание устриц до товарных размеров в море на специальных носителях [9].

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на аквафермах по выращиванию устриц в Сочинском районе и Крымском полуострове, где фермеры разводят гигантских устриц. В процессе контрольного наблюдения за их ростом были изучены технологические особенности выращивания и продуктивные качества триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea*. В первую группу – контрольную – вошли устрицы, выращенные на плантации Сочинского района Краснодарского края, во вторую – опытную, устрицы, выращенные на плантации Ялтинского района р. Крым. Для определения концентрации загрязняющих веществ в воде применяли физико-химические методы гидротехнического анализа в лабораториях Росприроднадзора Краснодарского края и полуострова Крым. Морская вода была исследована на такие показатели, как хлориды, натрий, сульфаты, магний, кальций, калий, диоксид углерода, бромиды, борная кислота, стронций и фториды 2 раза в год (летом и зимой).

Устриц содержали в специальных садках на глубине 5 м. Навеску устриц определяли во время их пилинга, через каждые 1,5 месяца на электронных весах с дальнейшим расчетом приростов, по принятым в аквакультуре методикам. Цифровой материал экспериментальных данных обрабатывали с помощью пакета программ «Statistika 6.0». Достоверность разницы между контрольной и опытной группами оценивали методом вариационной статистики (t-критерий Стьюдента).

Результаты исследований и их обсуждение

Когда люди впервые занялись устрицами, их количество казалось безграничным. Поколения агрессивной добычи устриц уничтожили популяции диких устриц. Сейчас большинство коммер-

ческих устриц, которые употребляет население в ресторанах, производится на фермах. Процесс выращивания устриц довольно сложен. Методы различаются в зависимости от географического региона и предпочтений фермеров.

Выращивание часто начинается с выбора подходящих взрослых устриц для разведения. Как и в других видах сельского хозяйства, фермеры разводят животных, стремясь обеспечивать такие качества, как устойчивость к болезням, быстрый рост и форма. Фермеры стимулируют размножение устриц, помещая их в специальные резервуары. Эти резервуары и манипулирование температурой и количеством пищи приводят к нересту устриц [1].

Когда устрицы размножаются, оплодотворенные яйца превращаются в свободно плавающие личинки. Количество этих личинок исчисляется миллионами. Через несколько недель они будут готовы прикрепиться к любой поверхности, которую смогут найти. Фермеры предоставляют платформы из наземной оболочки, называемые муфтами. Молодые устрицы, называемые спатом, прикрепляются к ним [8].

Существует два основных метода выращивания устриц: донная культура и внедонная культура. Донная культура использует естественное морское дно в качестве основы для устричных ферм. Она лучше имитирует естественную среду устриц. Донная культура часто дает устриц с более прочными раковинами. Это может быть связано с минералами на морском дне или с естественной адаптацией к более агрессивной среде. Донная культура делает устриц более незащищенными, и зачастую не все они выживают [6].

Внедонная культура предполагает выращивание устриц в контролируемой среде, в открытой воде. Это более безопасная среда для развития устриц. Существует множество форм культивирования вне дна, некоторые из которых включают культивирование в клетках, культивирование на стеллажах и в мешках, а также на лотках. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки [2].

Какой бы метод ни использовали фермеры, выращивание устриц очень полезно для окружающей среды. Благодаря способности устриц очищать воду это одна из немногих форм сельского хозяйства, которая делает окружающую территорию чище, чем могла бы быть в противном случае. Химический состав воды Черного моря на побережье Сочинского района представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химические вещества, содержащиеся в воде Черного моря* Сочинского района в июле 2022 г.

Химическое вещество	Содержание в морской воде, г/кг	Концентрация в морской воде, моль/л
Натрий Na ⁺	9,75	0,46
Хлориды Cl ⁻	18,34	0,54
Магний Mg ²⁺	1,31	0,053
Сульфаты SO ²⁻	1,70	0,027



Продолжение таблицы 1

Калий K ⁺	0,39	0,009
Кальций Ca ²⁺	0,421	0,009
Бромиды Br ⁻	0,071	8,2·10 ⁻⁴
Диоксид углерода CO ₂	0,99	2,2·10 ⁻³
Стронций Sr ²⁺	0,0081	9,0·10 ⁻⁵
Борная кислота H ₃ BO ₃	0,031	4,2·10 ⁻⁴
Фториды F ⁻	0,002	7·10 ⁻⁵

Примечание: в концентрации выше 0,001г/мг (1 млн частей) по весу

В летний период вблизи города Сочи был обнаружен определенный химический состав воды, где содержание натрия составило 9,75 г/кг, хлоридов – 18,34 граммов на килограмм, магния – 1,31 г/кг, сульфатов – 2,71 г/кг, калия – 0,39 г/кг, кальция – 0,421 г/кг, бромидов Br – 0,071 г/кг, диоксида углерода – 0,99 г/кг, стронция – 0,0081 г/кг, борной кислоты – 0,031 г/кг, фторидов F – 0,002 г/кг.

В зимний период показатели химического состава воды были несколько иными (таблица 2).

Таблица 2 – Химические вещества, содержащиеся в воде Черного моря* Сочинского района в декабре 2022 г.

Химическое вещество	Содержание в морской воде, г/кг	Концентрация в морской воде, моль/л
Натрий Na ⁺	11,68	1,24
Хлориды Cl ⁻	20,29	1,21
Магний Mg ²⁺	2,09	0,124
Сульфаты SO ₄ ²⁻	1,68	0,151
Калий K ⁺	0,59	0,026
Кальций Ca ²⁺	0,609	0,015
Бромиды Br ⁻	0,092	9,1·10 ⁻⁴
Диоксид углерода CO ₂	0,138	2,9·10 ⁻³
Стронций Sr ²⁺	0,0088	9,7·10 ⁻⁵
Борная кислота H ₃ BO ₃	0,038	4,8·10 ⁻⁴
Фториды F ⁻	0,003	7·10 ⁻⁵

Примечание: в концентрации выше 0,001г/мг (1 млн частей) по весу

В зимний период наличие химических веществ на том же участке было незначительно повышено и имело следующие значения: натрия – 11,68; хлоридов – 20,29 г/кг; магния – 2,09; сульфатов – 1,68; калия – 0,59; кальция – 0,609; бромидов – 0,092; диоксида углерода – 0,138; стронция – 0,0088; борной кислоты – 0,038; фторидов –

0,003 г/кг воды.

В этот же летний период были взяты образцы черноморской воды Республики Крым, когда пляжи переполнены отдыхающими, что, несомненно, влияет на качество воды. В таблице 3 представлены результаты исследований.

Таблица 3 – Химические вещества, содержащиеся в воде Черного моря* в р. Крым в июле 2022 г.

Химическое вещество	Содержание в морской воде, г/кг	Концентрация в морской воде, моль/л
Натрий Na ⁺	9,08	0,51
Хлориды Cl ⁻	17,98	0,92
Магний Mg ²⁺	1,07	0,049
Сульфаты SO ₄ ²⁻	2,01	0,031
Калий K ⁺	0,48	0,010
Кальций Ca ²⁺	0,806	0,011
Бромиды Br ⁻	0,102	7,7·10 ⁻⁴
Диоксид углерода CO ₂	0,111	1,8·10 ⁻³
Стронций Sr ²⁺	0,0056	8,5·10 ⁻⁵
Борная кислота H ₃ BO ₃	0,027	3,6·10 ⁻⁴
Фториды F ⁻	0,001	7·10 ⁻⁵

Примечание: в концентрации выше 0,001г/мг (1 млн частей) по весу



Основными источниками загрязнения воды побережья Черного моря являются: сельскохозяйственные удобрения, которые попадают в почву, а затем вымываются из нее; стоки и выбросы с промышленных предприятий; канализационные стоки; естественное биологическое разложение. Помимо этого, сине-зеленые водоросли вырабатывают ядовитые вещества. Из-за бактерий в воде накапливается цианид – яд, который опасен для всего живого [7].

В наших исследованиях показатели химического состава воды в Крыму несколько ниже, чем в Сочинском районе. По-видимому, на этот показатель влияет антропогенный фактор, так как в этот период было сосредоточено наибольшее количество отдыхающих, что привело к наибольшей концентрации химических веществ. Показатели химического состава воды в зимнее время представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Химические вещества, содержащиеся в воде Черного моря* в р. Крым в декабре 2022 г.

Химическое вещество	Содержание в морской воде, г/кг	Концентрация в морской воде, моль/л
Натрий Na ⁺	9,14	0,28
Хлориды Cl ⁻	18,03	0,62
Магний Mg ²⁺	1,1	0,041
Сульфаты SO ₄ ²⁻	1,31	0,022
Калий K ⁺	0,13	0,011
Кальций Ca ²⁺	0,18	0,011
Бромиды Br ⁻	0,079	7,6·10 ⁻⁴
Диоксид углерода CO ₂	0,96	1,8·10 ⁻³
Стронций Sr ²⁺	0,0031	8,2·10 ⁻⁵
Борная кислота H ₃ BO ₃	0,018	2,8·10 ⁻⁴
Фториды F ⁻	0,001	7·10 ⁻⁵

Примечание: в концентрации выше 0,001г/мг (1 млн частей) по весу

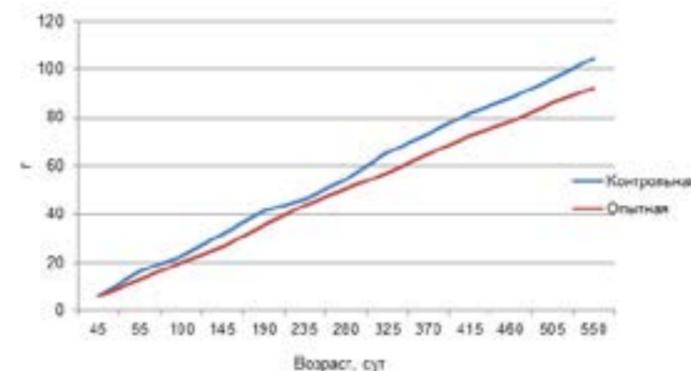
В зимний период химические показатели воды составили: натрия – 9,14; хлоридов – 18,03 г/кг; магния – 1,1; сульфатов – 1,31; калия – 0,13; кальция – 0,18; бромидов – 0,079; диоксида углерода – 0,96; стронция – 0,0031; борной кислоты – 0,018; фторидов – 0,001 г/кг. Такие показатели свидетельствуют, что в Крыму зимой вода чище, а сине-зеленые водоросли и другие вредители не оказывают негативного влияния на развитие устриц.

Гигантская устрица гораздо крупнее европейской. Ее основное отличие – разнообразие форм раковины: среди сотен гигантских устриц невозможно найти две одинаковые. Сегодня на морских

фермах в самых разных уголках мира выращивают устриц типового веса и размера, ничем особо не отличающихся по вкусовым качествам друг от друга [10].

Дикие моллюски из дальневосточного региона значительно больше в размерах, чем французские [5]. Известно, что некоторые их виды могут весить 600 г (мяса без раковины), в то время как заморские сорта даже не дотягивают до ста граммов [4].

В наших исследованиях показатели навески гигантских устриц, что разводятся в Черном море, от состояния спата до товарной массы, представлены на рисунке 1.

Рис. 1 – Показатели навески устриц
Fig. 1 – Oyster weight indicators

Анализ рисунка 1 свидетельствует, что быстрее росли устрицы контрольной группы. В начале периода навеска спата обеих групп составляла

6,2 г. К концу контрольного выращивания этот показатель был несколько иной: устрицы, выращенные на Сочинской плантации, весили 104,8±0,08 г,



устрицы из Крыма – 92,3±0,06 г. Разница составила 12,5 г (13,5 %).

Некоторые ученые [3,5] считают, что в Сочинском районе флора, которой питается устрица, развита более обширно. Хотя она (устрица) быстрее загрязняется и дополнительное время, а также затраты расходятся на ее очищение (1 раз

в 1,5 мес). В Крыму устрицы, развиваясь в таких же условиях, выглядели несколько чище и затраты труда на их очистку сокращались. В таблице 5 представлен показатель абсолютного и среднесуточного приростов гигантской устрицы за весь период контрольного выращивания.

Таблица 5 – Абсолютный и среднесуточный приросты подопытных устриц

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Абсолютный прирост, г	98,6	86,1
Среднесуточный прирост, г	8,2	7,1

Данные таблицы 5 свидетельствуют, что моллюски, выращенные в разных местах черноморского побережья, дали оптимальные результаты, хотя и с небольшой разницей. Устрицы контрольной группы по абсолютному приросту превосходили сверстниц из опытной группы на 12,5 г. Абсолютный прирост устриц из Сочинского района и р. Крым, составил 98,6 и 86,1 г, соответственно. Среднесуточный прирост в контрольной группе был закономерно выше на 1,1 грамм.

Заключение

Таким образом, потенциал рынка устриц в Краснодарском крае будет расширяться при условии увеличения количества выданных договоров на аренду участков акватории моря и усовершенствования технологий выращивания, включая использование более эффективных кормов.

Список источников

1. Вялова О.Ю. Размерность спата тихоокеанской устрицы *Crassostrea Gigas* и плотность размещения при садковом выращивании в Черном море // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2012. Т. 50. С. 256–261. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25611090>

2. Золотницкий А.П., Михайлов В.В., Сытник Н.А. Морфологическая характеристика аллометрического роста триплоидов тихоокеанской устрицы (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) в северо-восточной части Черного моря // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 41–57. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50003289>

3. Золотницкий А.П., Орленко А.Н. Морфологические особенности оогенеза тихоокеанской устрицы (*Crassostrea Gigas*, Thunberg), интродуцированной в Черное море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3. № 4. С. 63–76. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44447852>

4. Золотницкий А.П., Михайлов В.В., Сытник Н.А. Морфологическая характеристика аллометрического роста триплоидов тихоокеанской

устрицы (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) в северо-восточной части Черного моря // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 41–57. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50003289>

5. Золотницкий А.П., Орленко А.Н. Морфологические особенности оогенеза тихоокеанской устрицы (*Crassostrea Gigas*, Thunberg), интродуцированной в Черное море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Т. 3. № 4. С. 63–76. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44447852>

6. Золотницкий А.П., Орленко А.Н. О совместном влиянии размера тела и температуры воды на скорость роста тихоокеанской устрицы (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) в лимане Донузлав (Черное море) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 3. С. 74–85. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46629614>

7. Козлова Г.В., Ленькова Д.Н. Анализ результатов культивирования тихоокеанской устрицы в Черном море // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 3. С. 54–65. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46614662>

8. Расторгуев В.Н., Серегин С.С. Основные работы, технологии и приемы – применяемые при выращивании устриц в Черном море на побережье Краснодарского края // Вестник науки. 2022. Т. 3. № 11 (56). С. 289–295. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49778399>

9. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море // Севастополь, 2010. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44063659>

10. Хорошайло Т.А., Сердюченко И.В., Козубов А.С. Влияние девастина на инвазирование помесного осетра моногенетическим сосальщиком *Dactylogyrus Vastator* // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 70–75. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48345249>



References

1. Vyalova O.Yu. Spat size of the Pacific oyster *Crassostrea Gigas* and placement density during cage culture in the Black Sea // Proceedings of the Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography. 2012. T. 50. pp. 256–261. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25611090>

2. Zolotnitsky A.P., Mikhailov V.V., Sytnik N.A. Morphological characteristics of the allometric growth of triploids of the Pacific oyster (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) in the northeastern part of the Black Sea // Bulletin of the Kerch State Marine Technological University. 2022. No. 4. pp. 41–57. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50003289>

3. Zolotnitsky A.P., Orlenko A.N. Morphological features of oogenesis of the Pacific oyster (*Crassostrea Gigas*, Thunberg), introduced into the Black Sea // Aquatic bioresources and habitat. 2020. T. 3. No. 4. P. 63–76. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44447852>

4. Zolotnickij A.P., Mihajlov V.V., Sytnik N.A. Morfoloģicheskaia harakteristika allometricheskogo rosta triplloidov tihookeanskoj ustrycy (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) v severo-vostochnoj chasti Chernogo morya // Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2022. № 4. S. 41–57. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50003289>

5. Zolotnickij A.P., Orlenko A.N. Morfoloģicheskie osobennosti oogeneza tihookeanskoj ustrycy (*Crassostrea Gigas*, Thunberg), introducirovannoj v Chernoe more // Vodnye bioresursy i sreda obitaniya. 2020. T. 3. № 4. S. 63–76. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44447852>

6. Zolotnickij A.P., Orlenko A.N. O sovmestnom vliyanii razmera tela i temperatury vody na skorost' rosta tihookeanskoj ustrycy (*Crassostrea Gigas*, Thunberg) v limane Donuzlav (Chernoe more) // Vodnye bioresursy i sreda obitaniya. 2021. T. 4. № 3. S. 74–85. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46629614>

7. Kozlova G.V., Len'kova D.N. Analiz rezul'tatov kul'tivirovaniya tihookeanskoj ustrycy v Chernom more // Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2021. № 3. S. 54–65. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46614662>

8. Rastorguev V.N., Seregin S.S. Osnovnye raboty, tekhnologii i priemy – primenyaemye pri vyrashchivanii ustryc v Chernom more na poberezh'e Krasnodarskogo kraja // Vestnik nauki. 2022. T. 3. № 11 (56). S. 289–295. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49778399>

9. Holodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. Vyrashchivanie midij i ustryc v Chernom more // Sevastopol', 2010. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44063659>

10. Horoshajlo T.A., Serdyuchenko I.V., Kozubov A.S. Vliyanie devastina na invazirovanie pomesnogo osetra monogeneticheskim sosal'shchikom *Dactylogyrus Vastator* // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2022. T. 14. № 1. S. 70–75. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48345249>

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, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», tatyana_zabai@mail.ru

Сердюченко Ирина Владимировна, канд. вет. наук, доцент кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 279184370664@yandex.ru

Махота Ирина Сергеевна, студентка 3-го курса факультета зоотехнии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», tatyana_zabai@mail.ru

Алексеева Юлия Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры зоотехнии и технологии производства сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», yulia_a72@mail.ru

Author information

Khoroshailo Tatyana A., Ph.D. s.-x. Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Science and Pig Breeding, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, tatyana_zabai@mail.ru

Serdyuchenko Irina V., Ph.D. vet. Sciences, Associate Professor of the Department of Microbiology, Epizootology and Virology, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, 279184370664@yandex.ru

Mahota Irina S., 3rd year student at the Faculty of Animal Science, Kuban state agrarian university named after I.T. Trubilin, tatyana_zabai@mail.ru

Alekseeva Yulia A., Ph.D. agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Technology of Agricultural Production, Irkutsk state agrarian university named after A.A. Yezhevsky, yulia_a72@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.05.2024; одобрена после рецензирования 05.07.2024; принята к публикации 20.09.2024

The article was submitted 05.05.2024; approved after reviewing 05.07.2024; accepted for publication 20.09.2024



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.1/574.3:57.065:577.29
DOI: 10.36508/RSATU.2024.11.32.013РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАПЛОТИПОВ NOSEMA APIS В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОЙ ПАСЕКИ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАННиколай Дмитриевич Шамаев¹, Эдуард Аркадьевич Шуралев², Малик Нилович Мукминов³^{1,2,3} ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Республика Татарстан, Россия² ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана», г. Казань, Республика Татарстан, Россия¹ nikolay1157@gmail.com² eduard.shuralev@mail.ru³ malik-bee@mail.ruИсследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00079, <https://rscf.ru/project/24-26-00079/>.**Аннотация.****Проблема и цель.** Цель данного исследования – описать паразито-хозяйные отношения *Apis mellifera* и *Nosema apis* на единичной пасеке Республики Татарстан и установить распределение гаплотипов паразита в сравнении с данными по Евразии с использованием полученных данных.**Методология.** 50 погибших рабочих медоносных пчел *A. mellifera carnica* были собраны из одного улья на одной из пасек Лаишевского района Республики Татарстан в апреле 2023 года. Медоносных пчел промывали и измельчали для исследования под композиционным микроскопом и выделяли ДНК для проведения ПЦР-анализа. Последовательности белка РТРЗ, полученные из *A. mellifera* в различных частях мира, были найдены в международных базах данных. Сетевой анализ последовательностей аминокислот белка РТРЗ из Республики Татарстан и из баз данных оценивался с использованием с участков с высоким уровнем полиморфизма.**Результаты.** В данном исследовании были охарактеризованы случаи заражения *A. mellifera* нозематозом и установлено текущее состояние распределения гаплотипов микроспоридиями *Nosema apis*. 50 исследованных медоносных пчел из Республики Татарстан были заражены *N. apis*. Аминокислотные последовательности белка РТРЗ *N. apis*, обнаруженные в разных частях Евразии, сформировали один основной гаплотип, присутствующий в Словении, Испании и Турции. РТРЗ, принадлежащий основному гаплотипу *N. apis*, был обнаружен также в Республике Татарстан, разветвленной со Словенией, Испанией и Турцией. Еще один гаплотип, обнаруженный в Республике Татарстан, был вновь полученным и отличался от основного гаплотипа на одну аминокислоту. С помощью электронных баз данных на всей территории Евразии у *N. apis* обнаружено два гаплотипа, один из которых является новым и на данный момент специфичным для исследованного улья единичной пасеки Республики Татарстан, и еще один – зарегистрированным ранее в других регионах Евразии.**Заключение.** Как показано в этом исследовании, данные аминокислотной последовательности РТРЗ с пасеки Республики Татарстан и других регионов Евразии позволяют предположить, что изоляты *N. apis* от медоносных пчел имеют как общие основные, так и уникальные гаплотипы. Наличие основных евразийских гаплотипов *N. apis* на пасеке Республики Татарстан подтверждает предположение о заносе паразитов в Российскую Федерацию из стран Евразии. Настоящее исследование расширяет данные о существующих уникальных аминокислотных гаплотипах РТРЗ видов *Nosema spp.***Ключевые слова:** *Nosema apis*, *Apis mellifera carnica*, нозематоз, Республика Татарстан, РТРЗ, гаплотип**Для цитирования:** Шамаев Н.Д., Шуралев Э.А., Мукминов М.Н. Распределение гаплотипов *Nosema apis* в условиях единичной пасеки Республики Татарстан // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 3. С. 92-101 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.11.32.013>

Original article

DISTRIBUTION OF NOSEMA APIS HAPLOTYPES IN CONDITIONS OF A SINGLE APIARY
IN THE REPUBLIC OF TATARSTANNikolai D. Shamaev¹, Eduard A. Shuralev², Malik N. Mukminov³^{1,2,3} Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia^{1,2,3} Kazan State Medical Academy - Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia² Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia¹ nikolay1157@gmail.com² eduard.shuralev@mail.ru³ malik-bee@mail.ruThe research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00079, <https://rscf.ru/project/24-26-00079/>.**Annotation.****Problem and purpose.** The purpose of this study was to describe the host-parasite relationship *Apis mellifera* and *Nosema apis* and establish the distribution of parasite haplotypes in comparison with data for Eurasia, using new data obtained from a single apiary in the Republic of Tatarstan, Russia.**Methodology.** 50 dead worker honey bees *A. mellifera carnica* were collected from a single hive in one of the apiaries in the Laishevsky district, Republic of Tatarstan, Russia in April 2023. Honey bees were washed and ground for examination under a composition microscope, and DNA was isolated for PCR analysis. PTP3 protein sequences obtained from *A. mellifera* in various parts of the world were found in international databases. Network analysis of amino acid sequences of the PTP3 protein from the Republic of Tatarstan and from databases was assessed using regions with a high level of polymorphism.**Results.** This study characterized cases of *A. mellifera* infection with nosematosis and determined the current status of haplotype distribution of the microsporidia *Nosema apis*. 50 studied honey bees from the Republic of Tatarstan were infected with *N. apis*. Amino acid sequences of the *N. apis* PTP3 protein found in different parts of Eurasia formed one major haplotype present in Slovenia, Spain and Turkey. PTP3, belonging to the main haplotype of *N. apis*, was also found in the Republic of Tatarstan, branched with Slovenia, Spain and Turkey. Another haplotype discovered in the Republic of Tatarstan was newly obtained and differed from the main haplotype by one amino acid. Using electronic databases throughout Eurasia. Two haplotypes were discovered in *N. apis*, one of which is new and currently specific to the studied hive of a single apiary in the Republic of Tatarstan, and another one was previously registered in other regions of Eurasia.**Conclusion.** As shown in this study, PTP3 amino acid sequence data from apiaries in the Republic of Tatarstan and other regions of Eurasia suggest that *N. apis* isolates from honey bees share both core and unique haplotypes. The presence of the main Eurasian haplotypes of *N. apis* in the apiary of the Republic of Tatarstan confirms the assumption of the introduction of parasites into the Russian Federation from Eurasian countries. The present study expands the knowledge of the existing unique PTP3 amino acid haplotypes of *Nosema spp.***Key words:** *Nosema apis*, *Apis mellifera carnica*, nosematosis, Republic of Tatarstan, PTP3, haplotype
For citation: Shamaev N.D., Shuralev E.A., Mukminov M.N. Distribution of *Nosema apis* haplotypes in conditions of a single apiary in the republic of Tatarstan // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 3, P. 93-101 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.11.32.013>**Введение**

Пчеловодство важно для получения пчелиной пыльцы, прополиса, перги, маточного молочка, пчелиного воска и ценнейшего пищевого продукта – меда [1, 2]. Пчеловодство также важно для повышения урожайности различных сельскохозяйственных культур, развития семеноводства, поддержания флористического биоразнообразия и удовлетворения потребностей в полном опылении энтомофильных культур и получении высоких урожаев [3]. Хотя существуют и другие виды насекомых (мухи, осы, жуки и бабочки), обеспечивающие

опыление сельскохозяйственных культур, дикие и управляемые пчелы хорошо известны как эффективные опылители экономически важных мировых культур [4].

Эффективному развитию пчеловодства препятствует наличие и негативное влияние биотических и абиотических факторов, влияющих на управляемые семьи медоносных пчел, таких как патогены и события, связанные с использованием пестицидов, землепользованием и изменением климата [5]. Для целей пчеловодства необходимо содержать большое количество пчелиных семей,



однако количество управляемых семей сокращается, что связано с паразитами медоносных пчел [6].

С точки зрения мирового распространения негативное влияние паразитов медоносных пчел *Apis mellifera* связано с паразитами семейств *Nosematidae* и *Trypanosomatidae* [7]. Среди двух семейств наиболее часто встречающимися паразитами являются виды семейства *Nosematids* [6, 7]. *N. apis* и *N. ceranae*. Они считаются первоначальными паразитами европейских медоносных пчел (*A. mellifera*) и азиатских медоносных пчел (*A. ceranae*), при этом *N. ceranae* распространялся далеко за пределы азиатского континента [7, 8]. Заражение видами *Nosema* spp может происходить: через пчелиную семью или мед; через совместное использование зараженных пищевых ресурсов (трофаллакис); через бессимптомных и толерантных медоносных пчел в улье, продолжительность жизни которых поддерживает производство спор и относительно здоровый внешний вид *A. mellifera*; через торговлю медоносными пчелами и продуктами их переработки [1, 9].

Высокая заболеваемость *Nosema* spp на фоне колебаний относительной влажности и средней температуры во время зимнего периода содержания также может иметь связь со здоровьем медоносных пчел, особенно в регионах с продолжительной холодной зимой [10, 11]. Считается, что распространение спор паразита является следствием жестких манипуляций с ульями и раздавливания зараженных пчел с заражением пчелиного материала, однако их распространение также может быть следствием мировой торговли продуктами пчеловодства, либо торговли с пасеки на пасеку в разных географических регионах [1, 11].

Анализ глобально управляемых семей медоносных пчел в геоклиматических регионах с продолжительной холодной зимой показывает монотонное уменьшение количества пчелиных семей с течением времени; одним из таких регионов является Россия. Предыдущие исследования нозематоза в России позволяют предположить, что на некоторых пасеках практикуется посадка привозных пчелиных семей, пчелиных маток и роев с других пасек [12]. В другом исследовании нозематоз был зарегистрирован в семьях медоносных пчел, завезенных в северный регион Российской Федерации из зараженных семей медоносных пчел из южных регионов [13]. Основной целью данного исследования было описание паразито-хозяйственных отношений *A. mellifera* и *Nosema apis* на единичной пасеке Республики Татарстан, России и выявление распределения гаплотипов паразита в сравнении с данными по Евразии с использованием полученных данных.

Материалы и методы исследования

80 образцов медоносных пчел *A. mellifera carnica* были собраны из одного улья на одной из пасек Лаишевского района Республики Татарстан, Россия, в апреле 2023 года. Погибшие рабочие медоносные пчелы были обнаружены у входа в улей или на рамках вдали от расплодного гнезда.

Чтобы изолировать хоботок из губы, пчелу помещали под указательный палец. Для выпрямления хоботка потребовалось использование препаровальной иглы. С помощью пинцета выпрямленный хоботок отводили, затем поворачивали и вытягивали. С помощью пинцета переднее крыло отделяли, захватывали у основания и вытягивали. Длину крыла измеряли от верхней части переднего края основного склерита до вершины. Ширина крыла измерялась в самом широком месте, от верхнего края до низа. Соотношение длин жилок в третьей кубитальной ячейке переднего правого крыла также использовалось для расчета кубитального индекса. Для измерения длины от проксимального центрального изгиба до дистальной точки голени бедренную часть правой задней лапы удаляли с помощью препаровальной иглы. Измерения проводились с использованием программного обеспечения ScoreTek и Image J.

Перед экстракцией ДНК каждую медоносную пчелу промывали этанолом и стерильной водой, а затем измельчали в 1 мл вновь добавленной стерильной воды, как описано ранее [14]. Каплю гомогената исследовали под композиционным микроскопом («Биомед-3», Россия) с использованием фазово-контрастной световой микроскопии при 400-кратном увеличении для наблюдения за спорами. Выделение тотальной ДНК из гомогената медоносных пчел оценивали с использованием коммерческого набора EZNA Tissue DNA kit (OMEGA, США) в соответствии с инструкциями производителя. Очищенную ДНК хранили при -20° С до проведения ПЦР-анализа. ПЦР проводили с использованием термоциклера Bio-Rad T100 (Bio-Rad Laboratories Ltd., Канада). ПЦР-ампликоны окрашивали бромфеноловым синим, электрофорез проводили в 1,5 % агарозном геле с бромистым этидием и визуализировали в УФ-свете.

Нуклеотидные последовательности амплифицированных фрагментов определяли в научно-исследовательской компании («Синтол», Россия) с использованием тех же реагентов для амплификации. На хроматограмме образцов наблюдались перекрывающиеся пики. Каждую аллель разделяли с помощью вектора *pT7Blue* и трансформировали в клеточную линию *E. coli* DH5α. Трансформированные клоны *E. coli* подвергали скринингу и очистке с использованием системы очистки miniprep. Часть последовательностей гена *Ptp3* была выгружена из научной базы данных (Турция, Испания и Словения). Сеть медианного соединения наборов данных аминокислотных последовательностей белка РТР3 из Республики Татарстан и баз данных оценивалась с использованием с участков с высоким уровнем полиморфизма. Обозначения были добавлены в Microsoft PowerPoint (Microsoft Office).

Результаты исследований и их обсуждение

Сначала были получены результаты морфометрического анализа медоносных пчел с подсчетом споровой нагрузки, представленные в таблице 1.



Таблица 1 – Результаты морфометрического анализа медоносных пчел с подсчетом споровой нагрузки

Длина хоботка	Длина крыла	Ширина крыла	Кубитальный индекс	Длина от проксимального центрального изгиба до дистальной точки голени	Споровая нагрузка
6,00	9,29	3,15	48,00	2,96	150000
5,95	9,28	3,14	52,00	3,03	290000
5,82	9,27	3,15	55,00	2,98	120000
6,02	9,21	3,14	57,00	3,04	165000
6,02	9,29	3,15	56,00	3,09	208000
6,00	9,31	3,14	52,00	3,00	9000
6,13	9,27	3,15	62,00	3,05	290000
6,38	9,23	3,14	51,00	3,04	95000
6,55	9,29	3,14	50,00	3,06	118000
6,00	9,24	3,15	61,00	3,02	167000
6,00	9,26	3,14	59,00	3,01	207000
6,83	9,31	3,14	48,00	3,00	278000
6,70	9,28	3,14	53,00	2,95	28000
6,82	9,24	3,15	63,00	2,97	297000
6,00	9,25	3,14	57,00	2,96	143000
6,54	9,24	3,15	59,00	3,08	160000
6,00	9,30	3,14	49,00	3,06	99000
6,98	9,27	3,15	46,00	2,97	124000
7,03	9,25	3,14	65,00	3,10	151000
6,60	9,32	3,15	58,00	3,02	77000
7,10	9,25	3,15	50,00	3,10	67000
6,40	9,32	3,15	47,00	3,00	32000
6,22	9,28	3,14	54,00	2,94	180000
7,01	9,22	3,15	50,00	3,01	286000
7,04	9,28	3,15	58,00	2,93	229000
6,96	9,22	3,15	61,00	2,95	221000
6,56	9,18	3,14	60,00	2,94	133000
7,01	9,23	3,15	54,00	3,01	137000
6,44	9,17	3,14	64,00	2,97	25000
6,75	9,21	3,15	50,00	3,06	18000
6,46	9,33	3,14	47,00	2,94	261000
7,11	9,20	3,15	48,00	3,04	65000
6,47	9,26	3,15	51,00	3,04	259000
6,84	9,27	3,14	57,00	2,99	161000
6,73	9,19	3,15	56,00	3,05	255000
6,37	9,30	3,15	45,00	3,03	232000
7,10	9,28	3,14	64,00	3,09	134000
6,26	9,29	3,15	58,00	2,94	107000
7,20	9,29	3,14	63,00	2,98	223000
6,36	9,27	3,15	52,00	3,10	23000
6,27	9,28	3,14	49,00	3,03	198000
6,26	9,29	3,15	46,00	3,07	179000
6,37	9,16	3,15	55,00	3,05	188000
6,27	9,32	3,14	60,00	3,08	269000
6,27	9,24	3,15	54,00	3,00	85000
7,01	9,29	3,14	56,00	2,98	30000
6,28	9,27	3,14	47,00	3,09	90000
6,48	9,24	3,15	63,00	2,97	272000
6,83	9,16	3,14	55,00	3,03	47000
6,27	9,29	3,14	60,00	2,97	259000
6,44	9,23	3,15	61,00	2,93	158000

Продолжение таблицы 1

6,57	9,29	3,14	50,00	3,05	229000
6,64	9,24	3,15	49,00	3,03	136000
6,83	9,22	3,15	52,00	3,07	216000
6,44	9,30	3,14	59,00	3,07	265000
6,73	9,26	3,15	62,00	2,93	299000
6,77	9,30	3,15	53,00	2,93	51000
6,56	9,22	3,14	58,00	2,97	150000
6,74	9,23	3,15	62,00	3,05	279000
6,95	9,26	3,14	63,00	2,94	243000
6,58	9,19	3,15	46,00	3,07	270000
6,48	9,28	3,15	61,00	3,06	240000
6,58	9,26	3,15	59,00	3,01	67000
6,97	9,30	3,15	47,00	3,08	58000
6,87	9,21	3,15	55,00	2,97	120000
6,75	9,29	3,15	48,00	2,95	36000
6,67	9,23	3,15	50,00	3,06	117000
6,57	9,32	3,14	64,00	3,09	153000
6,87	9,31	3,14	63,00	3,04	41000
6,85	9,28	3,15	54,00	3,02	117000
6,85	9,19	3,15	59,00	3,05	272000
6,78	9,30	3,15	49,00	3,03	282000
6,76	9,25	3,14	52,00	3,01	34000
6,47	9,30	3,15	57,00	2,96	255000
6,35	9,30	3,14	65,00	2,93	183000
5,80	9,17	3,14	58,00	3,02	227000
5,89	9,24	3,15	55,00	3,07	66000
7,00	9,16	3,15	50,00	3,01	276000
5,88	9,29	3,14	46,00	2,92	149000
5,87	9,33	3,15	51,00	2,96	213000

Анализируя результаты морфометрического анализа медоносных пчел, построили диаграмму для выявления распределения образцов. Выявили, что преобладающими подвидами были среднерусская и серая горная кавказская пчелы. Длина хоботка варьировала от 5,80 мм до 7,20 мм. Длина крыла варьировала от 9,16 мм до 9,33 мм. Ширина крыла варьировала от 3,14 мм до 3,15 мм. Кубитальный индекс варьировал от 45 до 65 %.

Для выявления распределения подвигов пчел среди образцов была построена диаграмма (рис. 1). Самыми распространенными подвидами пчел оказались гибриды карнийской (с), среднерусской (sr) и кавказской (sgk).

Для интерпретации полученных данных были рассмотрены зависимости между полученными морфометрическими переменными. Переменным были присвоены названия: proboscis (длина хоботка), wing_le (длина крыла), wing_wid (ширина крыла), sub_ind (кубитальный индекс), tibia (длина от проксимального центрального изгиба до дистальной точки голени), sporeload (споровая нагрузка).

С использованием перечисленных переменных было решено построить корреляционную матрицу Пирсона. По результатам построения корреляционной матрицы Пирсона была выявлена слабая положительная корреляция между споровой нагрузкой и кубитальным индексом, а также

отрицательно слабая корреляция между шириной крыла и кубитальным индексом (рис. 2).

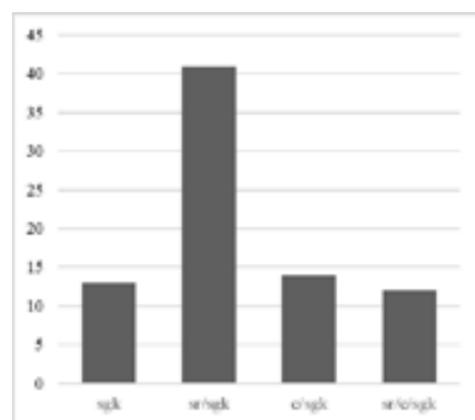


Рис. 1 – Визуализация распределения данных морфометрического анализа медоносных пчел. Подвиды: карнийской (с), среднерусский (sr) и серый горный кавказский (sgk)

Fig. 1 – Visualization of the distribution of data from morphometric analysis of honey bees. Subspecies: carnian (c), central russian (sr) and gray caucasian mountain (sgk)

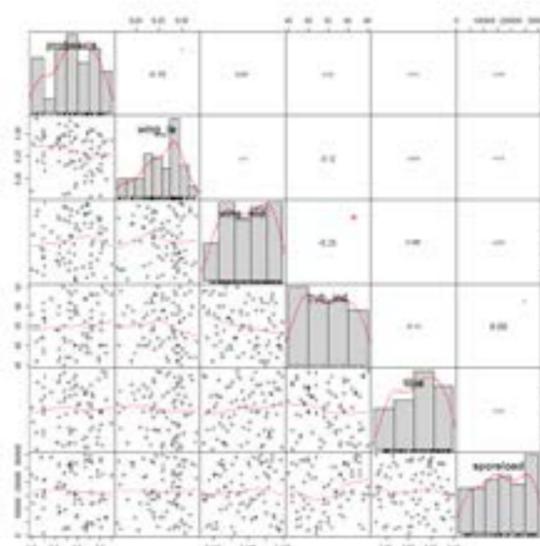


Рис. 2 – Корреляционная матрица Пирсона с использованием данных морфометрического анализа медоносных пчел

Fig. 2 – Pearson correlation matrix using data from morphometric analysis of honey bees

Коэффициент корреляции Пирсона отражает степень линейной взаимосвязи между двумя переменными. Положительная корреляция означает, что при увеличении значений одной переменной значения другой переменной тоже увеличиваются. То есть, если коэффициент корреляции близок к +1, это указывает на сильную положительную связь между переменными. В случае отрицательной корреляции увеличение значений одной переменной сопровождается уменьшением значений другой переменной. Коэффициент корреляции, близкий к -1, говорит о сильной отрицательной связи между переменными. Если коэффициент корреляции близок к 0, то между переменными нет линейной зависимости.

В ходе работы было решено найти, какой кубитальный индекс имел связь со споровой нагрузкой. Для того чтобы определить, какая споровая нагрузка считается высокой, провели тест Колмогорова-Смирнова. Данный тест показывает порог отсечения, при какой споровой нагрузке она считается высокой. Показатели споровой нагрузки

Таблица 2 – Результаты разделения показателей споровой нагрузки для теста Колмогорова-Смирнова

Споровая нагрузка	Частота	Относительная частота
0-43000	10	0,125
44000-86000	9	0,113
87000-129000	10	0,125
130000-170000	15	0,188
171000-214000	8	0,100
215000-257000	11	0,138
258000-300000	17	0,213

(табл. 1) были разделены на группы (табл. 2), по которым была построена диаграмма (рис. 3), которая выявила, что достоверным порогом отсечения при показателе $p < 0,05$ является споровая нагрузка выше 150000.

Далее построили корреляционную матрицу Пирсона с использованием кубитального индекса и споровой нагрузки медоносных пчел с использованием полученных переменных. Для построения корреляционной матрицы предварительно всем значениям от 150000 и выше были присвоены значения 1, а значениям ниже 150000 были присвоены значения 0. Каждому подвиду серой горной кавказской (sgk) медоносной пчелы был присвоен номер 1. Каждому гибриду среднерусской и серой горной кавказской медоносной пчелы (sr/sgk) был присвоен номер 2. Каждому гибриду карнийской и серой горной кавказской медоносной пчелы (с/sgk) был присвоен номер 3. Каждому гибриду среднерусской, карнийской и серой горной кавказской медоносной пчелы (sr/c/sgk) был присвоен номер 4.

По результатам построения корреляционной матрицы Пирсона (рис. 4) была выявлена слабая положительная корреляция между гибридами среднерусского и серого горного кавказского подвида медоносной пчелы, что неудивительно, потому что имеется их преобладающее количество (рис. 1). Также были выявлены отрицательные корреляции между разными подвидами, что тоже не удивительно, потому что они в одной выборке.

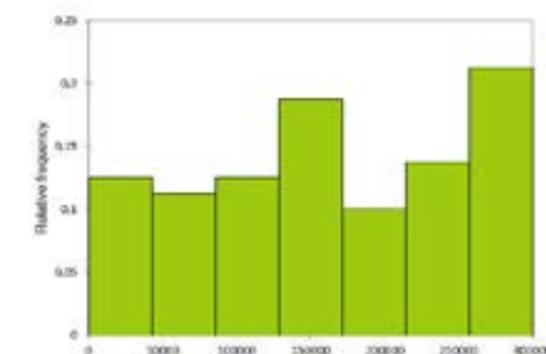


Рис. 3 – Выявление достоверного порога отсечения с использованием теста Колмогорова-Смирнова.

Fig. 3 – Identification of a reliable cutoff threshold using the Kolmogorov-Smirnov test.

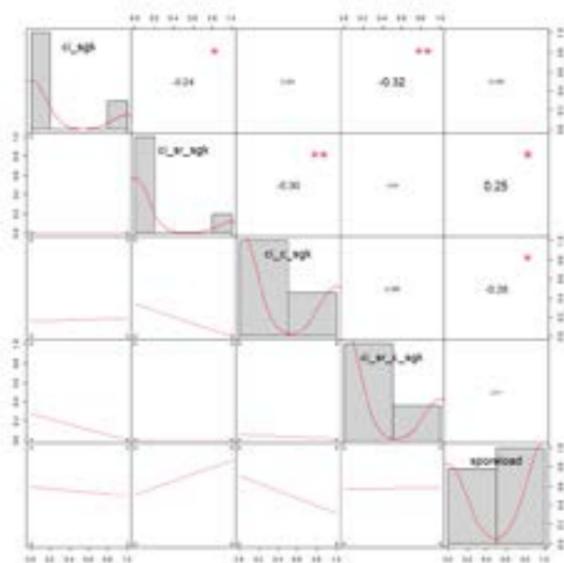


Рис. 4 – Корреляционная матрица Пирсона с использованием кубитального индекса и споровой нагрузки медоносных пчел

Fig. 4 – Pearson correlation matrix using cubital index and honeybee spore load

Таким образом, споровая нагрузка микроспоридиями рода *Nosema* среди подвидов медоносных пчел *Apis mellifera* на одной из пасек Лаишевского района Республики Татарстан предполагает наличие взаимосвязи между увеличивающейся споровой нагрузкой микроспоридий и гибридом нескольких пород медоносной пчелы.

Далее из образцов гомогенатов медоносной пчелы были выделены споры (рис. 4). Метод ПЦР позволил провести видовое определение микроспоридий *N. apis* (рис. 5). Большинство пчел с обнаруженными микроскопией спорами были ПЦР-положительными. По итогам ПЦР скрининга только 50 медоносных пчел из Республики Татар-

стан были заражены *N. apis*.

Известно, что белки РТР взаимодействуют с поверхностью клетки-хозяина. РТР3 участвует в биогенезе полярных трубок от споробласта к споре и играет роль в контроле экструзии полярных трубок [16]. Другое исследование показало, что подавление экспрессии гена *Ptp3* позволяет держать под контролем инфекцию *N. ceranae* у медоносных пчел [17]. Таким образом, имеет смысл показать сеть гаплотипов аминокислот РТР3, чтобы увидеть функционально разные штаммы вида *Nosema* spp, предполагая, что в Евразии существуют разные штаммы.

Аминокислотные последовательности белка РТР3 *N. apis*, обнаруженные в разных частях Евразии, сформировали один основной гаплотип, присутствующий в Словении, Испании и Турции (рис. 6). РТР3, принадлежащий основному гаплотипу *N. apis*, был обнаружен также в Республике Татарстан, разветвленной со Словенией, Испанией и Турцией. Еще один гаплотип, обнаруженный в Республике Татарстан, был вновь полученным и отличался от основного гаплотипа на одну аминокислоту.

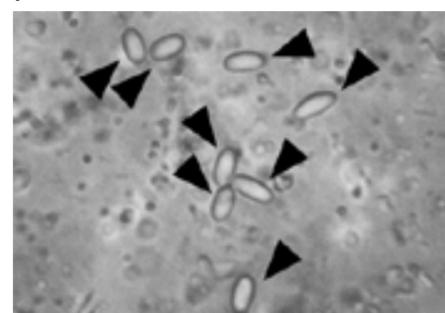


Рис. 5 – Световая микроскопия спор, схожих с *N. apis*. Черные стрелки – *N. apis*

Fig. 5 – Light microscopy of spores similar to *N. apis*. Black arrows – *N. apis*



Рис. 6 – Определение вида *N. apis* методом ПЦР. 1-11 (слева направо) – отдельные образцы *A. mellifera*. Вид *N. apis* определялся наличием полос 321 п.н.

Fig. 6 – *N. apis* species determination by PCR. 1-11 (from left to right) – individual samples of *A. mellifera*. *N. apis* species was determined by the presence of 321 bp bands

Как показано в этом исследовании, данные аминокислотной последовательности РТР3 с пасеки Республики Татарстан и других регионов Евразии позволяют предположить, что изоляты *N. apis* от медоносных пчел имеют как общие основные, так и уникальные гаплотипы. Наличие основных евразийских гаплотипов *N. apis* на пасеке Республики Татарстан подтверждает предположение о заносе паразитов в Российскую Федерацию из стран Евразии.

Настоящее исследование расширяет данные о существующих уникальных аминокислотных гаплотипах РТР3 видов *Nosema* spp. Хотя исследо-

ваний по импорту медоносных пчел в Российскую Федерацию нет, согласно данным Volza (<https://www.volza.com/>) об импорте медоносных пчел Российская Федерация импортирует медоносных пчел из европейских стран, таких как Нидерланды, Польша и Литва. Большая часть продукции медоносных пчел импортируется по всему миру из Китая, Индии, Новой Зеландии, Южной Кореи, Малайзии и Вьетнама, хотя конкретно о Российской Федерации информации нет. Несмотря на отсутствие точных данных, можно предположить, что наличие идентичных гаплотипов аминокислот белка РТР3 в Республике Татарстан, Нидер-

ландах и Южной Кореи связано с заносом вайриформоза в Российскую Федерацию посредством импорта медоносных пчел и/или продуктов пчеловодства. Что касается ситуации внутри страны, то есть несколько сообщений, предполагающих наличие потенциальных маршрутов распространения видов *Nosema* spp. В заповеднике на Южном Урале было обнаружено поражение пчелиных семей нозематозом, а в правительство поступали жалобы на кочевых пчеловодов из других регионов и продажу пчел неизвестного происхождения на границе заповедника [18]. Интенсивный завоз медоносных пчел практиковался из южных регионов Российской Федерации в Сибири и Алтайском крае, а также Тюменской и Томской областях [12, 13, 18].

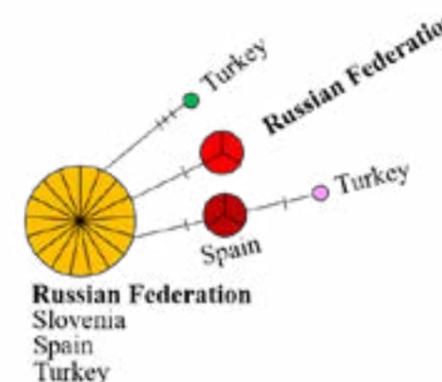


Рис. 7 – Распределение гаплотипов и сетевой анализ аминокислотных последовательностей белка РТР3 *N. apis*. Жирным шрифтом выделены гаплотипы, обнаруженные на пасеке Республики Татарстан, Россия

Fig. 7 – *N. apis* РТР3 protein amino acid haplotypes distribution and network analysis. Haplotypes found in the apiary of Republic of Tatarstan, Russia are shown in bold letters

Заключение

В данном исследовании были охарактеризованы случаи заражения *A. mellifera* нозематозом, вызванные микроспоридией *N. apis*. Споровая нагрузка микроспоридиями рода *Nosema* среди подвидов медоносных пчел *Apis mellifera* на одной из пасек Лаишевского района Республики Татарстан предполагает наличие взаимосвязи между увеличивающейся споровой нагрузкой микроспоридий и гибридом нескольких пород медоносной пчелы.

Так, корреляционная матрица Пирсона определила положительную корреляцию ($PCC = 0,25$) между гибридами среднерусского и серого горного кавказского подвида медоносной пчелы и высокой споровой нагрузкой микроспоридиями рода *Nosema*, что, согласно тесту Колмогорова-Смирнова с достоверным порогом отсечения при показателе $p < 0,05$, считается споровой нагрузке выше 150000 спор.

По итогам ПЦР скрининга 50 зараженных *N.*

apis медоносные пчелы были получены аминокислотные последовательности белка РТР3 на одной из пасек Лаишевского района Республики Татарстан и установлено текущее состояние распределения гаплотипов микроспоридиями *Nosema apis*. с помощью электронных баз данных на всей территории Евразии. У *N. apis* обнаружено два гаплотипа, один из которых является новым и на данный момент специфичным для исследованного улья единичной пасеки Республики Татарстан, и еще один – зарегистрированным ранее в других регионах Евразии.

Список источников

- Mutinelli, F. The spread of pathogens through trade in honey bees and their products (including queen bees and semen): overview and recent developments / F. Mutinelli // Scientific and Technical Review. – 2011. – № 30. – С. 257-271. – DOI 10.20506/rst.30.1.2033.
- Giampieri, F. Bee products: an emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds / F. Giampieri and [other] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – DOI 10.1021/acs.jafc.1c05822.
- Devkota, K. Beekeeping: sustainable livelihoods and agriculture production in Nepal / K. Devkota // Modern Beekeeping. – IntechOpen. – 2020. – DOI 10.5772/intechopen.90707.
- Rader, R. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination / R. Rader and [other] // PNAS. – 2016. – № 113. – С. 146-151. – DOI 10.1073/pnas.1517092112.
- Insolia, L. Honey bee colony loss linked to parasites, pesticides and extreme weather across the United States / L. Insolia and [other] // Scientific Reports. – 2022. – № 12. – DOI 10.1038/s41598-022-24946-4.
- Bartolomé, C. Longitudinal analysis on parasite diversity in honeybee colonies: new taxa, high frequency of mixed infections and seasonal patterns of variation / C. Bartolomé and [other] // Scientific Reports. – 2020. – № 10. – DOI 10.1038/s41598-020-67183-3.
- Galajda, R. *Nosema* disease of European honey bees / R. Galajda and [other] // Journal of Fungus. – 2021. – DOI 10.3390/jof7090714.
- Fries, I. *Nosema ceranae* n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae) / I. Fries and [other] // European Journal of Protistology. – 1996. – №32. – С. 356-365. – DOI 10.1016/S0932-4739(96)80059-9.
- Matheson, A. World bee health report / A. Matheson // Bee World. – 1993. – DOI 10.1080/0005772X.1993.11099183.
- Gisder, S. Long-term temporal trends of *Nosema* spp. infection prevalence in Northeast Germany: continuous spread of *Nosema ceranae*, an emerging pathogen of honey bees (*Apis mellifera*), but no general replacement of *Nosema apis* / S. Gisder and [other] // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2017. – DOI 10.3389/fcimb.2017.00301.
- Forsgren, E. Temporal study of *Nosema* spp. in a cold climate / E. Forsgren, I. Fries // Environmental



Microbiology Reports. – 2013. – № 5. – С. 78-82. – DOI 10.1111/j.1758-2229.2012.00386.x.

12. Зинатуллина, З.Я. «Азиатский» нозематоз в России / З.Я. Зинатуллина, А.Н. Игнатъева, О.Н. Жигилева, Ю.С. Токарев // Пчеловодство. – 2011. – № 11. – С. 24-26.

13. Островерхова, Н.В. Первый случай диагностики Nosema ceranae на пасеке Томской области / Н.В. Островерхова [и др.] // Пчеловодство. – 2014. – № 9. – С. 22-24.

14. Gajger, I.T. Prevalence and distribution of Nosema ceranae in Croatian honeybee colonies / I.T. Gajger and [other] // Veterinary medicine. – 2010. – № 55. – С. 457-462. – DOI 10.17221/2983-VETMED.

15. Maside, X. Population genetics of Nosema apis and Nosema ceranae: One host (Apis mellifera) and two different histories / X. Maside and [other] // PLoS One. – 2015. – DOI 10.1371/journal.pone.0145609.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Mutinelli, F. The spread of pathogens through trade in honey bees and their products (including queen bees and semen): overview and recent developments / F. Mutinelli // Scientific and Technical Review. – 2011. – № 30. – С. 257-271. – DOI 10.20506/rst.30.1.2033.

2. Giampieri, F. Bee products: an emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds / F. Giampieri and [other] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – DOI 10.1021/acs.jafc.1c05822.

3. Devkota, K. Beekeeping: sustainable livelihoods and agriculture production in Nepal / K. Devkota // Modern Beekeeping. – IntechOpen. – 2020. – DOI 10.5772/intechopen.90707.

4. Rader, R. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination / R. Rader and [other] // PNAS. – 2016. – № 113. – С. 146-151. – DOI 10.1073/pnas.1517092112.

5. Insolia, L. Honey bee colony loss linked to parasites, pesticides and extreme weather across the United States / L. Insolia and [other] // Scientific Reports. – 2022. – № 12. – DOI 10.1038/s41598-022-24946-4.

6. Bartolomé, C. Longitudinal analysis on parasite diversity in honeybee colonies: new taxa, high frequency of mixed infections and seasonal patterns of variation / C. Bartolomé and [other] // Scientific Reports. – 2020. – № 10. – DOI 10.1038/s41598-020-67183-3.

7. Galajda, R. Nosema disease of European honey bees / R. Galajda and [other] // Journal of Fungus. – 2021. – DOI 10.3390/jof7090714.

8. Fries, I. Nosema ceranae n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee Apis cerana (Hymenoptera, Apidae) / I. Fries and [other] // European Journal of Protistology. – 1996. – №32. – С. 356-365. – DOI 10.1016/S0932-4739(96)80059-9.

9. Matheson, A. World bee health report / A. Matheson // Bee World. – 1993. – DOI 10.1080/0005772X.1993.11099183.

10. Gisder, S. Long-term temporal trends of Nosema spp. infection prevalence in Northeast Germany: continuous spread of Nosema ceranae, an emerging pathogen of honey bees (Apis mellifera), but no general replacement of Nosema apis / S. Gisder and [other] // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2017. – DOI 10.3389/fcimb.2017.00301.

11. Forsgren, E. Temporal study of Nosema spp. in a cold climate / E. Forsgren, I. Fries // Environmental Microbiology Reports. – 2013. – № 5. – С. 78-82. – DOI 10.1111/j.1758-2229.2012.00386.x.

12. Zinatullina, Z.YA. «Aziatskij» nozematoz v Rossii / Z.YA. Zinatullina, A.N. Ignat'eva, O.N. Zhigileva, YU.S. Tokarev // Pchelovodstvo. – 2011. – № 11. – С. 24-26.

13. Ostroverhova, N.V. Pervyj sluchaj diagnostiki Nosema ceranae na paseke Tomskoj oblasti / N.V. Ostroverhova [i dr.] // Pchelovodstvo. – 2014. – № 9. – С. 22-24.

14. Gajger, I.T. Prevalence and distribution of Nosema ceranae in Croatian honeybee colonies / I.T. Gajger and [other] // Veterinary medicine. – 2010. – № 55. – С. 457-462. – DOI 10.17221/2983-VETMED.

15. Maside, X. Population genetics of Nosema apis and Nosema ceranae: One host (Apis mellifera) and two different histories / X. Maside and [other] // PLoS One. – 2015. – DOI 10.1371/journal.pone.0145609.

16. Peuvel, I. The microsporidian polar tube: evidence for a third polar tube protein (PTP3) in Encephalitozoon cuniculi / I. Peuvel and [other] // Molecular and biochemical parasitology. – 2002. – № 122. – С. 69-80. – DOI 10.1016/S0166-6851(02)00073-7.

17. Rodríguez-García, C. Nosemosis control in European honey bees, Apis mellifera, by silencing the gene encoding Nosema ceranae polar tube protein 3 / C. Rodríguez-García and [other] // Journal of Experimental Biology. – 2018. – № 22. – DOI 10.1242/jeb.184606.

18. Kaskinova, M. The current state of the protected Apis mellifera mellifera population in Russia: hybridization and nosematosis / M. Kaskinova and [other] // Animals. – 2021. – DOI 10.3390/ani11102892.



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

Шамаев Николай Дмитриевич, канд. биол. наук, ст. препод., кафедра прикладной экологии Института экологии и природопользования, ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России nikolay1157@gmail.com

Шуралев Эдуард Аркадьевич, канд. вет. наук, доцент, кафедра прикладной экологии Института экологии и природопользования, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России; ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана», eduard.shuralev@mail.ru

Мукминов Малик Нилович, д-р. биол. наук, профессор, кафедра прикладной экологии Института экологии и природопользования, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, malik-bee@mail.ru

Author information

Shamaev Nikolay D., Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Applied Ecology, Institute of Environmental Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University; Kazan State Medical Academy - Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, nikolay1157@gmail.com

Shuralev Eduard A., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Applied Ecology, Institute of Environmental Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University; Kazan State Medical Academy - Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia; Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, eduard.shuralev@mail.ru

Mukminov Malik N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Applied Ecology, Institute of Environmental Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University; Kazan State Medical Academy - Branch Campus of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia, malik-bee@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.04.2024; одобрена после рецензирования 09.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 09.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 3, с. 102-108
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp.102-108

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.347.2
DOI: 10.36508/RSATU.2024.60.14.025

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ ШЛАНГОВОГО ДОЖДЕВАТЕЛЯ

Алексей Викторович Агейкин¹, Роман Анатольевич Чесноков², Юрий Николаевич Тимошин³, Юрий Хасанович Шогенов⁴

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

³ ФГБОУ ВО «Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета», г. Коломна, Россия

⁴ ФГБУ «Российская академия наук» (РАН)

¹ masters.alexei@yandex.ru

² ra.chesnokov@yandex.ru

³ timoshin@mail.ru

⁴ yh1961s@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящей работы было исследование математической модели дождя шлангового дождевателя позиционного действия, предназначенного для орошения небольших участков. Дождь моделируется потоком отдельных капель воды и статистической обработкой их траекторий методом статистических испытаний.

Методология. Математическая модель дождя основана на модели движения сферической капли в атмосфере с учетом сопротивления воздуха, которое рассчитывается по известной аэродинамической модели. Расчет движения проводился с использованием численного интегрирования уравнений движения методом Рунге-Кутты-Мерсона. Исследование заключалось в определении статистического закона распределения размеров, начальных скоростей и углов вылета капель из насадки в результате формирования факела дождя. При этом расчетное значение зависимости интенсивности дождя от расстояния до насадки сравнивалось с экспериментальными результатами. Таким образом, поскольку формирование факела определяется конструкцией насадки, то предлагаемая модель может использоваться для установок с одинаковой конструкцией сопел.

Результаты. В результате исследований было показано хорошее соответствие расчетных и экспериментальных результатов, что говорит об адекватности модели представления дождя в виде потока изолированных капель. При этом были получены матожидание и дисперсия размеров, скоростей и углов вылета капель, вылетающих из сопла при использовании нормального закона распределения. Также был смоделирован полив участка при перемещении дождевателя по участку с учетом наклона участка и наличия ветра. Показано, что неравномерность полива соответствует агротехническим требованиям при наличии ветра до 5 м/с, что соответствует известным экспериментальным результатам.

Заключение. Предложенная модель может быть использована для исследования конструкций дождевателей с целью их оптимизации с точки зрения качества полива. При этом различные насадки должны быть исследованы на предмет статистических зависимостей распределения размера, скоростей и углов вылета капель дождя на выходе из насадки.

Ключевые слова: дождеватель, качество полива, факел дождя

Для цитирования: Агейкин А.В., Чесноков Р.А., Тимошин Ю.Н., Шогенов Ю.Х. Математическая модель распределения искусственного дождя шлангового дождевателя // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 3. С.102-108 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.60.14.025>

Original article

A MATHEMATICAL MODEL OF ARTIFICIAL RAIN DISTRIBUTION A HOSE SPRINKLER

Alexey V. Ageikin¹, Roman A. Chesnokov², Yuri N. Timoshin³, Yuri H. Shogenov⁴

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

³ Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University, Kolomna, Russia

⁴ Federal State Budgetary Institution "Russian Academy of Sciences" (RAS)

¹ masters.alexei@yandex.ru

² ra.chesnokov@yandex.ru

³ timoshin@mail.ru

⁴ yh1961s@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The purpose of this work was to study the mathematical model of the rain installation for irrigation of small plots of the type (name). Rain is modeled by the flow of individual water droplets and statistical processing of their trajectories using statistical tests.

Methodology. The mathematical model of rain is based on a model of the movement of a spherical drop in the atmosphere, taking into account air resistance, which is calculated using a well-known aerodynamic model. The calculation of motion was carried out using the numerical integration of the equations of motion by the Runge-Kutta-Merson method. The study consisted in determining the statistical law of the distribution of sizes, initial velocities and angles of departure of droplets from the nozzle as a result of the formation of a rain torch. At the same time, the calculated value of the dependence of rain intensity on the distance to the nozzle was compared with experimental results. Thus, since the formation of the torch is determined by the nozzle design, the proposed model can be used for installations with the same nozzle design.

Results. As a result of the research, a good correspondence between the calculated and experimental results was shown, which indicates the adequacy of the model for representing rain in the form of a stream of isolated droplets. In this case, the expectation and dispersion of the sizes, velocities and angles of departure of droplets flying out of the nozzle were obtained using the normal distribution law. Watering of the site was also modeled taking into account the movement of the sprinkler along the site, taking into account the slope of the site and the presence of wind. It is shown that the unevenness of irrigation meets agrotechnical requirements in the presence of wind up to 5 m/s, which corresponds to the known experimental results.

Conclusion. The proposed model can be used to study the designs of sprinklers in order to optimize them in terms of irrigation quality. At the same time, various nozzles should be examined for statistical dependencies of the distribution of the size, velocities and angles of departure of raindrops at the outlet of the nozzle.

Key words: sprinkler, irrigation quality, rain torch

For citation: Ageikin A.V., Chesnokov R.A., Timoshin Yu.N., Shogenov Yu.K. A mathematical model of artificial rain distribution a hose sprinkler // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, № 3. P. 102-108 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.60.14.025>

Материалы и методы исследования

Математическая модель распределения искусственного дождя и некоторые технические решения по модернизации шлангового дождевателя.

Основным и решающим фактором интенсификации при механизированном орошении фермерских и приусадебных участков во всех районах и областях Российской Федерации (РФ) с неустойчивым увлажнением является высокотехнологичный и качественный полив сельскохозяйственных угодий, в том числе и мелкоконтурных; с различной конфигурацией и рельефом участков. При запланированном и рациональном механизированном

поливе значительно увеличивается подвижность химических элементов питания и их соединений в почвенных горизонтах и в доступной форме для корневой системы растений, а, следовательно, повышается урожайность и качество выращиваемой продукции [1,2].

На базе позиционного шлангового дождевателя ДШ-0,6 мы предлагаем создать универсальную модификацию, которая после анализа и подбора дополнительного оборудования и комплектующих (регулятор давления, переходные муфты, штуцеры и т.д.) и окончательной сборки, а также лабораторных, лабораторно-полевых и полевых

испытаний, позволит доработать и внедрить усовершенствованный образец дождевателя в сельскохозяйственное производство [1-6]. После проведения вышеуказанной модернизации и научных исследований универсальный дождеватель может быть использован для полосового (позиционного) полива различных сельскохозяйственных культур, в том числе и для орошения ягодных культур в садах, на различных по конфигурации и рельефу фермерских и приусадебных участках, а также при орошении питомников и селекционных участков, лекарственных трав и газонов различного назначения [1,2,3,5,7,9] и на других мелкоконтурных участках, в том числе и на ландшафтных объектах.

Модернизированный (универсальный) шланговый дождеватель будет включать в себя: опорную раму на полозьях с нижней платформой, водопроводящий стояк с регулятором давления и крестовиной, хвостовиком с узлами вращения и присоединения (рис. 1), два симметричных дождевательных крыла с дождеобразующими устройствами – короткоструйными дождевальными насадками, изготовленными из пластмассы.

При работе вышеуказанного дождевателя на позиции пространственное положение дождевательных машин с пакетами секторных насадок может регулироваться и будет фиксироваться в продольной плоскости нижней части рамы [1-4,5,7,8-11].

Для исследования технических характеристик дождевателя предлагается математическая модель расчета распределения интенсивности дождя. Вычислительная программа, реализующая эту модель, написана на языке FORTRAN. Расчет проводится с использованием модели движения капли сферической формы в атмосфере. При этом используется зависимость сопротивления капли [7] вид

$$F = C_x S_k \rho V_z^2 / 2 \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха;
 S_k – площадь капли в плане $S_k = \pi D^2 / 4$;
 D – эффективный диаметр капли;
 V – скорость капли;

C_x – коэффициент сопротивления сферы при ламинарном обтекании;
 $C_x = 24 / Re + 5 / \sqrt{Re} + 0.4$; (2)

$$x = V_x t; y = V_y t; z = V_z t$$

$$\frac{dV_x}{dt} = -\frac{F_x}{m_k}; \frac{dV_y}{dt} = -\frac{F_y}{m_k} - g; \frac{dV_z}{dt} = -\frac{F_z}{m_k}$$

$$F_x = F \cos \theta \cos \psi$$

$$F_y = F \sin \theta$$

$$F_z = F \cos \theta \sin \psi$$

$$\sin \theta = \frac{V_y}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}} \quad (3)$$

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}$$

$$\sin \psi = \frac{V_z}{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}}$$

$$\cos \psi = \frac{V_x}{\sqrt{V_x^2 + V_z^2}} \quad (4)$$

Где V_{xb} – скорость капли относительно ветра, $V_{xb} = V_x + w$

w – скорость ветра по оси x .

Интегрирование уравнений проводится методом Рунге-Кутты-Мерсона. Расчет интенсивности дождя проводился методом статистических испытаний. Для этого дождь моделировался с использованием 50000 капель. Размер, начальная скорость и угол вылета капель определялись с использованием датчика случайных чисел с нормальным законом распределения. При этом математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение составляли [2,3,4,7]:

для угла вылета капли $\alpha = 15^\circ$ и $\sigma = 15^\circ$;
 для скорости $\alpha = 7,6$ м/с и $\sigma = 1,5$ м/с;
 для диаметра капли $\alpha = 0,8$ мм и $\sigma = 0,15$ мм.

Отметим, что математическое ожидание скорости вылета капли равно 7,6 м/с. А скорость движения воды на выходе из сопла $V = q/S$ составляет 13,5 м/с. При этом надо учесть энергию, которая ушла на каплеобразование и трение. Масса воды, которая попадает в отрезок от R_i до R_{i+1} где $R_1 = 0$, а

$R_{i+1} = R_i + \Delta R$, $\Delta R = 0.1$ м, определяется по формуле $M_i = 60 m_i / m q_m$

где m_i – масса капель, попавших в интервал;
 m – масса 50000 капель;
 q_m – массовый расход.

Интенсивность дождя в кольце с радиусом $R_i + R_{кон}$ определяется по формуле:

$$I_i = 1000 M_i / (2\pi(R_i + R_{кр}) \Delta R) \quad (5)$$

где $R_{кр}$ – радиус крыла дождевателя.

Учет влияния ветра осуществляется следующим образом. Предполагается, что в направлении, задаваемом углом поворота консоли φ (угол меняется в пределах 0-180°) скорость ветра определяется по формуле $w = w_0 \cos \varphi$, где w_0 – модуль скорости ветра. Далее рассчитываем распределение дождя в направлениях с шагом в 30° и запоминаем интенсивность дождя по этим направлениям, с шагом 0,1 м. На рисунках 3-11 представлены графики интенсивности дождя в мм/мин из насадок 1-3, направленных, как показано на рис 2, в зависимости от расстояния от оси вращения дождевателя в метрах. Ряд. 1 соответствует углу $\varphi = 0^\circ$, а ряд. 7 – углу $\varphi = 180^\circ$. Шаг между рядами $\Delta \varphi = 30^\circ$. Скорость ветра $w_0 = 0, 3, 6$ м/с.



Рис 1 – Внешний вид установки
 Fig. 1 – Flow diagram of the jets from the nozzles



1 – направление струи вдоль консолей,
 2 – направление струи перпендикулярно консолям,
 3 – струи, направленные под углом к консоли
 Рис. 2 – Схема направления струй из насадок
 1 – jet direction along the consoles, 2 – jet direction perpendicular to the consoles, 3 – jets directed at an angle to the console
 Fig. 2 – Flow diagram of the jets from the nozzles

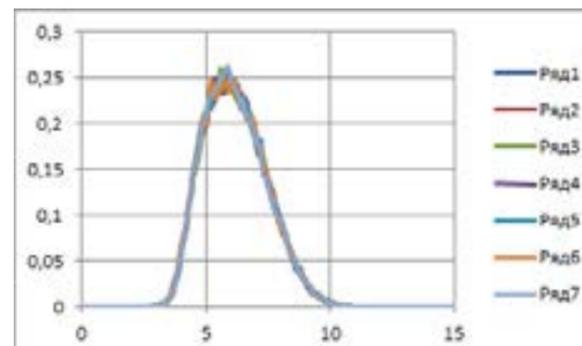


Рис. 3 – Интенсивность дождя из насадки 1 ($w_0 = 0$ м/с)

Fig. 3 – Rain intensity from nozzle 1 ($w_0 = 0$ m/s)

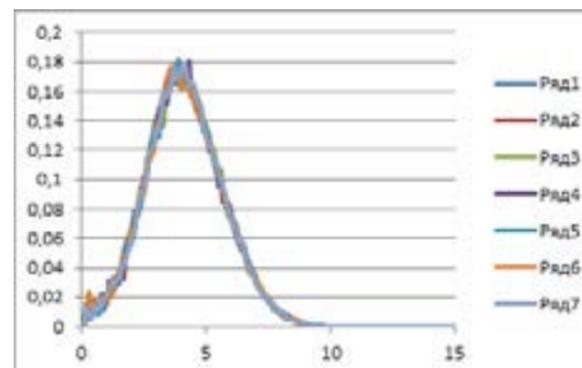


Рис. 4 – Интенсивность дождя из насадки 2 ($w_0 = 0$ м/с)

Fig. 4 – Rain intensity from nozzle 2 ($w_0 = 0$ m/s)

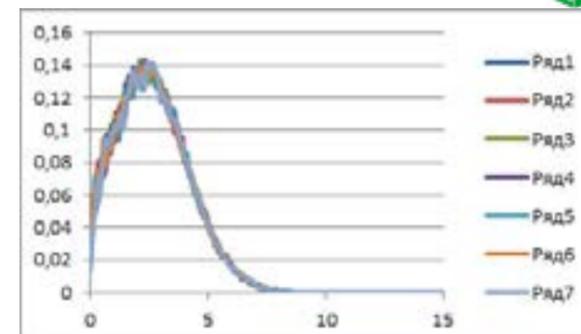


Рис. 5 – Интенсивность дождя из насадки 3 ($w_0 = 0$ м/с)

Fig. 5 – Rain intensity from nozzle 3 ($w_0 = 0$ m/s)

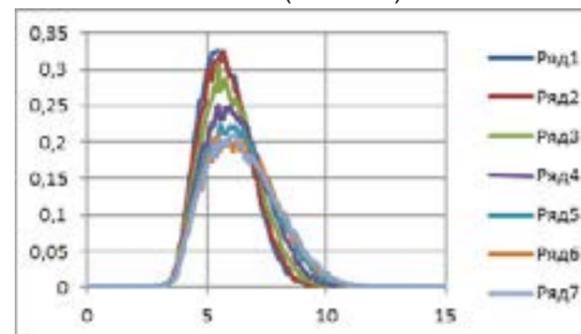


Рис. 6 – Интенсивность дождя из насадки 1 ($w_0 = 3$ м/с)

Fig. 6 – Rain intensity from nozzle 1 ($w_0 = 3$ m/s)

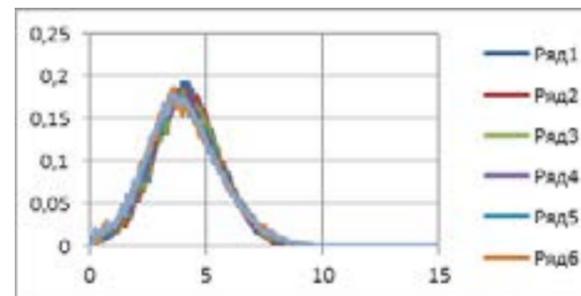


Рис. 7 – Интенсивность дождя из насадки 2 ($w_0 = 3$ м/с)

Fig. 7 – Rain intensity from nozzle 2 ($w_0 = 3$ m/s)

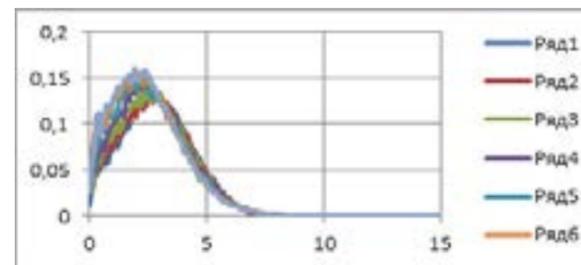


Рис. 8 – Интенсивность дождя из насадки 3 ($w_0 = 3$ м/с)

Fig. 8 – Rain intensity from nozzle 3 ($w_0 = 3$ m/s)

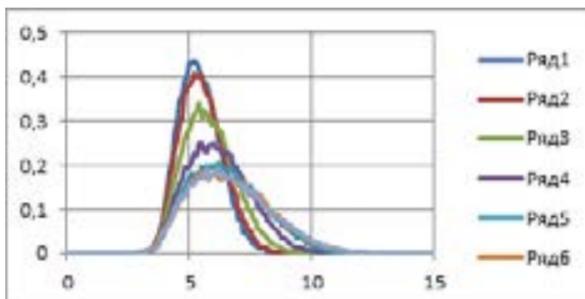


Рис. 9 – Интенсивность дождя из насадки 1 ($w_0=6\text{ м/с}$)
Fig. 9 – Rain intensity from nozzle 1 ($w_0=6\text{ m/s}$)

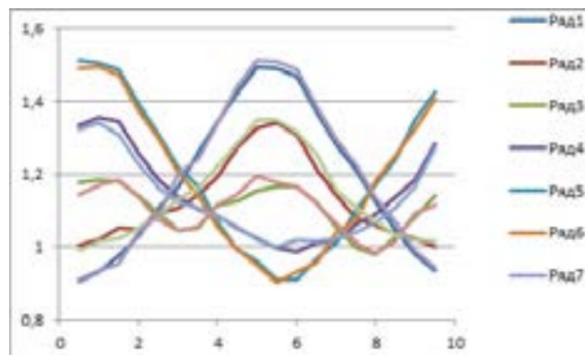


Рис. 12 – Интенсивность дождя в мм/мин без ветра
Fig. 12 – Rain intensity in mm/min without wind

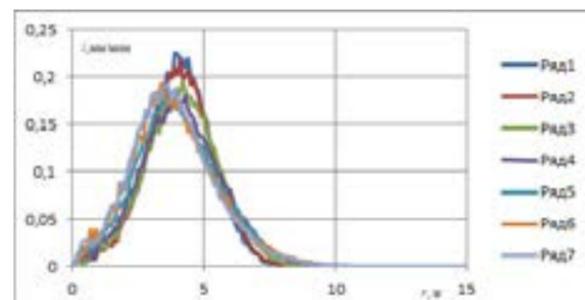


Рис. 10 – Интенсивность дождя из насадки 2 ($w_0=6\text{ м/с}$)
Fig. 10 – Rain intensity from nozzle 2 ($w_0=6\text{ m/s}$)

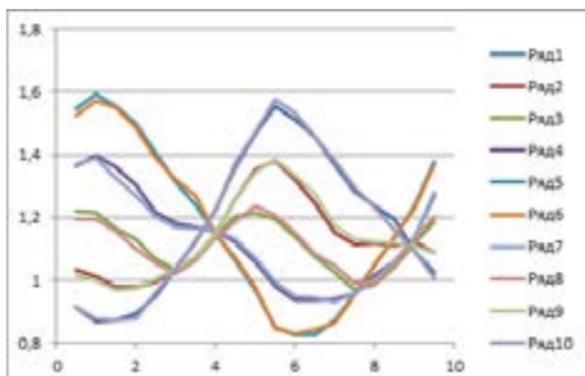


Рис. 13 – Интенсивность дождя в мм/мин при наличии ветра $w_0=3\text{ м/с}$
Fig. 13 – Rain intensity in mm/min in the presence of wind $w_0=3\text{ m/s}$

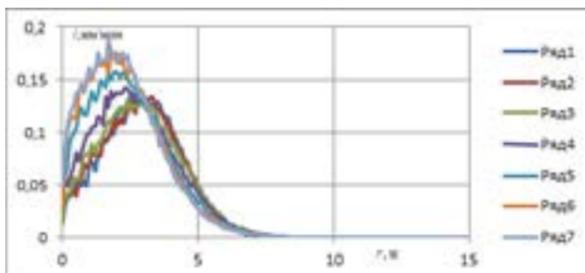


Рис. 11 – Интенсивность дождя из насадки 3 ($w_0=6\text{ м/с}$)
Fig. 11 – Rain intensity from nozzle 3 ($w_0=6\text{ m/s}$)

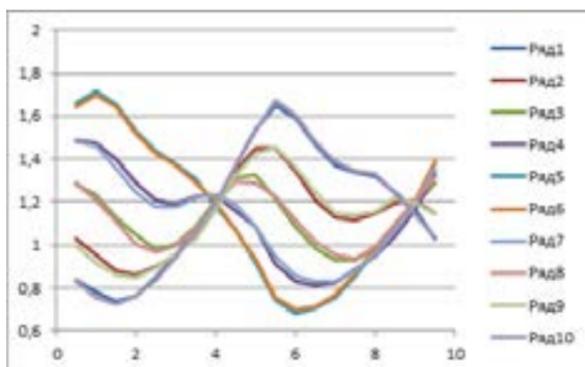


Рис. 14 – Интенсивность дождя в мм/мин при наличии ветра $w_0=6\text{ м/с}$
Fig. 14 – Rain intensity in mm/min in the presence of wind $w_0=6\text{ m/s}$

На рисунках 12-14 приведены зависимости интенсивности дождя при расположении дождевателя в вершинах двух квадратных сеток, со стороной 10 метров, смещенных относительно друг друга на 5 м. Номер ряда соответствует шагу по ширине участка 0.5 м.

Из рисунков 12-14 видно, что с увеличением скорости ветра при поливе шланговым дождевателем неравномерность распределения дождя увеличивается, что приводит к уменьшению коэффициента эффективности полива, который может быть меньше значения 0,7; и это значение является недопустимым по агротехническим требова-



ниям (нормам) при механизированном орошении. В примененной математической модели учитывалось влияние различных факторов: в том, числе и при орошении шланговыми дождевателями на уклонах до 0,12. Результаты расчетов показывают, что влияние угла наклона орошаемого участка на равномерность полива незначительно.

Результаты

Представленная математическая модель (уравнения 1-5) может применяться для прогнозирования и обоснования оросительных норм при поливе различных по площади участков, в особенности мелкоконтурных, в том числе имеющих и несимметричную геометрическую конфигурацию и уклоны до 0,12. Отметим, что ранее при исследо-

ваниях дождевателей использовались полностью эмпирические зависимости, для получения которых требовалось проводить значительные натурные испытания, а предлагаемая методика требует экспериментального исследования только характеристик факела струи из насадка. Так, на рис 15 представлены результаты расчета эффективности полива для дождевателя ДШ-0,6 в зависимости от скорости ветра при выбранной конфигурации базирования дождевателя. Как видим, при скорости ветра более 7 м/с коэффициент эффективности полива меньше 0,7 (что соответствует имеющимся экспериментальным данным), то есть агротехнические требования не выполняются, также как и при других вариантах базирования дождевателя.

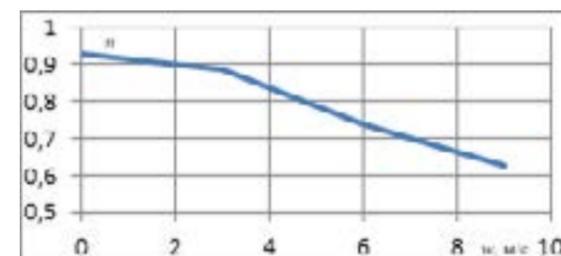


Рис 15 – Коэффициент эффективности полива дождевателя ДШ-0,6 в зависимости от скорости ветра

Fig. 15 Sprinkler irrigation efficiency coefficient DSH-0.6 depending on wind speed

Материалы данных исследований могут быть использованы специалистами и научными сотрудниками НИИ, проектными организациями, а также инженерами-гидротехниками в хозяйствах РФ и странах СНГ.

Список источников

1. Малые оросительные системы // Научно-технический обзор – М., 2009, 183 с.
2. Протокол государственных приемочных испытаний дождевателя шлангового ДШ – 06 П № 03-46-02 (4180142). ФГУ «Владимирская государственная зональная машиноиспытательная станция», г. Покров, стр. 1 - 5.
3. ОСТ 10.11.1 – 2000 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевательные. Методы оценки функциональных показателей.
4. Лойцанский Л.Г. Механика жидкости и газа М.

Наука, 1970, 904 с.

5. Рязанцев А.И. Предотвращение бокового сползания шланговых дождевательных установок./ А.И. Рязанцев, Н.Я. Кириленко, Ю.Н. Тимошин, А.В. Агейкин// Сельский механизатор - №12 -2011 – С. 22
6. Рязанцев А.И. Регулятор давления для шланговых дождевательных машин/ А.И. Рязанцев, Н.Я. Кириленко, А.В. Агейкин // Сельский механизатор - №1 -2010 – С. 6-7
7. Пат. 90914 РФ, МКИ А01G25/09 Регулятор давления А.И. Рязанцев, Н.Я. Кириленко, А.В. Агейкин-2009141954; заявл 13.11.2009, опубл. 20.01.2010, Бюл. №2
8. Пат. 105123 РФ, МКИ А01G25/09 Дождевательная установка/ А.И. Рязанцев, Н.Я. Кириленко, А.В. Агейкин-2009141954; заявл 14.02.2011, опубл. 10.06.2011, Бюл. №16

Вклад авторов:

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

References

1. *Malye orositel'nye sistemy* // *Nauchno-tekhnicheskij obzor* – М., 2009, 183 s.
2. *Protokol gosudarstvennyh priemochnyh ispytaniy dozhdevatelya shlangovogo DSh – 06 P № 03-46-02 (4180142)*. FGU «Vladimirskaya gosudarstvennaya zonal'naya mashinoispytatel'naya stanciya», g. Pokrov, str. 1 - 5.
3. OST 10.11.1 – 2000 *Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody ocenki funkcional'nyh pokazatelej*.
4. Lojzanskij L.G. *Mekhanika zhidkosti i gaza* M. Nauka, 1970, 904 s.
5. Ryazancev A.I. *Predotvrashchenie bokovogo spolzaniya shlangovyh dozhdevatel'nyh ustanovok*,/ A.I. Ryazancev, N.Ya. Kirilenko, Yu.N. Timoshin, A.V. Agejkin// *Sel'skij mekhanizator* - №12 -2011 – S. 22
6. Ryazancev A.I. *Regulyator davleniya dlya shlangovyh dozhdevatel'nyh mashin*/ A.I. Ryazancev, N.Ya. Kirilenko, A.V. Agejkin // *Sel'skij mekhanizator* - №1 -2010 – S. 6-7
7. Pat. 90914 RF, MKI A01G25/09 *Regulyator davleniya* A.I. Ryazancev, N.Ya. Kirilenko, A.V. Agejkin-2009141954; zayavl 13.11.2009, opubl. 20.01.2010, Byul. №2



8.Pat. 105123 RF, MKI A01G25/09 Dozhdevatel'naya ustanovka/ A.I. Ryazancev, N.Ya. Kirilenko, A.V. Agejkin-2009141954; zayavl 14.02.2011, opubl. 10.06.2011, Byul. №16

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

Агейкин Алексей Викторович, канд. техн. наук, магистрант кафедры строительства инженерных сооружений и механики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», masters.alexei@yandex.ru

Чесноков Роман Анатольевич, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ra.chesnokov@yandex.ru

Тимошин Юрий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения и САПР, ФГБОУ ВО Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета timoshin@mail.ru

Шогенов Юрий Хасанович, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, академик РАН, ФГБУ «Российская академия наук» (РАН), начальник сектора механизации, электрификации и автоматизации Отдела сельскохозяйственных наук РАН, yh1961s@yandex.ru

Author information

Ageikin Alexey V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Master's Student of the Department of Construction and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, masters.alexei@yandex.ru

Chesnokov Roman A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ra.chesnokov@yandex.ru

Timoshin Yuri N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machine Building and CAD Technology, Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University timoshin@mail.ru

Shogenov Yuri H., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Institution "Russian Academy of Sciences" (RAS), Head of the Mechanization, Electrification and Automation Sector of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, yh1961s@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 05.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 3, с. 109-117
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp.109-117

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 626.3

DOI: 10.36508/RSATU.2024.31.57.014

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ОСНОВАНИИ ОВОИДАЛЬНОГО ВОДОВОДА ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ БОЛЬШОГО РАДИУСА ВВЕРХУ ИЛИ ВНИЗУ

Георгий Владимирович Дегтярев^{1,2,3}, Ольга Георгиевна Дегтярева², Константин Валерьевич Кветенадзе³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

¹ degtyarev.g.v@mail.ru

² marxotgeo@mail.ru

³ kostyakvet@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было изучение посредством численного моделирования с последующим математическим анализом работы водовода овоидального профиля, а именно перемещения основания водовода при расположении его в однородном грунте большим радиусом вверх или вниз для повышения эффективности работы.

Методология. Исследование сложного процесса осуществлено в два этапа. На первом этапе был осуществлен эксперимент посредством численного моделирования с использованием современного сертифицированного программного продукта (Midas GTX NX), позволившего замоделировать процесс и получить перемещения в основании водовода и точки экстремумов при перемещении, в результате чего получена база данных в виде матрицы. На втором этапе полученный массив экспериментальных данных по перемещениям, зависящий от выделенных значимых факторов, был подвергнут цифровому анализу.

Результаты. В результате исследования, направленного на повышение эффективности водопроводящих сооружений, был осуществлен анализ полученных математических моделей по исследуемому процессу, который позволил констатировать, что перемещение основания водовода овоидального поперечного сечения $S_{вод}$ (м) с большим радиусом внизу изменяется от 0,047 и до 0,053 м, тогда как перемещение основания водовода овоидального поперечного сечения $S_{вод}$ м с большим радиусом вверх изменяется от 0,049 и до 0,056 м.

Заключение. Результаты исследования позволили расширить спектр основных оцениваемых показателей. Было установлено, что при постоянной высоте грунта над водоводом в 0,5; 0,85 и 1,2 м связь между перемещением основания водовода $S_{вод}$ и усилием на грунт от оси автомобиля линейная, и во всем диапазоне изменения усилий на грунт от оси автомобиля от 5 и до 40 т величина перемещения основания возрастает от 0,0462 м и до 0,0536 м при расположении овоида большого радиуса вниз и от 0,0484 м и до 0,0566 м при расположении овоида большим радиусом вверх.

Ключевые слова: водоводы, перемещение основания, овоидальный профиль, поперечные сечения, большой радиус, численное моделирование, математический анализ

Для цитирования: Дегтярев Г. В., Дегтярева О. Г., Кветенадзе К. В. Исследование перемещений в основании овоидального водовода при расположении большого радиуса вверху или внизу // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16., № 3, С.109-117 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.31.57.014>

Original article

INVESTIGATION OF MOVEMENTS AT THE BASE OF THE OVOID CONDUIT WHEN A LARGE RADIUS IS LOCATED AT THE TOP OR BOTTOM

Georgy V. Degtyarev^{1,2,3}, Olga G. Degtyareva², Konstantin V. Kvetenadze³

^{1,2,3} Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹ degtyarev.g.v@mail.ru

² marxotgeo@mail.ru

© Дегтярев Г. В., Дегтярева О. Г., Кветенадзе К. В., 2024 г.

³ kostyakvet@yandex.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of this study was to study by means of numerical modeling followed by mathematical analysis of the operation of an ovoidal duct, namely, the movement of the base of the duct when it is located in a homogeneous soil with a large radius up or down to increase work efficiency.

Methodology. The study of the complex process was carried out in two stages. At the first stage, an experiment was carried out through numerical modeling using a modern certified software product (Midas GTX NX), which allowed us to simulate the process and obtain displacements at the base of the conduit and the points of extremes during displacement, resulting in a database in the form of a matrix. At the second stage, the obtained array of experimental data on displacements, depending on the identified significant factors, was digitally analyzed.

Results. As a result of the study aimed at improving the efficiency of water supply facilities, the analysis of the obtained mathematical models for the process under study was carried out, which allowed us to state that the movement of the base of the aqueduct of the ovoidal cross-section of the Svod (m) with a large radius at the bottom varies from 0.047 to 0.053 m, whereas the movement of the base of the aqueduct of the ovoidal cross-section of the Svod m with a large radius at the top it varies from 0.049 to 0.056 m.

Conclusion. The results of the study allowed us to expand the range of the main estimated indicators. It was found that with a constant height of the soil above the conduit of 0.5; 0.85 and 1.2 m, the relationship between the movement of the base of the conduit S of water and the force on the ground from the axis of the car is linear and over the entire range of forces on the ground from the axis of the car from 5 to 40 t, the amount of movement of the base increases from 0.0462 m and up to 0.0536 m, when the ovoid is located with a large radius down and from 0.0484 m and up to 0.0566 m when the ovoid is located with a large radius up. In turn, with a constant force on the ground from the axis of the car of 5.0; 20.25 and 40.0 tons over the entire range of changes in the height of the soil above the conduit from 0.5; 0.85 and 1.2 m, the displacement of the base decreases from 0.0545 m and up to 0.0462 m when the ovoid is located with a large radius down and from 0.0485 m and up to 0.0567 m when location with a large upward radius.

Key words: aqueducts, base displacement, ovoid profile, cross sections, larger radius, numerical modeling, mathematical analysis

For citation: Degtyarev G.V., Degtyareva O.G., Kvetenadze K.V. Investigation of movements at the base of the ovoid duct when a larger radius is located at the top or bottom // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol 16, № 3. P.109-117 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.31.57.014>

Введение

В настоящее время у сельхозпроизводителей намечилась тенденция поступательного развития, в том числе с государственной поддержкой. В нашей стране стало выгодно и перспективно заниматься сельским хозяйством. Частные сельхозпроизводители осваивают новые агроландшафты. В производстве сельскохозяйственной продукции превалирующую роль играет интенсивное сельское хозяйство [1, 2]. Уже давно установлено учеными, что богарное ведение хозяйства – рискованное мероприятие [3]. С учетом того, что правительство РФ осуществляет стимулирование фермерской деятельности посредством кредитов, именно сам фермер должен планировать свою работу так, чтобы в конце года вернуть деньги займа и сформировать накопления для последующей деятельности [4]. Для улучшения гидрологических условий агроландшафтов на внутрихозяйственной сети с целью последующего орошения используются различные водоводы; анализу и оптимизации форм водоводов и посвящена данная работа [5, 6, 7].

Процесс поиска более совершенных форм поперечных сечений водоводов для внутрихозяйственной мелиоративной сети – это инженерная задача, требующая постоянного внимания [8, 9]. В производственной ситуации получили распространение водоводы круглого и прямоугольного поперечного сечений (рис. 1). Но в практике стро-

ительства и проектирования для повышения эффективности прибегают к поиску ранее неизвестных конструкций или профилей их поперечных сечений, например, предлагается использовать водоводы овоидального поперечного сечения [10].



Рис. 1 – Общий вид водовода круглого поперечного сечения

Fig. 1 – General view of a circular cross-section conduit

В свою очередь овоид может быть расположен большим радиусом вверх или вниз. При необходимости увеличения пропускной способности водовода расположение большого радиуса внизу будет способствовать эффективности пропускной способности, а при устройстве внутрихозяйственного переезда через такой водовод будет способствовать более равномерному распределению нагрузок. Фактически данного профиля водоводы

не используются, так как их конструктивно-технологические параметры до настоящего времени не обоснованы [11].

В настоящее время в ряде источников рассматривается вопрос использования водоводов овоидального поперечного сечения. При этом до настоящего времени вопрос оптимального расположения большого радиуса овоида не раскрыт в плане его обоснования, а ведь при устройстве грунтового ложа водовода, например, в грунтах повышенной твердости, однозначно, будет существенна разница в выемке при расположении большого радиуса вверх или вниз в поперечном сечении [12].

При этом от объема разрабатываемого грунта могут зависеть и принимаемые к использованию технические средства механизации, а значит машино-смены и трудозатраты в целом на возводимый объект. Другая, даже наиболее значимая сторона вопроса в рассматриваемой задаче, состоит в анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) овоида при устройстве подобного профиля большим радиусом вверх или вниз [13]. Именно для изучения этого вопроса работа каждого водопроводящего элемента анализировалась и при использовании численного моделирования, в свою очередь базирующегося на методе конечных элементов [14].

Материалы и методы исследования

Как и в большинстве современных подходов к исследованию сложных систем, к которым, безусловно, следует отнести и сравнительный анализ работы специфической формы водопроводящего сооружения, задействован метод численного моделирования [15]. В свою очередь, реализация задуманного обязательно базируется на программном продукте, при этом выбор программы Midas GTXNX, обусловлен ее широким применением именно для расчетов подобного вида, а для разработки математической модели и ее цифрового исследования использовался комплекс wxMaxima.

Целью исследований явилось определение перемещения в основании водовода овоидально-

го профиля (Свод, м) в зависимости от принятого к исследованию факторов, отдельно при расположении в поперечном сечении овоида большим радиусом вверх и при расположении в поперечном сечении овоида большим радиусом вниз [16]. В качестве объектов исследования выступали наиболее значимые факторы, влияющие на функцию отклика, определенные на основе априорной информации, а именно факторы высоты грунта над водоводом и вертикальной нагрузки. В результате подбора и анализа натуральных производственных ситуаций установлен размах варьирования факторами влияния и назначен к изменению от 0,5 м и до 1,2 м при одних и тех же величинах фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением, а фактор нагрузки принят к изменению от 5 и до 40 т. При этом моделирование численное осуществлялось на однородных грунтах [17].

Результаты исследований и их обсуждение

Представлены расчетные модели водоводов овоидального поперечного сечения (рис. 2) при их расположении на однородном грунте и в пространстве большим радиусом вниз (а) и большим радиусом вверх (б).

Анализируя результаты по расчетам напряженно-деформированного состояния водоводов овоидального поперечного профиля, в частности, перемещения их оснований (Свод, м) на однородном грунте для обоих случаев расположения радиусов водоводов (табл.1) значимо констатировать нижеприведённое: физические величины, характеризующие состояние объекта исследования, располагаются в области допустимой нормы в сравнении с традиционными водоводами круглого и прямоугольного сечения, при этом вертикальная нагрузка на водовод варьировалась от 5 до 40 т, а высота грунта над водоводом была принята 0,9 и 1 м, как оптимальная глубина заложения конструктивного элемента, с учетом эксплуатации в южных регионах, при этом перемещение основания напрямую коррелирует с приложенной нагрузкой во всех исследуемых группах, также наблюдается четкая тенденция к увеличению данного показателя [18].

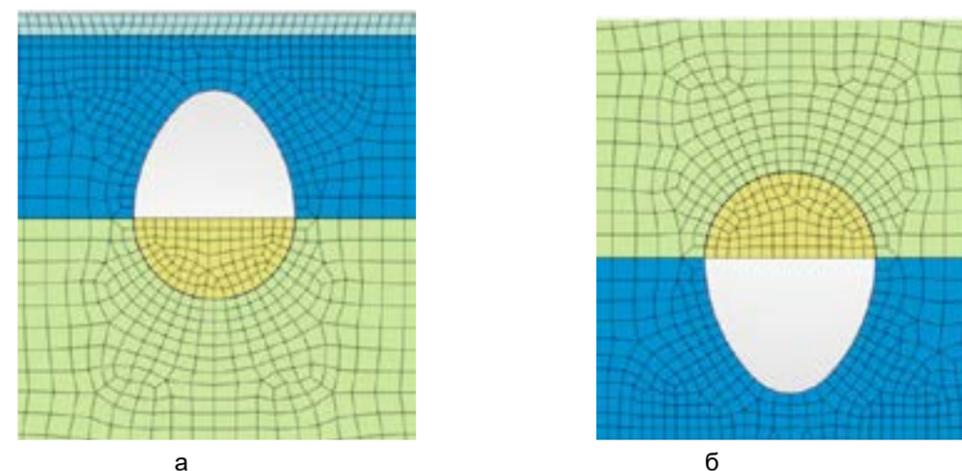


Рис. 2 – Расчетные модели водоводов овоидального поперечного сечения при численном моделировании.

Fig. 2 – Computational models of ovoidal cross-section aqueducts in numerical modeling



Таблица 1 – Перемещение основания водовода при одних и тех же величинах фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением

Номер опыта	Нагрузка вертикальная, т	Перемещение основания водовода Свод ТУ, м большой радиус вниз	Перемещение основания водовода Свод ТУ, м большой радиус вверх
1	5	-0,0467	-0,0491
2	10	-0,0476	-0,0501
3	15	-0,0486	-0,0512
4	20	-0,0496	-0,0522
5	25	-0,0506	-0,0532
6	30	-0,0516	-0,0542
7	35	-0,0525	-0,0552
8	40	-0,0535	-0,0563

Визуализирован расчет (рис. 3) по перемещению основания водовода Свод (м) на однородном грунте при расположении в пространстве овоида большим радиусом вниз при одних и тех же ве-

личинах фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением 0,9 м и при вертикальной нагрузке 5 т, а также при расположении в пространстве овоида большим радиусом вверх.

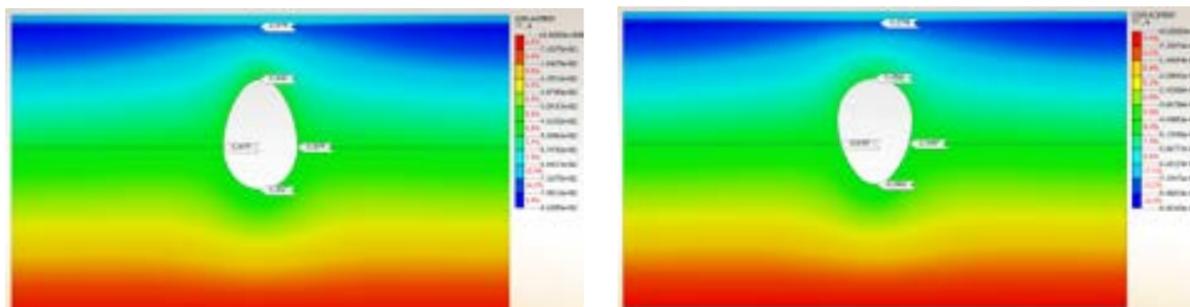


Рис. 3 – Визуализированный расчет по перемещению основания водовода
Fig. 3 – Visualized calculation of the displacement of the duct base

Частично, но с достаточной информативностью, приведенные результаты численных расчетов и их визуализированные модели по изменению положения низа водовода овоидального профиля Свод (м), когда радиус большого значения находится вверху овоида, на материале обратной засыпки с одинаковой плотностью, выявляется, что сама информация формируется значимым набором цифр. Обработка массива цифр с целью получения математической модели процесса по перемещению основания водовода осуществлена посредством программного комплекса wxMaxima.

Для чего расчетные данные переведены в матричный вид, отдельно для случая (а) и отдельно для случая (б).

Фрагмент матрицы для случая (а): M: matrix ([0,5; 5,0; -0,0462], [0,5; 10; -0,0473], [0,5; 15; -0,0484], [0,5; 20; -0,0495], [0,5; 25; -0,0506], [0,5; 30; -0,0517], [0,5; 35; -0,0528], [0,5; 40; -0,0539], [0,6; 5,0; -0,0462], [0,6; 10; -0,0473], [0,6; 15; -0,0484], [0,6; 20; -0,0495] ...

Фрагмент матрицы для случая (б): M: matrix ([0,5; 5,0; -0,0485], [0,5; 10; -0,0497], [0,5; 15; -0,0509], [0,5; 20; -0,052], [0,5; 25; -0,0532], [0,5; 30; -0,0544], [0,5; 35; -0,0555], [0,5; 40; -0,0567], [0,6;

5,0; -0,0485], [0,6; 10; -0,0497], [0,6; 15; -0,0508], [0,6; 20; -0,052]. ...

Последовательная работа над матрицами с помощью файла: C:/PROGRA – 1 / MAXIMA – 1.0 – 2 / share / maxima / 5.28.0 – 2 / share / numericalio / numericalio.mac занесена в файл numericalio – read_matrix и далее в data: read_matrix («D:/matris3/RR2.txt»), где экспериментальный численный материал оформлен файлом: /* [wxMaxima: input start] */.

Физический процесс будем представлять в виде математической модели по файлу: lsquares_estimates (M, [x,y,z], z = a+b·x+c·y+d·x·y+e·x²+f·y², где [a, b, c, d, e, f] – список параметров модели, для которых отыскиваются оценки.

Файлы, посредством которых завершается определение математических моделей по перемещению основания ТУ (м) водовода, расположенного на однородном грунте, от переменных – высоты грунта над водоводом и вертикальной нагрузки, при расположении в пространстве овоида большим радиусом вверх или вниз, имеют вид: /* [wxMaxima: input end] */; /* [wxMaxima: input start] */.

Достаточно подробный алгоритм расчета мате-

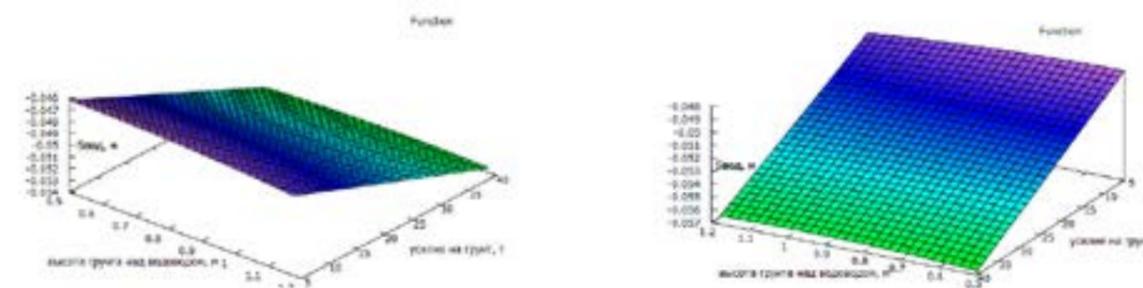


матических моделей позволяет перейти к их представлению:

– для водовода при случае «а» имеем:
 $Z(x, y) = -0,0453 + 0,0014 \cdot x - 2,4690 \cdot 10^{-4} \cdot y + 5,2749 \cdot 10^{-5} \cdot x \cdot y - 0,0019 \cdot x^2 + 5,0595 \cdot 10^{-8} \cdot y^2$;
– для водовода при случае «б» имеем:
 $Z(x, y) = -0,0475 + 0,0012 \cdot x - 2,6518 \cdot 10^{-4} \cdot y + 5,6519 \cdot 10^{-5} \cdot x \cdot y - 0,0018 \cdot x^2 + 8,3333 \cdot 10^{-8} \cdot y^2$.

овоид большим радиусом вниз (случай «а»)

овоид большим радиусом вверх (случай «б»)



поверхности отклика Свод (м)

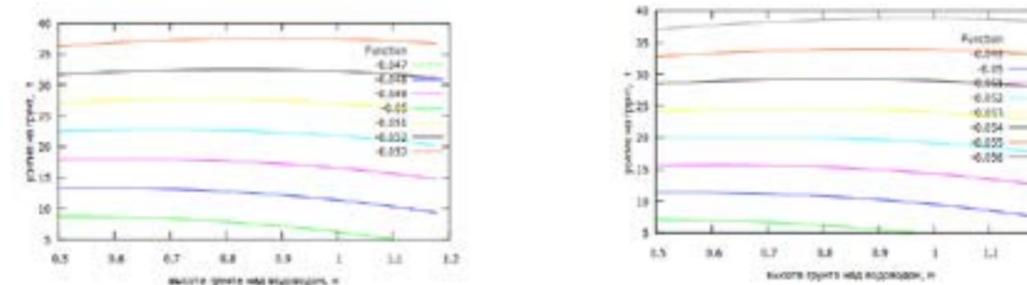


Рис. 4 – Определение параметров математических моделей водоводов овоидального поперечного сечения
Fig. 4 – Determination of parameters of mathematical models of ovoidal cross-section aqueducts

Дальнейшее исследование перемещения основания водовода Свод (м), предполагает выведение каждой из исследуемых переменных величин на фиксированное значение, преобразование за счет этого математической модели и, в дальнейшем, ее геометрическую интерпретацию с последующим анализом результатов.

Для водовода преобразованные математические модели при одних и тех же величинах фактических воздействий от оси транспортного средства 5,0; 20,25; и 40,0 т (случай «а»), когда большой радиус расположен внизу, имеем следующие преобразованные уравнения:

$F(x, 5,0) = -0,0019 \cdot x^2 + 0,001663745 \cdot x - 0,046533235125$;
 $F(x, 20,25) = -0,0019 \cdot x^2 + 0,00246816725 \cdot x - 0,05027897788781251$;
 $F(x, 40) = -0,0019 \cdot x^2 + 0,00350996 \cdot x - 0,055095048$.

Когда большой радиус овоида расположен внизу (случай «а»), при одних и тех же величинах

фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением 0,5; 0,85 и 1,2 м имеем следующие преобразованные уравнения:

$F(0,5; y) = 5,0595 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 2,205255 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,045075$;
 $F(0,85; y) = 5,0595 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 2,0206335 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,04548275$;
 $F(1,2; y) = 5,0595 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 1,836012 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,046356$.

При расположении большого радиуса овоида вверху (случай «б»), при одних и тех же величинах фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением 0,5; 0,85 и 1,2 м, имеем следующие преобразованные уравнения:

$F(0,5; y) = 8,3333 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 2,369205 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,04735$;
 $F(0,85; y) = 8,3333 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 2,1713885 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,04778$;
 $F(1,2; y) = 8,3333 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 - 1,973572 \cdot 10^{-4} \cdot y - 0,048652$.



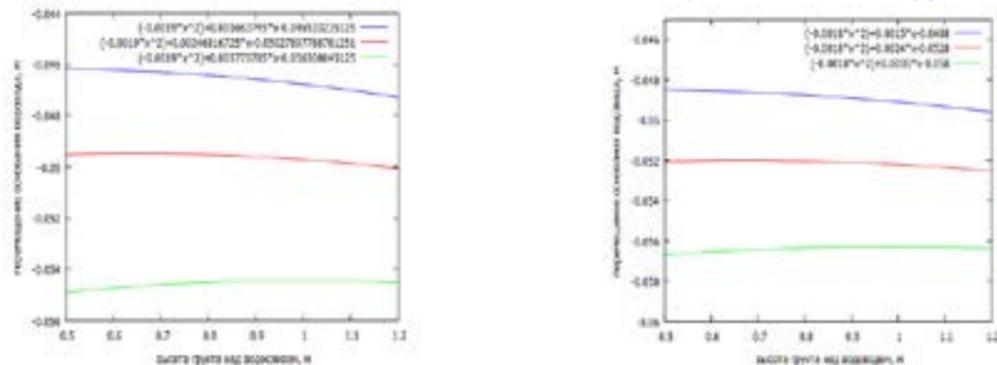
При случае «б», когда имеем постоянными усилия на водовод от оси автомобиля 5,0; 20,25 и 40,0 т, преобразованные уравнения будут иметь вид:

$$F(x; 5,0) = -0,00177 \cdot x^2 + 0,001522595 \cdot x - 0,048823836;$$

$$F(x; 20,25) = -0,00177 \cdot x^2 + 0,00238450975 \cdot x - 0,05283;$$

Анализ результатов исследований по аналитическим зависимостям представлен в виде графиков (рис. 5).

овоид большим радиусом вниз (случай «а») при постоянном вертикальном воздействии на материал – 5; 20,25; 40 (т) овоид большим радиусом вверх (случай «б»)



при одних и тех же величинах фактических отметок грунта над водопроводящим сооружением 0,5; 0,85 и 1,2 (м)

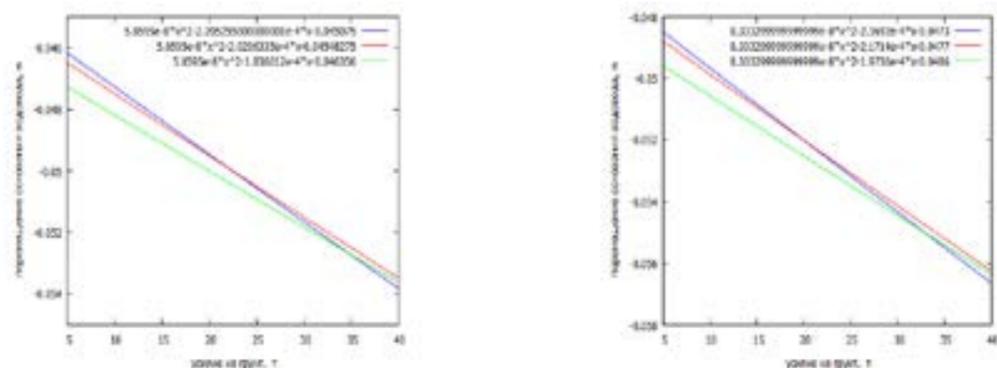


Рис. 5 – Графики перемещения основания водовода Sвод (м) при постоянных факторах исследования.

Fig. 5 – Graphs of the movement of the duct base Sвод (m) with constant study factors.

Заключение

При изучения напряженно-деформированного состояния водовода, выполненного по полученным математическим моделям, при профилях поперечных сечений овоида различной ориентации большого радиуса, констатируем нижеследующее:

1) установлено, что функция перемещения основания водовода овоида поперечного сечения Sвод (м) с большим радиусом внизу при заданных параметрах изменяется от 0,047 м и до 0,053 м;

2) выявлено, что отклик изменения положения низа водовода овоида поперечного сечения Sвод (м), когда радиус большего значения находится сверху овоида, при осуществлении исследований в тех же пределах, обеспечивает варьирование функции от 0,049 м и до 0,056 м;

3) установлена достоверная зависимость перемещения основания водовода Sвод (м) при постоянном вертикальном усилии на грунт, характеризующаяся следующими значениями:

Высота грунта над водоводом (м)	Вертикальное усилие на грунт (т)	Перемещение основания водовода Sвод (м)	
		овоид большим радиусом вниз	овоид большим радиусом вверх
0,5	5,0	-0,0462	-0,0484
	20,25	-0,0498	-0,0522
	40,0	-0,0538	-0,0566



0,85	5,0	-0,0466	-0,0488
	20,25	-0,0498	-0,0523
	40,0	-0,0534	-0,0562
1,2	5,0	-0,0473	-0,0496
	20,25	-0,0501	-0,0529
	40,0	-0,0536	-0,0563

4) установлена достоверная зависимость перемещения основания водовода Sвод (м) при одной и той же величине фактических отметок грунта над рассматриваемым водопроводящим сооружением, представленная далее в таблице при следующих значениях:

Высота грунта над водоводом (м)	Вертикальное усилие на грунт (т)	Перемещение основания водовода Sвод (м)	
		овоид большим радиусом вниз	овоид большим радиусом вверх
0,5	0,5	-0,0462	-0,0485
	0,85	-0,0465	-0,0488
	1,2	-0,0473	-0,0495
20,25	0,5	-0,0495	-0,0520
	0,85	-0,0496	-0,0521
	1,2	-0,0500	-0,0525
40,0	0,5	-0,0549	-0,0567
	0,85	-0,0545	-0,0563
	1,2	-0,0545	-0,0563

Полученные результаты достоверно подтверждают, что разница по перемещению основания водовода Sвод (м) при различной ориентации большого радиуса овоида незначительна. При проектировании водоводов с таким профилем расположение овоида большим радиусом вверх или вниз должно зависеть только от технологических и эксплуатационных условий, а на безопасность сооружения данный показатель никакого влияния не оказывает.

Список источников

- Моторная Л. В., Хаджиди А. Е. Рациональное водопользование и экологическая безопасность оросительных систем // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2(386). С. 161–164.
- Коженко Н. В., Сафронова Т. И., Дегтярев Г. В. Теоретическая модель процесса снижения цены намечаемых мероприятий по водообеспеченности рисового чека // Успехи современного естествознания. 2019. № 3. С. 19–24.
- Degtyarev G. V., Dats'o D. A. The seasonal regulation basin dam basis deformation forecast // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698, № 2. 022013.
- Дегтярева О. Г., Васильев С. М. Применение котлованов глубокого заложения при использовании стока осадков для орошения в горно-предгорной зоне // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 78–94. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1215>.

- Пат. 2726888 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Шов-водовыпуск деформационный / Дегтярев В. Г., Дегтярева О. Г., Коженко Н. В., Дегтярев Г. В.; заявитель Куб. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина. № 2019123224; заявл. 19.07.19; опубл. 16.07.20, Бюл. № 20. 6 с.

- Дегтярев Г. В., Коженко Н. В. Исследование расходных характеристик регулирующего органа ленточного регулятора расхода воды методом планирования эксперимента // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 46. С. 212–218.

- Дегтярева О. Г., Васильев С. М. Численное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния основания плотины сезонного регулирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 92–110. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1198>.

- Бандурин М. А. Мониторинг напряженно-деформированного состояния мостовых переездов на водопроводящих каналах // Мелиорация и гидротехника. – 2012. – №. 4. – С. 110-124.

- Бахтин Б. М. Совершенствование методики исследования сейсмостойкости гидротехнических сооружений на моделях // Известия высш. учеб. завед. стр-во и архит. – 1983. – №. 6. – С. 98-103.

- Баранов, Т. М. Оценка безопасности мостов при геодинамических воздействиях / Т. М. Баранов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – № 3(39). – С. 231-235.



11. Авхадеев В. Г. и др. Современные возможности и методы обнаружения критических деформаций инженерных сооружений // Экспозиция Нефть Газ. – 2013. – №. 4 (29). – С. 46-48.

12. Дегтярева О. Г. Математический анализ контрфорсной плотины при термических воздействиях как части системы регулирования стока атмосферных осадков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 62. С. 165–171.

13. Абдразаков Ф. К., Панкова Т. А., Щербakov В. А. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений // Аграрный научный журнал. 2016. № 10. С. 56–61.

14. Degtyarev G. V., Abdrazakov F. K., Lavrov N. P. Assessment of the hydraulic structures' technical condition by means of the amplitude-frequency characteristics' analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 913, № 2. 022056.

15. Численное моделирование состояния мостового переезда на внутрихозяйственном звене

мелиоративной системы / Г. В. Дегтярев, Т. И. Сафронова, Р. Б. Гольдман, О. Г. Дегтярева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 85–103. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=972>.

16. Дегтярев Г. В., Аль Хаджалъ А. С. Исследование цифровыми технологиями поперечной силы в железобетонной балке покрытия, усиленной швеллером // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2022. № 8(92). С. 207–218. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7843.

17. Балонин Н. А. и др. Перспективы использования информационных технологий для мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений // Информатика, телекоммуникации и управление. – 2010. – № 1 (93). – С. 171-176.

18. Абдразаков Ф. К., Дегтярев В. Г., Дегтярев Г. В. Цифровое моделирование и анализ перемещения основания гидромелиоративной плотины в перспективной технологии формирования ресурсов воды // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 82–87.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Motornaja L. V., Hadzhidi A. E. Racional'noe vodopol'zovanie i jekologicheskaja bezopasnost' orositel'nyh sistem // Mezhdunarodnyj sel'skhozjajstvennyj zhurnal. 2022. № 2(386). P. 161–164.

2. Kozhenko N. V., Safronova T. I., Degtjarev G. V. Teoreticheskaja model' processa snizhenija ceny namechaemyh meroprijatij po vodoobespechennosti risovogo чека // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 3. P. 19–24.

3. Degtyarev G. V., Dats'o D. A. The seasonal regulation basin dam basis deformation forecast // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698, № 2. 022013.

4. Degtjareva O. G., Vasil'ev S. M. Primenenie kotlovanov glubokogo zalozhenija pri ispol'zovanii stoka osadkov dlja oroshenija v gorno-predgornoj zone // Melioracija i gidrotehnika [Jelektronnyj resurs]. 2021. T. 11, № 3. P. 78–94. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1215>.

5. Pat. 2726888 Rossijskaja Federacija, MPK E 02 B 3/16. Shov-vodovypusk deformacionnyj / Degtjarev V. G., Degtjareva O. G., Kozhenko N. V., Degtjarev G. V.; zajavitel' Kub. gos. agrar. un-t im. I. T. Trubilina. № 2019123224; zajavl. 19.07.19; opubl. 16.07.20, Bjul. № 20. 6 s.

6. Degtjarev G. V., Kozhenko N. V. Issledovanie rashodnyh harakteristik regulirujushhego organa lentochного регулятора rashoda vody metodom planirovanija jeksperimenta // Trudy Kubanskogo gosudarstvenного аграрного университета. 2014. № 46. P. 212–218.

7. Degtjareva O. G., Vasil'ev S. M. Chislennoe modelirovanie i issledovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija osnovanija plotiny sezonного регулиrovaniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo НИИ проблем мелиорации [Jelektronnyj resurs]. 2021. T. 11, № 2. P. 92–110. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1198>.

8. Bandurin M. A. Monitoring naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija mostovyh pereezdov na vodoprovodjashhих kanalah // Melioracija i gidrotehnika. – 2012. – №. 4. – P. 110-124.

9. Bahtin B. M. Sovershenstvovanie metodiki issledovanija sejsmostojkosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij na modeljah // Izvestija vyssh. ucheb. zaved. str-vo i arhit. – 1983. – №. 6. – P. 98-103.

10. Baranov, T. M. Ocenka bezopasnosti mostov pri geodinamicheskikh vozdeystvijah / T. M. Baranov // Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. – 2013. – № 3(39). – P. 231-235.

11. Avhadeev V. G. i dr. Sovremennye vozmozhnosti i metody obnaruzhenija kriticheskikh deformacij inzhenernyh sooruzhenij // Jekspozicija Neft' Gaz. – 2013. – №. 4 (29). – P. 46-48.

12. Degtjareva O. G. Matematicheskij analiz kontrforsnoj plotiny pri termicheskikh vozdeystvijah kak chasti sistema regulirovanija stoka atmosferynyh osadkov // Trudy Kubanskogo gosudarstvenного аграрного университета. 2016. № 62. P. 165–171.

13. Abdrazakov F. K., Pankova T. A., Shherbakov V. A. Faktory, vlijajushhie na jekspluatacionное sostojanie gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 10. P. 56–61.

14. Degtyarev G. V., Abdrazakov F. K., Lavrov N. P. Assessment of the hydraulic structures' technical condition by means of the amplitude-frequency characteristics' analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 913, № 2. 022056.



15. Chislennoe modelirovanie sostojanija mostovogo pereezda na vnutrihozjajstvenном звене meliorativnoj sistema / G. V. Degtjarev, T. I. Safronova, R. B. Gol'dman, O. G. Degtjareva // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo НИИ проблем мелиорации [Jelektronnyj resurs]. 2019. № 2(34). P. 85–103. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=972>.

16. Degtjarev G. V., Al' Hadzhal' A. S. Issledovanie cifrovymi tehnologijami poperechnoj sily v zhelezobetonnoj balke pokrytija, usilennoj shvellerom // Inzhenernyj vestnik Dona [Jelektronnyj resurs]. 2022. № 8(92). P. 207–218. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7843.

17. Balonin N. A. i dr. Perspektivy ispol'zovanija informacionnyh tehnologij dlja monitoringa tehničeskogo sostojanija gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Informatika, telekommunikacii i upravlenie. – 2010. – № 1 (93). – P. 171-176.

18. Abdrazakov F. K., Degtjarev V. G., Degtjarev G. V. Cifrovoe modelirovanie i analiz peremeshhenija osnovanija gidromeliorativnoj plotiny v perspektivnoj tehnologii formirovanija resursov vody // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 6. P. 82–87.

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

Дегтярев Георгий Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры архитектуры, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», degtyarev.g.v@mail.ru

Дегтярева Ольга Георгиевна, д-р техн. наук, зав. кафедрой строительного производства, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», marxotgeo@mail.ru

Кветенадзе Константин Валерьевич, аспирант, ассистент кафедры строительного производства, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», kostyakvet@yandex.ru

Author information

Degtyarev George V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Departments of Architecture, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, degtyarev.g.v@mail.ru

Degtyareva Olga G., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Construction Production, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, marxotgeo@mail.ru

Kvetenadze Konstantin V., graduate student, Assistant of the Department of Construction Production, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, kostyakvet@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.06.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 20.09.2024

The article was submitted 10.06.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Научная статья
УДК 631.363(031)
DOI: 10.36508/RSATU.2024.84.64.015ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО - РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
СОЕВОГО МОЛОКААфиг Марлен оглы Зейналов¹, Закир Вагиф оглы Кулиев², Парвиз Имранович Гаджиев³,
Гюльбике Гудретдиновна Рамазанова⁴¹ Азербайджанский государственный аграрный университет, г.Гянджа, Азербайджан
² Научно-исследовательский институт «АГРОМЕХАНИКА», г.Гянджа, Азербайджан
^{3,4} ФГБОУ ВО «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», г. Балашиха, Россия

Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского, г. Балашиха, Россия

¹ azeynal@yandex.ru
² vaqiflizakir@gmail.com.ru
³ pgadjiev@yandex.ru
⁴ gulbike@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Разработка и внедрение ресурсосберегающих малогабаритных многоцелевых машин для производства высокобелкового корма на основе сои – соевого молока, с учетом особенностей и производственных потребностей фермерских хозяйств с небольшими объемами производства, является актуальной проблемой. Целью данной работы являлось изучение основных факторов, воздействующих на качественные показатели соевого молока, производимого на малогабаритной многофункциональной установке для производства соевого молока.**Методология.** Объектом исследования является разработанная экспериментальная многофункциональная установка для производства соевого молока. В процессе исследования были определены критерии оптимизации и значимые факторы воздействия, проанализированы результаты экспериментальных исследований для нахождения оптимального сочетания конструктивно-режимных параметров.**Результаты.** В качестве критериев оптимизации приняты выход белка в экстрагент и энергоёмкость процесса. На основании полученных данных предложены конструктивно- режимные параметры установки для производства соевого молока. Задача оптимизации заключается в нахождении оптимального сочетания конструктивно-режимных параметров разработанной установки, при которых приготовление соевого молока будет произведено с более высоким качеством и минимальной энергоёмкостью.**Заключение.** Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать следующие заключения: были получены количественные оценки качества выполнения процесса приготовления соевого молока. Были определены оптимальные параметры процесса производства соевого молока на разработанной установке, которыми являются частота вращения ротора $n=2207,6-2232,4$ об/мин и расстояние между статором и ножами, расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора $l=2,029-2,625$, мм, для того чтобы получить оптимальные значения выхода белка в экстрагент $G=23,675$ г при энергоёмкости процесса $N=0,352$ кВт**Ключевые слова:** соевые бобы, соевое молоко, отделение белков, элемент измельчения, энергоёмкость процесса**Для цитирования:** Зейналов А.М., Кулиев З.В., Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Оптимизация конструктивно-режимных параметров установки приготовления соевого молока // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3. С 118-126 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.84.64.015>OPTIMIZATION OF DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF A MACHINE
FOR THE PRODUCTION OF SOY MILKAfig M. Zeynalov¹, Zakir V. Kuliev², Parviz I. Gadzhiev³, Gulbike G. Ramazanova⁴¹ Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan
² Research Institute "AGROMECHANICS", Ganja, Azerbaijan
^{3,4} Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky, Balashiha, Russia¹ azeynal@yandex.ru
² vaqiflizakir@gmail.com.ru
³ pgadjiev@yandex.ru
⁴ gulbike@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. During the research, optimization criteria and significant impact factors were identified. The results of experimental studies were analyzed to find the optimal combination of design and operating parameters. The purpose of this work was to study the main factors affecting the quality indicators of soy milk produced in a small-sized multifunctional installation for the production of soy milk.**Methodology.** The object of the study was a developed experimental multifunctional installation for the production of soy milk. During the research, optimization criteria and significant impact factors were identified. The results of experimental studies were analyzed to find the optimal combination of design and operating parameters.**Results.** The protein yield into the extractant and the energy intensity of the process were taken as optimization criteria. Based on the data obtained, the design and operating parameters of an installation for the production of soy milk were proposed. The optimization task is to find the optimal combination of design and operating parameters of the developed installation, under which soy milk will be prepared with higher quality and minimal energy intensity.**Conclusion.** The results of experimental studies allow us to draw the following conclusions: quantitative assessments of the quality of the soy milk preparation process were obtained. The optimal parameters of the soy milk production process on the developed installation were determined, which are the rotor speed $n=2207.6-2232.4$ turnover/minutes and the distance between the stator and the knives located at an angle of 90° on the upper surface of the rotor disk $l=2.029-2.625$, mm, in order to obtain optimal values for the yield of protein into the extractant $G = 23.675$ g with the energy intensity of the process $N = 0.352$ kW.**Key words:** soybeans, soy milk, separation of proteins, crushing element, energy intensity of the process**For citation:** Zeynalov A.M., Kuliev Z.V., Gadzhiev P.I., Ramazanova G.G. Optimization of design and operating parameters of a machine for the production of soy milk // Herald of Ryzan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16 No. 3, P.118-126 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.84.64.015>

Введение

Повышение объемов производства в животноводстве и птицеводстве может быть достигнуто за счет увеличения содержания питательных элементов в кормовых рационах, особенно в отношении белковых компонентов. Анализ основных кормовых культур по пищевой ценности и содержанию белка показал, что соевые бобы по сравнению с другими культурами являются более насыщенными источниками по минеральным веществам, аминокислотам и количеству белка растительного происхождения, а белок сои является более эффективным в кормовых рационах. Соя является распространенной сельскохозяйственной культурой, которая после соответствующей обработки используется как отдельный корм, так и в составе кормовых смесей, используемых в рационах практически всех сельскохозяйственных животных.

По сравнению с другими кормовыми культурами основным преимуществом сои является экономичность ее белка, который является отличной альтернативой и аналогом более дорогого белка

животного происхождения. По результатам многочисленных исследований наиболее экономичным способом приготовления соевых бобов в качестве корма для животных является приготовление белковой суспензии, также известной как соевое молоко, не уступающее коровьему молоку по своей биологической ценности и богатству состава. В молочном животноводстве добавление соевого молока в рационы кормов способствует увеличению суточного надоя до 20 % и до 3 % общей жирности молока. При добавлении соевого молока в рационы кормов отпадает необходимость в добавках, обогащенных углеводами. [1-9].

Несмотря на высокое содержание белка, жизненно необходимых минеральных веществ и комплекс витаминов для полноценного кормления животных, соя также содержит и антипитательные вещества, такие как ингибиторы, танины, глюкозиды и т.д., ухудшающие усвоение белка и протеина. Доказано, что у бобовых культур, в том числе и сои, содержание антипитательных веществ, способных снизить усвоение белка и протеина, наи-



большее. Поэтому для вскармливания животных зернами сои необходимо предварительно уничтожить ингибиторы и повысить доступность протеина к усвоению животными.

Технологический процесс приготовления соевого молока включает в себя промывку и замачивание бобов в воде, тонкое измельчение предварительно освобожденных от кожуры соевых зерен, экстракция (смешивание с водой) для растворения всех полезных веществ сои, фильтрация для удаления всех волокон, термическая обработка (стерилизация) – для сохранения всех полезных веществ, охлаждение и кратковременное хранение. Количество машин и оборудования для производстве соевого молока определяется требованиями и особенностями технологического процесса, поэтому для обеспечения необходимой функциональной целостности и конкурентоспособности, в особенности для перерабатывающих фермерских хозяйств с небольшими объемами производства, разрабатывают и подбирают вариант производственной линии с оптимальной структурой.

Анализ существующих технико-технологических методов производства соевого молока выявил проблемы, связанные с организационными, техническими и технологическими недостатками, что обуславливает применение более металло- и энергоемкого оборудования, приводящее к увеличению себестоимости и снижению эффективности производства. Такое состояние особенно отрицательно сказывается в условиях фермерских хозяйств с небольшими объемами производства [10-15].

По этой причине разработка и внедрение ресурсосберегающих малогабаритных многоцелевых машин для производства высокобелкового корма на основе сои – соевого молока, с учетом особенностей и производственных потребностей фермерских хозяйств с небольшими объемами производства, является актуальной проблемой.

В качестве решения данной проблемы мы предлагаем конструкцию установки для производства соевого молока, позволяющую осуществить измельчение предварительно замоченных соевых зерен до тонкодисперсного состояния, обеспечивая качественный выход белка в экстрагент, диспергирование отделившихся белков и жиров, минералов и витаминов в экстрагенте, термическую обработку и фильтрацию соевого молока. Все это осуществляется в одном и том же объеме без перекачки в другой объем.

Техническое решение предлагаемой установки заключается в повышении качества производимой продукции и снижении энергоемкости технологического процесса за счет разрушения компонентов в различных плоскостях резкой и истиранием, их диспергирования за счет перемены скорости потока в связи с перестроением потока, возникновения импульса давления, наличия высокого градиента скорости поперек потока и эффекта кавитации.

Материалы и методы

Принцип работы разработанной нами уста-

новки (рис. 1) для производства соевого молока заключается в следующем. Предварительно очищенные соевые зерна смешивают с водой в пропорции 1:3, после замачивания в течение 12-14 часов сливают воду, а набухшую и размягченную сою направляют на дальнейшую переработку. При подключении к электрической сети приводной механизм (соединительная шестигранная гайка (8); вал (9), соединяющий приводной механизм с рабочим органом; ведомый шкив (10); ведущий шкив (11); ремень (12); электродвигатель (13)) через вал (6) приводит во вращательное движение рабочий орган (7), соединенный с крышкой (3) рабочей емкости (2) посредством опорных стержней (5).

Рабочий орган (7) состоит из установленного на опорном диске (24) с отверстиями для входа продукта прикрепленного к опорным стержням (5) статора (е) с радиально расположенными вдоль боковых стенок отверстиями и установленного на валу (6) ротора в виде диска (а) с отверстиями для входа продукта, на верхней поверхности которого радиально расположены крыльчатки для создания турбулентного потока и восемь режущих ножей под углом 90° (b), а на нижней поверхности радиально расположены четыре режущих ножа под углом 45° (c) и четыре режущих ножа под углом 90° (d). В зоне между ротором (а) и статором (е), создаются условия для ускорения частиц, при вращении ротора возникают сильные сдвиговые напряжения. При этом режущие ножи, размещенные на верхней (b) и нижней (c, в) поверхностях диска ротора (а), воздействуя на жидкую гетерогенную среду путем механического контакта, создают силы резания и скольжения.

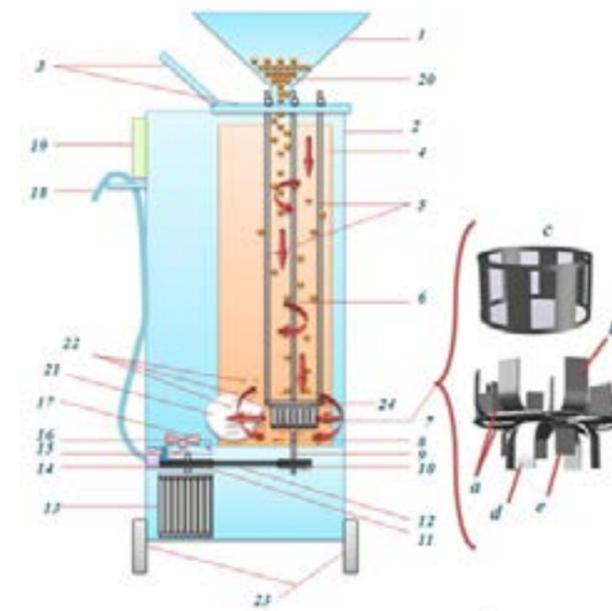
После запуска установки рабочая емкость (2) заполняется водой в соответствии с технологическими нормами и нагревается нагревателем (16) до 55-65° С, затем замоченные и размягченные соевые зерна выгружаются из загрузочного бункера (1) в рабочую емкость (2). При вращательном движении ротора (а) создается сильный вакуум, притягивающий воду и сою к его центру. Возникающий при этом сильный турбулентный возвратнопоступательный поток зерен сои приводит их к деформации с последующим делением режущими ножами (c) и (в) на мелкие частицы; далее, смешиваясь с водой, частицы подаются на верхнюю поверхность диска ротора (а) через отверстия, где они дополнительно измельчаются прижатием режущими ножами (b) к статору (е).

При вращении ротора (а) давление внутри него увеличивается, когда режущие ножи (b) перекрывают радиально расположенные вдоль боковых стенок отверстия статора (е). При совмещении же зазора между режущими ножами (b) и отверстиями статора (е) давление за короткое время падает, в результате чего на отверстия статора распространяется импульс давления.

Скорость потока смеси (частицы сои, отделившийся белок и вода) в отверстиях статора является переменной величиной. После полного совмещения зазора между режущими ножами (b) и отверстиями статора (е) подача потока смеси в отверстия статора (е) происходит только за



счет транзитного течения из радиального зазора между ротором и статором. При этом вслед за распространенным в отверстиях статора импуль-



1 – загрузочный бункер; 2 – рабочая емкость; 3 – крышка; 4 – полый цилиндрический металлопластиковый сетчатый фильтр; 5 – опорные стержни; 6 – вал рабочего органа; 7 – рабочий орган (а – диск с отверстиями, на верхней поверхности которого радиально расположены крыльчатки; b – верхние режущие ножи, 90°; c – нижние

сом избыточного давления возникает кратковременный импульс пониженного давления.

режущие ножи, 90°; d – нижние режущие ножи, 45°; e – статор); 8 – соединительная шестигранная гайка; 9 – вал; 10 – ведомый шкив; 11 – ведущий шкив; 12 – ремень; 13 – электродвигатель; 14 – насос для перекачки; 15 – сливной бачок; 16 – нагреватель; 17 – терморегулятор; 18 – шланг; 19 – блок управления; 20 – зерна сои; 21 – соевое молоко; 22 – измельченные частицы сои; 23 – колеса; 24 – опорный диск.

Рис. 1 – Конструктивно-технологическая схема установки для производства соевого молока

1 – loading hopper; 2 – working volume; 3 – cover; 4 – hollow cylindrical metal-plastic mesh filter; 5 – support rods; 6 – shaft of the working element; 7 – working element (a – disc with holes, on the upper surface of which radial blades are arranged; b – upper cutting knives, 90°; c – lower cutting knives, 90°; d – lower cutting knives, 45°; e – stator); 8 – connecting hex nut; 9 – shaft; 10 – driven pulley; 11 – driving pulley; 12 – belt; 13 – electric motor; 14 – transfer pump; 15 – drain pipe; 16 – heater; 17 – thermostat; 18 – hose; 19 – control unit; 20 – soybeans; 21 – soy milk; 22 – crushed soybean particles; 23 – wheels; 24 – support disk.

Fig.1 – Constructive – technological scheme of the soy milk making plant

На выходе из отверстий статора (е) инерционные силы создают растягивающие напряжения в смеси, что приводит к кавитации. Образующиеся при этом пузырьки увеличиваются при понижении давления до давления насыщенных паров обрабатываемой смеси при данной температуре и схлопываются при увеличении давления в отверстиях статора (е). Часть кавитационных пузырьков выносятся из статора в рабочую емкость (2) и, поскольку скорость потока смеси в отверстиях статора (е) имеет флуктуации, он приобретает развитую турбулентность. Благодаря этому поток смеси выбрасывается из отверстий статора (е) с большой скоростью; в этот момент частицы в смеси сжимаются между краями отверстий и режущими ножами (b), вследствие чего измельчение производится до более мелких частиц. Турбулентный поток, возникающий в процессе работы, способствует повторному проходу смеси через рабочий орган (7), за счет чего соя измельчается до достаточно высокой степени измельчения (модуль измельчения 0,65-1,1 мм), а отделенные жиры, белки, витамины и минеральные вещества смешиваются с водой наряду с мелкими частицами до однородности в смеси.

Полученную смесь пастеризуют до 95° С, перемешивая в течение 15-20 минут с помощью нагревательного элемента (16), после чего, перемешивая, охлаждают до 30-45° С. После этого рабочий орган (7) удаляется из емкости (2) и полученное

соевое молоко отделяется от измельченных частиц постепенной выемкой из емкости (2) полого цилиндрического металлопластикового сетчатого фильтра (4), внутри которого остаются измельченные частицы.

Благодаря смонтированным колесам (23) установка является мобильной. Рабочий процесс управляется автоматически через блок управления (19).

В ходе эксперимента были поставлены задачи: исследовать и оценить процесс измельчения соевых зерен и смешивания отделившихся белков с водой с использованием разработанного рабочего органа; определить наиболее значимые факторы, которые в наибольшей степени повлияют на количественные характеристики качества приготовления соевого молока. Задача оптимизации заключается в решении компромиссной задачи – варьируя значения наиболее значимых факторов, определить рациональные параметры разработанного рабочего органа, обеспечивающие приготовление соевого молока с более высоким качеством и минимальным энергопотреблением.

Результаты и их обсуждение

Исследования проводились на экспериментальной установке, конструктивно-технологическая схема которой приведена на рисунке 1.

В качестве критериев оптимизации приняты выход белка в экстрагент (Y₁), G (г) и энергоемкость процесса (Y₂), N (кВт).



Экспериментальные исследования и анализ априорной информации показал, что наиболее значимыми явились следующие факторы: частота вращения ротора ($n-X_1$), (об/мин), а также рас-

стояние между статором (е) и ножами (b), расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора (а) ($l-X_2$), (мм). Уровни варьирования факторов приведены в табл.1.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Обозначение/ Designation	($n-X_1$), (об/мин)/ (turnover/minutes)	($l-X_2$), (мм) / (mm)
Верхний уровень (+) / Upper level (+)	2700	4
Основной уровень(0) / Main level (0)	2300	3
Нижний уровень (-) / Lower level (-)	1900	2
Уровни вариации / Levels of variation	400	1

По результатам экспериментальных исследований, приведенным в таблице 2, проведена обработка данных и построены математические зави-

симости, позволяющие определить рациональные параметры и режимы разработанной машины для приготовления соевого молока.

Таблица 2 – Матрица

№	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	X_1^2	X_2^2	Y_1	Y_2
1	+	+	+	+	+	+	22,57	0,387
2	+	-	+	-	+	+	22,9	0,326
3	+	+	-	-	+	+	22,22	0,322
4	+	-	-	+	+	+	23,12	0,383
5	+	+1,414	0	0	+2	0	21,37	0,357
6	+	-1,414	0	0	+2	0	21,7	0,301
7	+	0	+1,414	0	0	2	21,02	0,313
8	+	0	-1,414	0	0	2	23,98	0,327
9	+	0	0	0	0	0	23,28	0,352
10	+	0	0	0	0	0	23,39	0,356
11	+	0	0	0	0	0	23,17	0,353
12	+	0	0	0	0	0	23,71	0,354
13	+	0	0	0	0	0	23,44	0,350

В процессе экспериментальных исследований решалась компромиссная задача между двумя критериями оптимизации: выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) и энергоёмкость процесса (Y_2), N (кВт).

С целью обоснования оценки влияния факторов по результатам эксперимента были рассчитаны уравнения регрессии второго порядка, которые имеют следующий вид в кодированном виде:

$$y_1 = 23,404 - 0,2126x_1 - 0,507x_2 + 0,1425x_1 x_2 - 0,760x_1^2 - 0,278x_2^2 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,353 + 0,0099x_1 - 0,0015x_2 + 0,0305x_1 x_2 - 0,0045x_1^2 - 0,0089x_2^2 \quad (2)$$

Значимость полученных результатов была проверена по критерию Кохрена, а гипотезу адекватности проверяли с помощью критерия Фишера:

для выхода белка в экстрагент (Y_1), G (г):

$$Q_p = 0,054 < Q_T = 0,7679; F_p = 5,85 < F_T = 18,51$$

для энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт):

$$Q_p = 0,59 < Q_T = 0,7679; F_p = 7,94 < F_T = 18,51$$

По уравнениям регрессии (1) и (2), характеризующим выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) и энергоёмкость процесса (Y_2), N (кВт), построены поверхности отклика, позволившие определить оптимальные значения для исследуемых факторов ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм). (рис. 2, 3).

Как видно из графика (рис. 2), между переменными факторами ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм) существует обратная корреляция. Так, если изменение расстояния между режущими ножами и статором ($l-X_2$), (мм) оказывает большое влияние на выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) и имеет линейную зависимость, то изменение скорости вращения ротора ($n-X_1$), (об/мин) имеет относительное воздействие и нелинейную зависимость.

Так, по мере увеличения частоты вращения ротора ($n-X_1$), (об/мин) и уменьшения расстояния между режущими ножами и статором ($l-X_2$), (мм), происходит удлинение траектории движения по внутренней поверхности статора, выполняющей истирание для соевых зерен, а за счет сжатия увеличивается взаимодействие между ними и в



результате возрастания коэффициента трения возникают сложные деформации (резка, кручение, изгиб). Таким образом, повышается качество измельчения зерен и выход белка в экстрагент (Y_1), G (г). При одновременном увеличении или уменьшении значений этих двух факторов эффективность процесса и выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) снижаются.

Анализ графических зависимостей (рис. 2) показывает, что наивысший показатель выхода белка в экстрагент (Y_1), G = 23-24 г, достигается при частоте вращения ротора в пределах $X_1 = -1 \pm 0,7$ ($n=1900-2580$ об/мин) и расстоянии между режущими ножами и статором в пределах $X_2 = -1 \pm 0,55$ ($l=2-3,55$ мм).

Воздействие переменных факторов ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм) на энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт) вовсе не одинаковы (рис. 3). Так, если воздействие изменения частота вращения

ротора ($n-X_1$), (об/мин) на энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт) имеет линейную зависимость, то воздействие изменения расстояния между режущими ножами и статором ($l-X_2$), (мм) имеет нелинейную зависимость. При увеличении расстояния между режущими ножами и статором ($l-X_2$), (мм) изменение энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт) происходит пропорционально, но при возрастании частоты вращения ротора ($n-X_1$), (об/мин) энергоёмкость резко увеличивается.

Анализ графических зависимостей (рис. 3) показывает, что минимальный уровень энергоёмкости процесса (Y_2), N=0,297 кВт наблюдается при частоте вращения ротора $X_1 = -1$ ($n=1900$ об/мин) и расстоянии между режущими ножами и статором $X_2 = 1$ ($l=4$ мм), а максимальный уровень (Y_2), N=0,3785 кВт, при $X_1 = 1$ ($n=2700$ об/мин) и расстоянии между режущими ножами и статором при $X_2 = 1$ ($l=4$ мм).

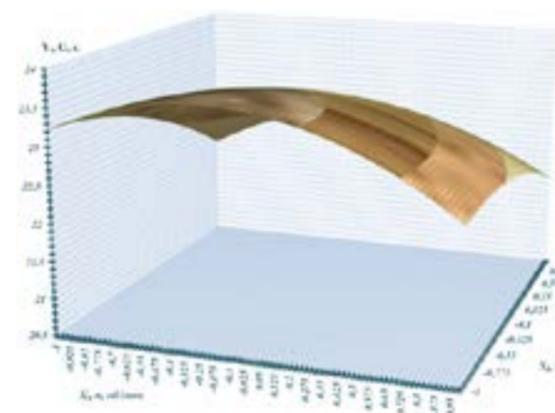


Рис.2 – График выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) как функция ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм)
Fig.2 – The graph of protein yield into extractant (Y_1), G (gr) as a function of ($n-X_1$), (turnover/minutes) and ($l-X_2$), (mm)

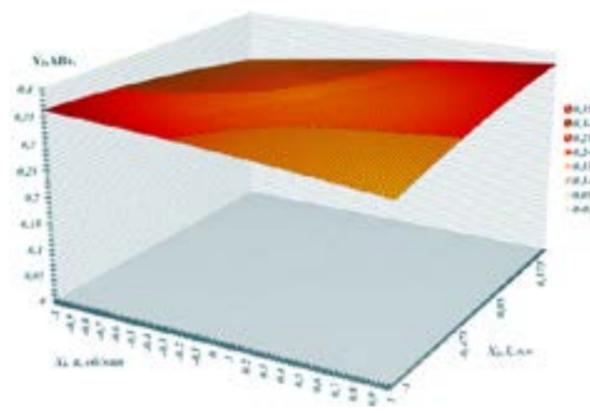


Рис.3 – График энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт) как функция ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм)
Fig.3 – The graph of energy intensity of the process (Y_2), N (kW) as a function of ($n-X_1$), (turnover/minutes) and ($l-X_2$), (mm)

Влияние исследуемых факторов, ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм) на энергоёмкость процесса (Y_2), N (кВт) вообще носит обратно пропорциональный характер. Так, при одновременном увеличении частоты вращения ротора ($n-X_1$), (об/мин) и расстояния между режущими ножами и статором ($l-X_2$), (мм) увеличивается энергоёмкость процесса (Y_2), N (кВт), а качество измельчения зерен и выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) снижается вследствие уменьшения взаимодействия между внутренней поверхностью статора и зернами сои, снижения коэффициента трения и ослабления сложных деформаций (резка, кручение, изгиб), хотя и происходит удлинение траектории движения по внутренней поверхности статора, выполняющей роль истирания. При обратно пропорциональном из-

менении значений исследуемых факторов, ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм) хотя и происходит увеличение энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт), но параллельно увеличивается и качество измельчения зерен и выход белка в экстрагент (Y_1), G (г). Это происходит одновременно как за счет удлинения траектории движения по внутренней поверхности статора, выполняющей роль истирания для соевых зерен, так и за счет сжатия: увеличивается взаимодействие между ними и в результате возрастания коэффициента трения возникают сложные деформации (резка, кручение, изгиб).

По результатам экспериментальных исследований получены следующие оптимальные показатели исследуемых факторов, ($n-X_1$), (об/мин) и ($l-X_2$), (мм), приведенные в таблице 3.



Таблица 3 – Оптимальные данные факторов

Факторы / Factors	Оптимальные данные/ Optimal values			
	Кодированные/Coded		Раскодированные/Decoded	
	Y ₁ , G (г)	Y ₂ , N (кВт)	Y ₁ , G (г)	Y ₂ , N (кВт)
(n-X ₁), (об/мин) / (turnover/minutes)	x ₁ =-0,231	x ₁ =-0,169	n=2207,6	n=2232,4
(l-X ₂), (мм) / (mm)	x ₂ =-0,971	x ₂ =-0,375	l=2,029	l=2,625

Заменяя значения x_1 и x_2 в уравнениях (1), (2) оптимальными значениями факторов в кодированном виде и решив уравнения, получим оптимальные значения выхода белка в экстрагент (Y_1), $G=23,675$ г и энергоёмкости процесса (Y_2), $N=0,352$ кВт.

С помощью решения математической модели и построения поверхности отклика была исследована математическая модель процесса с графоаналитическим анализом и определены оптимальные комбинации изученных факторов. Для визуального представления влияния основных характеристик на исследуемый процесс с помощью графического анализа определяют центр поверхности отклика. Графическое представление поверхностей отклика позволяет из общего числа выделенных факторов выделить оптимальные значения выхода белка в экстрагент (Y_1), G (г) и энергоёмкости процесса (Y_2), N (кВт) в зависимости от частоты вращения ротора n , (об/мин) и расстояния между статором и ножами, расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора l , (мм).

Заключение

Для определения влияния наиболее важных факторов на процесс приготовления соевого молока был разработан план проведения многофакторного эксперимента. Суть исследований заключалась в решении компромиссной задачи – варьировать значения наиболее значимых факторов: частоты вращения ротора, а также расстояния между статором и ножами, расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора, определить количественные оценки качества выполнения процесса приготовления соевого молока: выхода белка в экстрагент и энергоёмкости процесса.

Из анализа графиков отклика видно, что в процессе производства соевого молока основным фактором воздействия на выход белка в экстрагент (Y_1), G (г) и энергоёмкость процесса (Y_2), N (кВт) в большей степени является расстояние между статором и ножами, расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора l , (мм), а воздействие частоты вращения ротора n , (об/мин) сказывается в меньшей степени.

Таким образом, в ходе многофакторного эксперимента определены оптимальные параметры процесса производства соевого молока на разработанной установке:

– оптимальные значения выхода белка в экстрагент (Y_1), $G=23,675$ г и энергоёмкости процесса (Y_2), $N=0,352$ кВт;

– частота вращения ротора $n=2207,6-2232,4$ об/мин;

– расстояние между статором и ножами, расположенными под углом 90° на верхней поверхности диска ротора, $l=2,029-2,625$, мм.

Список источников

1. Рудаков О.Б. Химия соевого молока / О.Б. Рудаков, Л.В. Рудакова // Переработка молока. – 2020. – № 11(253). – С.48-50.
2. Федько Е.А. Сравнительный анализ соевого молока и молока животного происхождения / Е.А. Федько, В.В. Быченкова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 34. – С.504–514.
3. Сайдо Х. Способ получения сухого соевого молока с использованием сублимационной сушки / Х. Сайдо, К.М. Степанов // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – №3(23). – doi: 10.23649/jae.2022.3.23.01
4. Liu K. Soybean as functional foods and ingredients (1st ed.) / K. Liu // AOCS Publishing. Champaign, IL, USA. – 2004. – pp.1 - 51.
5. Anaç H. Soya fasulyesi / H. Anaç, Y.E. Ertürk // Tarımsal Ekonomi Arastırma Enstitüsü (TEAE) Bakış, – 2003. – s.1 - 4.
6. Barraquio V.L. Milk and soy proteins: their status in review / V.L. Barraquio, F.R. van de Voort // Canadian Institute of Food Science and Technology. Journal. – Vol. 21. – Issue. 5. – 1988. – pp.477 - 493.
7. Математическое моделирование процесса конвективной сушки обезжиренного молока с применением электрического поля / Н.С. Николаев, М.Я. Бурлев, М.А. Урюпин // Доклады РАСХН. – 2013. – № 5. – С.66–69.
8. Радчиков В.Ф. Выращивание телят с использованием заменителей цельного молока с разным количеством молочного сахара / В.Ф. Радчиков, А.Н. Кот, В.П. Цай, С.Н. Пиллюк // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т.56. – № 3. – С.53-58.
9. Фролов В.Ю. Экспериментальное обоснование выхода соевого белка в экстрагент при истирании зерна сои в замоченном виде / В.Ю. Фролов, Г.Г. Класнер, В.И. Кузнецов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 181. – С. 382-397. – DOI 10.21515/1990-4665-181-028.
10. Фролов В.Ю. Разработка и теоретическое обоснование конструкции устройства для истирания зерна в замоченном виде / В.Ю. Фролов, Г.Г. Класнер, В.И. Кузнецов, Т.А. Алихаджиев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного



аграрного университета. – 2023. – № 194. – С. 203-212. – DOI: 10.21515/1990-4665-194-018.

11. Рудаков О.Б. Пищевая комбинаторика в продуктах переработки молока - наука и практика / О.Б. Рудаков, Л.В. Рудакова, Я.О. Рудаков // Переработка молока. – 2021. – № 1(255). – С. 32-35. – DOI: 10.33465/2222-5455-2021-1-32-35.

12. Радчиков В.Ф. Сравнительная эффективность использования в кормлении телят цельного молока и его заменителя / В.Ф. Радчиков, М.Е. Радько, Е.И. Приловская, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина // Аграрно-пищевые инновации. – 2020. – Т.10, N 2. – С.50-61. – DOI: 10.31208/2618-7353-

2020-10-50-61

Кавказского района [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ukragro-firma.com/ru/home/>.

13. Соевая корова SM-30. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://soybiz.chat.ru/opriboy.htm>

14. Комплект оборудования для производства кормового соевого молока СКК-500. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://soybiz.chat.ru/okorm60.htm>

15. Промышленная соевая корова Veggie milk MH120. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normit.ru/component/zoo/item/ustanovka-dlyaproizvodstva-makovogo-moloka>.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Rudakov O.B. Khimiya soyeвого moloka / O.B. Rudakov, L.V. Rudakova // Pererabotka moloka. – 2020. – № 11(253). – S.48-50.
2. Fed'ko Ye.A. Sravnitel'nyy analiz soyeвого moloka i moloka zhivotnogo proiskhozhdeniya / Ye.A. Fed'ko, V.V. Bychenkova // Innovatsii. Nauka. Obrazovaniye. – 2021. – № 34. – S.504–514.
3. Saydo KH. Sposob polucheniya sukhogo soyeвого moloka s ispol'zovaniyem sublimatsionnoy sushki / KH. Saydo, K.M. Stepanov // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – №3(23). – doi: 10.23649/jae.2022.3.23.01
4. Liu K. Soybean as functional foods and ingredients (1st ed.) / K. Liu // AOCS Publishing. Champaign, IL, USA. – 2004. – pp.1 - 51.
5. Anaç H. Soya fasulyesi / H. Anaç, Y.E. Ertürk // Tarımsal Ekonomi Arastırma Enstitüsü (TEAE) Bakış, – 2003. – s.1 - 4.
6. Barraquio V.L. Milk and soy proteins: their status in review / V.L. Barraquio, F.R. van de Voort // Canadian Institute of Food Science and Technology. Journal. – Vol. 21. – Issue. 5. – 1988. – pp.477 - 493.
7. Matematicheskoye modelirovaniye protsessa konvektivnoy sushki obezhirennoy moloka s primeneniye elektricheskogo polya / N.S. Nikolayev, M.YA. Burlev, M.A. Uryupin // Doklady RASXH. – 2013. – № 5. – S.66–69.
8. Radchikov V.F. Vyrashchivaniye telyat s ispol'zovaniyem zameniteley tsel'nogo moloka s raznym kolichestvom molochnoy sakhara / V.F. Radchikov, A.N. Kot, V.P. Tsay, S.N. Pilyuk // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – T.56. – № 3. – S.53-58.
9. Frolov V.YU. Eksperimental'noye obosnovaniye vykhoda soyeвого belka v ekstragent pri istiraniy zerna soi v zamochennom vide / V.YU. Frolov, G.G. Klasner, V.I. Kuznetsov [i dr.] // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 181. – S. 382-397. – DOI 10.21515/1990-4665-181-028.
10. Frolov V.YU. Razrabotka i teoreticheskoye obosnovaniye konstruktsii ustroystva dlya istiraniya zerna v zamochennom vide / V.YU. Frolov, G.G. Klasner, V.I. Kuznetsov, T.A. Alikhadzhiev // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 194. – S. 203-212. – DOI: 10.21515/1990-4665-194-018.
11. Rudakov O.B. Pishchevaya kombinatorika v produktakh pererabotki moloka - nauka i praktika / O.B. Rudakov, L.V. Rudakova, YA.O. Rudakov // Pererabotka moloka. – 2021. – № 1(255). – S. 32-35. – DOI: 10.33465/2222-5455-2021-1-32-35.
12. Radchikov V.F. Sravnitel'naya effektivnost' ispol'zovaniya v kormlenii telyat tsel'nogo moloka i yego zamenitelya / V.F. Radchikov, M.Ye. Rad'ko, Ye.I. Prilovskaya, I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina // Agrarno-pishchevyye innovatsii. – 2020. – T.10, N 2. – S.50-61. – DOI: 10.31208/2618-7353-2020-10-50-61 Kavkazskogo rayona [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <https://ukragro-firma.com/ru/home/>.
13. Soyevaya korova SM - 30. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://soybiz.chat.ru/opriboy.htm>
14. Komplekt oborudovaniya dlya proizvodstva kormovogo soyeвого moloka SKK-500. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://soybiz.chat.ru/okorm60.htm>
15. Promyshlennaya soyevaya korova Veggie milk MH120. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://normit.ru/component/zoo/item/ustanovka-dlyaproizvodstva-makovogo-moloka>.

Contribution of the authors:

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

The authors declare no conflict of interest.

**Информация об авторах**

Зейналов Афиг Марлен оглы, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики и физики, Азербайджанский государственный аграрный университет, azeunal@yandex.ru

Кулиев Закир Вагиф оглы, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт «Агроме- ханика», vaqifizakir@gmail.com

Гаджиев Парвиз Имранович, д-р техн. наук, профессор, декан факультета электроэнергетики и технического сервиса ФГБОУ ВО «Российский государственный университет народного хозяй- ства имени В.И. Вернадского», pgadjiev@yandex.ru

Рамазанова Гюльбике Гудретдиновна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры природоо- бустройства и водопользования ФГБОУ ВО «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», gulbike@yandex.ru

Author Information

Zeynalov Afig M., PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics, Azerbaijan State Agrarian University, azeunal@yandex.ru

Kuliev Zakir V., researcher, Research Institute "Agromechanics", vaqifizakir@gmail.com

Gadzhiev Parviz I., PhD in Engineering, Professor, dean of the Electrical Power Engineering and Technical Service Faculty of the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky», pgadjiev@yandex.ru

Ramazanova Gulbike G., PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Water Resources Management of the federal state-owned publicly-funded institution of higher education «Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky», gulbike@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 17.03.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 17.03.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 20.09.2024..



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с.127-133
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, pp. 127-133

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 632.08
DOI: 10.36508/RSATU.2024.12.15.016

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Андрей Владимирович Калинин¹, **Михаил Юрьевич Костенко²**, **Георгий Константинович Рембалович³**, **Роман Владимирович Безносок⁴**, **Михаил Юрьевич Афанасьев⁵**

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Ко- стычева», г. Рязань, Россия

¹ andrey_kalinin98@mail.ru

² kostenko.mihail2016@yandex.ru

³ university@rgatu.ru

⁴ romario345830@yandex.ru

⁵ m.yu.afanasev@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Современное сельское хозяйство требует интенсификации процессов выращи- вания сельскохозяйственных культур. Цель исследования – активизировать физиологические про- цессы растений, улучшить усвояемость удобрений, повысить устойчивость развития растений, обеспечивая экологичность производства сельскохозяйственной продукции.

Методология. Воздействие электростатического напряжения по физическому эффекту сопоста- вимо с воздействием атмосферного электричества во время грозы. Благодаря высокому напряже- нию капли аэрозоля оседают на листья растения, образуется озон, который обеззараживает рас- тения. Прибор для создания электростатического поля представляет собой каскадный генератор с ограничителем тока, величина напряжения регулируется в диапазоне от 1000 до 5000 В. В зави- симости от величины напряжения и высоты установки воздушного электрода менялась напряжен- ность от 890 до 2000 В/м. Растения выращивали в специальных контейнерах, в качестве грунта применяли прессованное джутовое волокно. Влажность воздуха в пленочном укрытии поддерживали с помощью увлажнителя воздуха в диапазоне 80-90 %. В процессе эксперимента в пленочном ук- рытии поддерживали в ночное время температуру 17-19° С, в дневное время – 21-26° С. Каскадный генератор электростатического поля включали в дневное время с 8:00 до 15:00 часов.

Результаты. При развитии микрорзелени установлено, что за короткий период вегетации у рас- тений контрольной и опытной групп сформировалось одинаковое количество листьев, но высота стебля, развитие корневой системы, площадь листьев при стимулировании электростатическим полем (в опытной группе) были больше, развитие растений происходило более интенсивно, чем в контрольной группе. По окончании периода выращивания микрорзелени высота растений различа- лась в среднем на 2,5 см, причем растения в опытной группе имели более толстый стебель, боль- шую площадь листьев.

Заключение. С увеличением напряженности электростатического поля развитие растений осу- ществлялось более интенсивно. При электростатическом стимулировании растений важную роль играет не только напряженность электростатического поля, но и расстояние между электродом и верхушкой растения.

Ключевые слова: электростимулирование, электростатическое поле, высокое напряжение, рост растений

Для цитирования: Калинин А.В., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К., Безносок Р.В., Афанасьев М.Ю. Влияние электростатического поля на развитие растений // Вестник Рязанского государственно-

Original article

INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELD ON PLANT DEVELOPMENT

Andrey V. Kalinin ¹, Mikhail Yu. Kostenko ², Georgy K. Rembalovich ³, Roman V. Beznosyuk ⁴, Mikhail Yu. Afanasyev ⁵^{1,2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ andrey_kalinin98@mail.ru² kostenko.mihail2016@yandex.ru³ university@rgatu.ru⁴ romario345830@yandex.ru⁵ m.yu.afanasev@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Modern agriculture requires intensification of crop cultivation processes. The purpose of the study is to activate the physiological processes of plants, improve the digestibility of fertilizers, increase the sustainability of plant development, ensuring the environmental friendliness of agricultural production.

Methodology. The effect of electrostatic voltage on the physical effect with the effect of atmospheric electricity during a thunderstorm. Due to high voltage, aerosol droplets settle on the leaves of the plant, ozone is formed, which disinfects the plants. The device for creating an electrostatic field is a cascade generator with a current limiter, the voltage value is regulated in the range from 1000 to 5000 V. Depending on the voltage value and the installation height of the air electrode, the voltage changed from 890 to 2000 V / m. The plants were grown in special containers; pressed jute fiber was used as soil. Air humidity in the film shelter was maintained using a humidifier in the range of 80-90%. During the experiment, 17-19°C was maintained at night in the film shelter and 21-26°C during the day. The cascade generator of the electrostatic field was turned on in the daytime from 8:00 to 15:00.

Results. During the development of microgreens, it was found that over a short period of vegetation, the plants formed the same number of leaves, but the height of the stem, the development of the root system, the area of the leaves when stimulated by an electrostatic field were greater. With electrostatic stimulation, it was produced more intensively than in the control group. At the end of the microgreens growing period, the height of the plants differed by an average of 2.5 cm, and the plants had a thicker stem and a larger leaf area.

Conclusion. With an increase in the electrostatic field strength, plant development was more intensive. With electrostatic stimulation of plants, not only the electrostatic field strength plays an important role, but also the distance between the electrode and the top of the plant.

Key words: electrical stimulation, electrostatic field, high voltage, plant growth

For citation: Kalinin A.V., Kostenko M.Yu., Rembalovich G.K., Beznosyuk R.V., Afanasyev M.Yu. The influence of the electrostatic field on plant development // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 3. P. 127-133 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.12.15.016>

Введение

Современное сельское хозяйство требует интенсификации процессов выращивания сельскохозяйственных культур. Электростимулирование в процессе выращивания сельскохозяйственных растений является новым направлением тепличного хозяйства [14,15]. Помимо электростимулирования электростатическое поле используют для лучшего осаждения высокодисперсных аэрозолей на биологические объекты [1,2,4,6,7,8]. Для электростимулирования применяют высоковольтные установки постоянного тока. Источник высокого напряжения должен давать чрезвычайно малый выходной ток, что обеспечивает стимулирование растений и безопасность персонала. Источник высокого напряжения – каскадный генератор – подключают отрицательным электродом к почве или системам водоснабжения, контактирующим с кор-

невой системой растений, а положительный электрод располагают с некоторым зазором относительно верхних листьев или кроны растения. Это позволяет создать растениям привычное электрическое поле [14,15].

Цель исследования – активизировать физиологические процессы в растениях, улучшить усвояемость удобрений, повысить устойчивость развития растений, обеспечивая экологичность производства сельскохозяйственной продукции. Воздействие электростатического напряжения по физическому эффекту сопоставимо с воздействием атмосферного электричества во время грозы [3,9,11,12]. Благодаря высокому напряжению капли аэрозоля оседают на листья растения, образуется озон, который обеззараживает растения. При электростимулировании могут применяться как постоянные электростатические воздействия, так

и импульсные воздействия, которые улучшают усвояемость питательных веществ и снижают стресс растений при пересадках, формировании кроны, сборе урожая и других видах ухода за растениями. Процесс электростимулирования происходит при отсутствии персонала в зоне электростатического поля [15].

Электростатическое поле оказывает влияние не только на растения, но и на окружающую среду [10,13,15]. В электростатическом поле меняется коэффициент поверхностного натяжения воды и растворов удобрений, ядохимикатов, а также изменяется смачиваемость листьев растений. Таким образом, при воздействии электростатического поля повышается испаряемость воды с поверхности листьев [14].

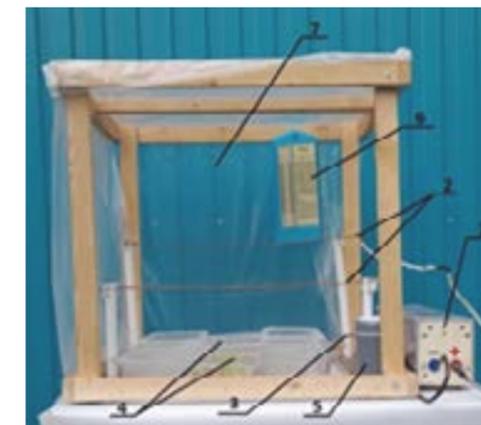
Материалы и методы исследования

Электростимуляцию растений осуществляют электростатическим полем с напряжением до 50000 В [15]. Для обеспечения необходимой напряженности электростатического поля устанавливают определенную величину зазора между электродами (проводами) и кроной растений. Напряженность может оказывать как стимулирующее, так и угнетающее действие на растения. Высокая напряженность электростатического поля может вызывать вибрацию растений, а также приводить к иссушению молодых побегов. Важное значение имеет направленность постоянного электростатического поля, положительный заряд располагают на электродах (проводах) над растениями, а отрицательный заряд располагают в почвенном субстрате или в ёмкости для раствора при использовании гидропонии [14,15].

Для выращивания растений в электростатическом поле была разработана установка (рис.1). Прибор для создания электростатического поля представляет собой каскадный генератор с ограничителем тока, величина напряжения регулируется в диапазоне от 1000 до 5000 В. В зависимости от величины напряжения и высоты установки воздушного электрода менялась напряженность от 890 до 2000 В/м. Растения выращивали в специальных контейнерах, в качестве грунта применяли прессованное джутовое волокно. При посадке семена замачивали в течение 12 часов, а затем семена распределяли на джутовом волокне, увлажняя его. Влажность воздуха в пленочном укрытии поддерживали с помощью увлажнителя воздуха в диапазоне 80-90 %. В процессе эксперимента в пленочном укрытии поддерживали в ночное время температуру 17-19° С в дневное время – 21-26° С. Каскадный генератор электростатического поля включали в дневное время с 8:00 до 15:00 часов. При осуществлении полива, снятий показаний приборов установку электростатического поля отключали.

Опыты проводили на горохе сорта «Сахарный». В контейнер с отрицательным электродом стелили коврик из джутового волокна и смачивали его водой для обеспечения надежного контакта с электродом. В каждом из шести контейнеров помещалось не менее 150 семян гороха, из них три

контейнера подвергались электростатическому стимулированию, три были контрольными. Пророщенные семена гороха выкладывали на джутовый коврик сплошным слоем. Эксперимент проводили в два этапа. На первом этапе оценивали влияние электростимуляции, сравнивая развитие контрольной группы и группы растений с электростимуляцией. На втором этапе оценивали влияние высоты расположения положительного электрода над растениями. Положительный электрод крепили на двух уровнях – 0,15м и 0,2м. Опыты проводили в трехкратной повторности.



1 – прибор для создания электростатического поля; 2 – положительные (воздушные) электроды; 3 – отрицательные (грунтовые) электроды; 4 – контейнеры для выращивания микрозелени (гороха); 5 – увлажнитель; 6 – психрометр; 7 – пленочное укрытие для создания микроклимата
Рис.1 – Общий вид установки для выращивания микрозелени в электростатическом поле

1-device for creating an electrostatic field; 2-positive (air) electrodes; 3-negative (ground) electrodes; 4-containers for growing microgreens (peas); 5-humidifier; 6-psychrometer; 7-film cover for creating a microclimate

Fig. 1 – General view of the installation for growing microgreens in an electrostatic field

Результаты исследований и их обсуждение

Реализация опытов осуществлялась в течение 21 дня. В течение первых трех дней происходило замачивание семян и появление ростков. В последующий период осуществлялось выращивание ростков с ежедневным измерением их высоты. Общий вид растений при электростимулировании и контрольных растений представлен на рисунке 2.

Анализ рисунка 2 показывает, что электростимулирование ускоряет развитие растений. Для детального исследования растений при этом изучалось развитие корневой системы, стебля и листьев (рис. 3). Для оценки развития растений выбиралось не менее пяти образцов для морфологического анализа.



Рис.2 – Общий вид микрозелени к моменту созревания
a-first stage of the experiment: plant species under electrical stimulation, electrode height 0.2 m; control plant species; b-second stage of the experiment: plant species under electrical stimulation at 0.2 m; plant species under electrical stimulation at 0.15 m
Fig. 2 – General appearance of microgreens at the time of ripening

а – первый этап эксперимента: вид растений при электростимулировании, высота электрода 0,2м; вид контрольных растений; б – второй этап эксперимента: вид растений при электростимулировании на 0,2м; вид растений при электростимулировании на 0,15м



а – вид контрольных растений; б – вид растений при электростимулировании, высота электрода 0,2м
Рис.3 – Общий вид растений при морфологическом исследовании
a-view of control plants; b-view of plants under electrical stimulation, electrode height 0.2 m
Fig. 3 – General view of plants under morphological examination

а б

На основании опытных данных построен график зависимости высоты растений от времени выращивания (рис. 4).

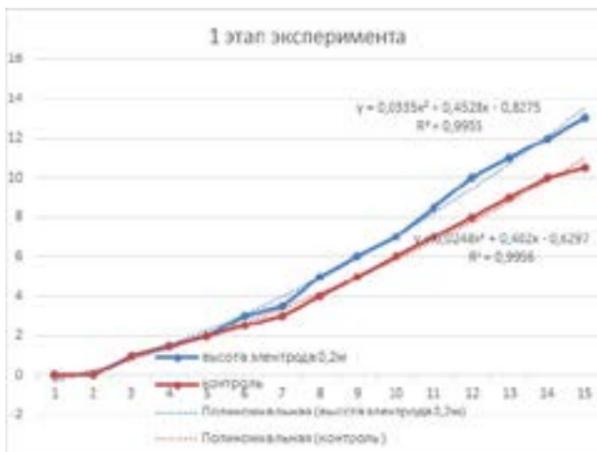


Рис.4 – Изменение высоты растения в процессе вегетации при электростатическом стимулировании (1 этап эксперимента)
Fig. 4 – Change in plant height during vegetation with electrostatic stimulation (stage 1 of the experiment)

На первом этапе эксперимента сравнивали развитие растений при электростатическом стимулировании и без него (контроль). При развитии микрозелени установлено, что за короткий период вегетации у растений сформировалось одинаковое количество листьев, но высота стебля, развитие корневой системы, площадь листьев при стимулировании электростатическим полем были больше. Учитывая, что площадь листьев микрозелени сложно измерить с достаточной точностью, производили измерение только высоты растений.

Зависимость высоты контрольных растений от количества суток вегетации описывается следующим выражением, достоверность уравнения характеризуется высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,9956$)
$$y = 0,0248x^2 + 0,402x - 0,6297 \quad (1)$$
 где y – высота контрольных растений, см; x – количество суток вегетации, сут.
Зависимость высоты растений при электростатическом стимулировании от количества суток вегетации описывается следующим выражением,



достоверность уравнения характеризуется высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,9955$)
$$y = 0,0335x^2 + 0,4528x - 0,8275 \quad (2)$$
 где y – высота контрольных растений, см; x – количество суток вегетации, сут.
Анализируя эти выражения, можно увидеть более высокую интенсивность развития растений за период вегетации при электростатическом стимулировании.
Анализ рисунка 4 показал, что отличия в развитии растений при электростатическом стимулировании проявляются на 6-е сутки. Дальнейшее развитие гороха сорта «Сахарный» (микрозелени) при электростатическом стимулировании происхо-

дило более интенсивно, чем в контрольной группе. По окончании периода выращивания микрозелени высота растений различалась в среднем на 2,5 см, причем растения в опытной группе имели более толстый стебель, большую площадь листьев.
На втором этапе эксперимента оценивалось влияние напряженности электростатического поля на развитие растений. Напряженность электростатического поля изменяли путем изменения расстояния между отрицательным и положительным (воздушным) электродами. Для этого воздушные электроды располагали на различной высоте – 0,15 м и 0,20 м над контейнерами с растениями (рис. 5)

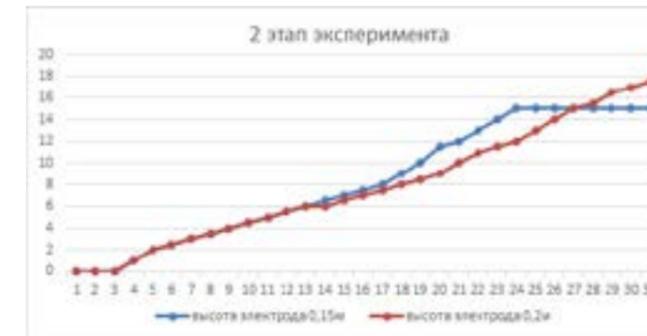


Рис.5 – Изменение высоты растения в процессе вегетации при электростатическом стимулировании (2 этап эксперимента)
Fig. 5 – Change in plant height during vegetation with electrostatic stimulation (stage 2 of the experiment)

Анализ рисунка 5 показал, что при различной напряженности электростатического поля отличия в развитии растений проявились на 14-е сутки. Причем с увеличением напряженности электростатического поля растения развивались более интенсивно. Дальнейшее развитие растений с большей интенсивностью при высокой напряженности электростатического поля продолжалось до 24 суток, при этом стебли растений приблизились к воздушным электродам. Уменьшение расстояния между верхушкой растений и электродом привело к ожогам молодых побегов и снижению интенсивности роста. После достижения определённого расстояния между побегом и электродом происходит иссушение молодых побегов, а также проявляется эффект колебаний молодых побегов под действием электростатического поля. В то же время при большем зазоре между воздушным электродом и растениями развитие идет с определённой интенсивностью. Таким образом, при электростатическом стимулировании растений важную роль играет не только напряженность электростатического поля, но и расстояние между электродом и верхушкой растения. Учитывая, что при воздействии электростатического поля уменьшаются силы поверхностного натяжения воды, необходимо обеспечивать достаточную влажность при выращивании растений.

при электростатическом стимулировании происходило более интенсивно, чем в контрольной группе. По окончании периода выращивания микрозелени высота растений различалась в среднем на 2,5 см, причем растения в опыте имели более толстый стебель, большую площадь листьев. При различной напряженности электростатического поля отличия в развитии растений проявились на 14-е сутки. Электростатическое стимулирование растений играет важную роль, причем важно поддерживать не только определенную напряженность электростатического поля, но и расстояние между электродом и верхушкой растения. При расстоянии между положительным электродом и верхушкой растения менее 2 см начинается интенсивное иссушение молодых побегов.

Список источников

1. Анализ существующих систем электростатического опрыскивания на БПЛА / И. Г. Смирнов, Р. К. Курбанов, Л. А. Марченко, Д. М. Горшков // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67, № 2(39). – С. 67-73. – DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-2-67-73. – EDN EQJKPX.
2. Богданова, А. А. Влияние условий культивирования на качественные и количественные показатели *Chlorella vulgaris* / А. А. Богданова, Е. А. Флерова, А. А. Паюта // Химия растительного сырья. – 2019. – № 4. – С. 293-304. – DOI 10.14258/jcrpm.2019045130. – EDN NYADSI.
3. Ворожцов, Б. И. Проблематика и особенности использования электростатических полей для нейтрализации мелкодисперсных аэрозолей / Б. И. Ворожцов, М. Ю. Степкина, О. Б. Кудряшова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №

Заключение

Установлено, что стимулирование электростатическим полем ускоряет развитие растений. Для детального изучения было проведено морфологическое исследование растений, при этом изучалось развитие корневой системы, стебля и листьев. Развитие гороха сорта «Сахарный» (микрозелени)



2(6). – С. 67-69. – EDN SELCOZ.

4.Зарипов, Т. Ш. Осаждение заряженных аэрозольных частиц под действием электрических сил / Т. Ш. Зарипов // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. – 2013. – Т. 155, № 3. – С. 53-62. – EDN RWGXСJ.

5.Ксенз, А. Я. Результаты исследований усовершенствованной технологии элеткростатического опрыскивания / А. Я. Ксенз // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – № 4(9). – С. 119-123. – EDN TAOSWV.

6.Ксенз, А. Я. Совершенствование технологии и оборудования для опрыскивания сельскохозяйственных культур с применением электризации жидкостно-воздушной смеси : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. Я. Ксенз. – Краснодар, 2015. – 181 с. – EDN TUZXLV.

7.Лекомцев, П. Л. Осаждение электроаэрозольной струи в растительном слое / П. Л. Лекомцев, А. М. Ниязов, Е. В. Дресвянникова // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6(57). – С. 21. – EDN GFPUDH.

8.Обработка растений сои микроудобрениями с электростатическим их осаждением / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, В. В. Колесник, Е. Б. Демина // Научная жизнь. – 2017. – № 9. – С. 12-19. – EDN YKZNLJ.

9.Степкина, М. Ю. Создание аэрозоля мелкодисперсных электростатически заряженных частиц и его применение в технологических процессах: специальность 05.17.08 "Процессы и аппараты

химических технологий": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Степкина Мария Юрьевна, 2016. – 163 с. – EDN VYRQIO.

10.Степкина, М. Ю. Экспериментальное исследование способа ускорения осаждения мелкодисперсного аэрозольного облака под действием электрического поля / М. Ю. Степкина, И. Р. Ахмадеев, Б. И. Ворожцов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 134-138. – EDN TBEJWT.

11.Токарев А.В. Коронный разряд и его применение. – Бишкек: КРСУ, 2009. – 138 с.

12. Убоженко, М. Ю. Электростатическое поле в технологических приложениях (ОБЗОР) / М. Ю. Убоженко // Южно-Сибирский научный вестник. – 2023. – № 6(52). – С. 297-304. – DOI 10.25699/SSSB.2023.52.6.044. – EDN KHQNKQ.

13.Экспериментальное исследование эволюции мелкодисперсных частиц при различных методах генерации аэрозольного облака / М. Ю. Степкина, О. Б. Кудряшова, А. А. Антонникова, Е. В. Муравлев // Оптика атмосфер и океана. – 2018. – Т. 31, № 6. – С. 501-504. – DOI 10.15372/AOO20180614. – EDN URSAOH.

14.Электрокультурное земледелие. Интернет ресурс. Текст: электронный // agtecher.com 2017-2024 — URL: <https://agtecher.com/ru/electro-culture-agriculture/>

15.Хитойлик фермерлар сабзавотларни электр токи орқали тезроқ ўстиришмоқда. Интернет ресурс. Текст: электронный // <https://kun.uz> — URL: <https://kun.uz/kr/news/2018/11/30/hitojlik-fermerlar-sabzavotlarni-elekt-toki-orkali-tezrok-ustirismokda>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Analiz sushhestvuyushhix sistem e`lektrostaticheskogo opry`skivaniya na BPLA / I. G. Smirnov, R. K. Kurbanov, L. A. Marchenko, D. M. Gorshkov // E`lektrotexnologii i e`lektrooborudovanie v APK. – 2020. – Т. 67, № 2(39). – С. 67-73. – DOI 10.22314/2658-4859-2020-67-2-67-73. – EDN EQJKPX.

2.Bogdanova, A. A. Vliyanie uslovij kul`tivirovaniya na kachestvenny`e i kolichestvenny`e pokazateli *Chlorella vulgaris* / A. A. Bogdanova, E. A. Flerova, A. A. Payuta // Ximiya rastitel`nogo sy`r`ya. – 2019. – № 4. – С. 293-304. – DOI 10.14258/jcpm.2019045130. – EDN HYADSI.

3.Vorozhczov, B. I. Problematika i osobennosti ispol`zovaniya e`lektrostaticheskix polej dlya nejtralizacii melkodispersny`x ae`rozolej / B. I. Vorozhczov, M. Yu. Stepkina, O. B. Kudryashova // Yuzhno-Sibirskij nauchny`j vestnik. – 2014. – № 2(6). – С. 67-69. – EDN SELCOZ.

4.Zaripov, T. Sh. Osazhdenie zaryazhenny`x ae`rozol`ny`x chasticz pod dejstviem e`lektricheskix sil / T. Sh. Zaripov // Ucheny`e zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskie nauki. – 2013. – Т. 155, № 3. – С. 53-62. – EDN RWGXСJ.

5.Ksenz, A. Ya. Rezul`taty` issledovaniy usovershennstovannoj texnologii e`lektrostaticheskogo opry`skivaniya / A. Ya. Ksenz // Innovacii v sel`skom xozyajstve. – 2014. – № 4(9). – С. 119-123. – EDN TAOSWV.

6.Ksenz, A. Ya. Sovershenstvovanie texnologii i oborudovaniya dlya opry`skivaniya sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur s primeneniem e`lektrizacii zhidkostno-vozdushnoj smesi : special`nost` 05.20.01 "Texnologii i sredstva mexanizacii sel`skogo xozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk / A. Ya. Ksenz. – Krasnodar, 2015. – 181 s. – EDN TUZXLV.

7.Lekomcev, P. L. Osazhdenie e`lektroae`rozol`noj strui v rastitel`nom sloe / P. L. Lekomcev, A. M. Niyazov, E. V. Dresvyannikova // Inzhenerny`j vestnik Dona. – 2019. – № 6(57). – С. 21. – EDN GFPUDH.

8.Obrabotka rastenij soi mikroudobreniyami s e`lektrostaticheskim ix osazhdeniem / S. I. Kambulov, V. B. Ry`kov, V. V. Kolesnik, E. B. Demina // Nauchnaya zhizn`. – 2017. – № 9. – С. 12-19. – EDN YKZNLJ.



9.Stepkina, M. Yu. Sozdanie ae`rozolya melkodispersny`x e`lektrostaticheski zaryazhenny`x chasticz i ego primenenie v texnologicheskix processax : special`nost` 05.17.08 "Processy` i apparaty` ximicheskix texnologij" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk / Stepkina Mariya Yur`evna, 2016. – 163 s. – EDN VYRQIO.

10.Stepkina, M. Yu. E`kspierimental`noe issledovanie sposoba uskoreniya osazhdeniya melkodispersnogo ae`rozol`nogo oblaka pod dejstviem e`lektricheskogo polya / M. Yu. Stepkina, I. R. Axmadeev, B. I. Vorozhczov // Polzunovskij vestnik. – 2014. – № 3. – С. 134-138. – EDN TBEJWT.

11.Tokarev A.V. Koronny`j razryad i ego primenenie. – Bishkek: KRSU, 2009. – 138 s.

12.Ubozhenko, M. Yu. E`lektrostaticheskoe pole v texnologicheskix prilozheniyax (OBZOR) / M. Yu. Ubozhenko // Yuzhno-Sibirskij nauchny`j vestnik. – 2023. – № 6(52). – С. 297-304. – DOI 10.25699/SSSB.2023.52.6.044. – EDN KHQNKQ.

13.E`kspierimental`noe issledovanie e`volyuicii melkodispersny`x chasticz pri razlichny`x metodax generacii ae`rozol`nogo oblaka / M. Yu. Stepkina, O. B. Kudryashova, A. A. Antonnikova, E. V. Muravlev // Optika atmosfery` i okeana. – 2018. – Т. 31, № 6. – С. 501-504. – DOI 10.15372/AOO20180614. – EDN URSAOH.

14.E`lektrokul`turnoe zemledelie. Internet resurs. Tekst: e`lektronny`j // agtecher.com 2017-2024 — URL: <https://agtecher.com/ru/electro-culture-agriculture/>

15.Xitoylik fermerlar sabzavotlarni e`lekt-r toki orqali tezroq ўstirishmoqda. Internet resurs. Tekst: e`lektronny`j // <https://kun.uz> — URL: <https://kun.uz/kr/news/2018/11/30/hitojlik-fermerlar-sabzavotlarni-elekt-toki-orkali-tezrok-ustirismokda>

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

Калинин Андрей Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», andrey_kalinin98@mail.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», kostenko.mihail2016@yandex.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», university@rgatu.ru

Безносук Роман Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», romario345830@yandex.ru

Афанасьев Михаил Юрьевич, канд. с-х. наук, доцент кафедры электротехники и физики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», т.у. afanasev@mail.ru

Author information

Kalinin Andrey V., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, andrey_kalinin98@mail.ru

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, professor, department of metal technology and machine repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., professor, head of department of metal technology and machine repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, university@rgatu.ru

Beznosyuk Roman V., Candidate of Technical Sciences, associate professor, department of metal technology and machine repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, romario345830@yandex.ru

Afanasyev Mikhail Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Physics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, m.yu.afanasev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.08.2024; одобрена после рецензирования 28.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 21.08.2024; approved after reviewing 28.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16., № 3, с. 134-140
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp.134-140

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.3.08
DOI: 10.36508/RSATU.2024.20.54.017

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Александр Александрович Карташов¹, Николай Владимирович Лимаренко², Иван Алексеевич Успенский³, Иван Александрович Юхин⁴, Олег Владимирович Филюшин⁵

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза, Россия

^{2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ak_29@mail.ru
²limarenkodstu@yandex.ru
³ivan.uspensckij@yandex.ru
⁴yuival@rambler.ru
⁵olegfil93@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования было выявление метода непрерывного определения технического состояния рулевого управления и подвески в процессе эксплуатации.

Методология. В процессе исследований, которые проводились в лабораторных условиях, был использован автомобиль Ford Focus 2 в качестве объекта исследования.

Результаты. В результате исследования, направленного на диагностирование технического состояния рулевого управления и подвески, установлено, что использование вибрационных датчиков ДН-3-М1 и вероятностно-логистического метода позволит оценивать техническое состояние этих элементов с достаточной точностью.

Заключение. Результаты исследования позволили выявить возможность использования вероятностно-логистического метода диагностирования технического состояния элементов рулевого управления и подвески.

Ключевые слова: рулевое управление, подвеска, датчик вибрации, техническое обслуживание

Для цитирования: Карташов А.А., Лимаренко Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В. Диагностирование рулевого управления и подвески автомобилей в процессе эксплуатации. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 3. С.134-140 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.20.54.017>

Original article

DIAGNOSIS GUBERNATIONIS ET SUSPENSIONIS CARROS IN OPERATIONE

Alexander A. Kartashov¹, Nikolay V. Limarenko², Ivan A. Uspensky³, Ivan A. Yukhin⁴, Oleg V. Filyushin⁵

¹ Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia
^{2,3,4,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

© Карташов А.А., Лимаренко Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Филюшин О.В., 2024 г.



¹ak_29@mail.ru
²limarenkodstu@yandex.ru
³ivan.uspensckij@yandex.ru
⁴yuival@rambler.ru
⁵olegfil93@mail.ru

Annotation

Problem and purpose. The purpose of this study was to continuously determine the technical condition of the steering and suspension during operation.

Methodology. In the course of the research, which was carried out in laboratory conditions, a Ford Focus 2 car was used as an object of research.

Results. As a result of the research aimed at diagnosing the technical condition of the steering and suspension, it was found that the use of DN-3-M1 vibration sensors and the probabilistic and logistic method will allow assessing the technical condition of these elements with sufficient accuracy.

Conclusion. The results of the study revealed the possibility of using a probabilistic and logistic method for diagnosing the technical condition of steering and suspension elements.

Key words: steering, suspension, vibration sensor, maintenance

For citation: Kartashov A.A., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Filyushin O.V. Diagnosis gubernationis et suspensionis carros in operatione // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.3. P. 134-140 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.20.54.017>

Введение

Анализ инцидентов на дорогах выявил, что ошибка или нарушение водителями правил дорожного движения является основным фактором, способствующим возникновению автомобильных аварий, причем это происходит в подавляющем большинстве случаев – примерно в 70-75 % обращений. С другой стороны, технические неисправности автомобилей и плохое состояние дорожного покрытия вызывают гораздо меньше происшествий, составляя всего 2-4 % и 4-11 % соответственно. После тщательного изучения каждого конкретного случая и учета поведения пешеходов, вина водителя может быть пересмотрена и уменьшена, однако статистика все же указывает на то, что ответственность водителей за дорожно-транспортные происшествия остается на удивительно высоком уровне.

На практике эти факторы не всегда должным образом фиксируются и оцениваются ни на месте аварии, ни в процессе расследования её обстоятельств, что может быть обусловлено недостаточной квалификацией специалистов – как сотрудников ГИБДД, так и аварийных комиссаров, фиксирующих результаты ДТП. В этом плане несколько меняет картину использование участниками дорожного движения видеорегистраторов, которое при наличии видеозаписи, позволяет реально оценить причины и последствия ДТП.

Официальная статистика зачастую отражает только наиболее очевидные факторы, способствующие происшествиям на дорогах, включая такие инциденты, как потеря управления над грузом, отделение прицепа от автомобиля, соскакивание шины, а также поломки различных частей транспортного средства. В процессе же детального изучения автоаварий всегда уделяется внимание вопросу о том, мог ли водитель избежать несчастного случая, если бы своевременно предпринял соответствующие шаги. Плохое состояние дорожного покрытия и технические дефекты машины могут

стать причиной повышенной усталости у оператора транспортного средства, что, в свою очередь, усиливает стресс и повышает вероятность ошибок в процессе управления, что может стать причиной дорожно-транспортного происшествия [2].

Анализ поломок транспорта показывает, что сбои в различных компонентах становятся причиной аварий в следующих пропорциях: система торможения вносит вклад в дорожно-транспортные происшествия (ДТП) на уровне от 20 до 50 процентов, что варьируется в зависимости от класса транспортного средства. Сбои в рулевом механизме связаны с 10-15 процентами аварий. Проблемы с подвеской и шинами приводят к 10-30 процентам инцидентов. Отказы световых приборов и сигнальных систем составляют около 10 процентов от общего числа ДТП [1].

В процессе осмотра транспортных средств и извлеченных компонентов особое внимание уделяется поврежденным частям, требующим подробного анализа в лаборатории, что является причиной их демонтажа из машины для дальнейшего изучения [3].

Аналитическая работа, целью которой было выявление взаимосвязи между неисправностями автомобилей и возникновением дорожно-транспортных происшествий, привела к неожиданным выводам. В основном, автомобильные аварии случаются с машинами, не имеющими технических неполадок, что подтверждают данные: только 11-34 % аварий связаны с поломками. На практике большинство поломок, которые могут привести к неприятностям на дороге, могли бы быть выявлены водителями до начала движения, если бы они проявили больше внимания к состоянию своего транспортного средства. Тем не менее, существует небольшой процент дефектов (3-5 %), обнаружение которых возможно только с помощью глубокой диагностики и детального осмотра, и эти дефекты остаются незаметными до момента поломки [4].



Ключевыми параметрами, определяющими эффективность функционирования транспортного средства, являются его способность к поддержанию курса и адекватному ответу на действия водителя. Согласно стандарту ГОСТ Р 52302–2004 подразумевается, что автомобиль должен быть способен не только адекватно реагировать на команды водителя, регулирующие его движение, но и сохранять устойчивость при воздействии раз-

личных сил, таких как внешние и инерционные, чтобы обеспечить его безопасное перемещение в пределах установленных норм времени и пространства [5].

В свете этого, для улучшения безопасности и эффективности управления автомобилями важно разработать и внедрить комплексную систему поддержания их надлежащего технического состояния на протяжении всего времени использования [6].

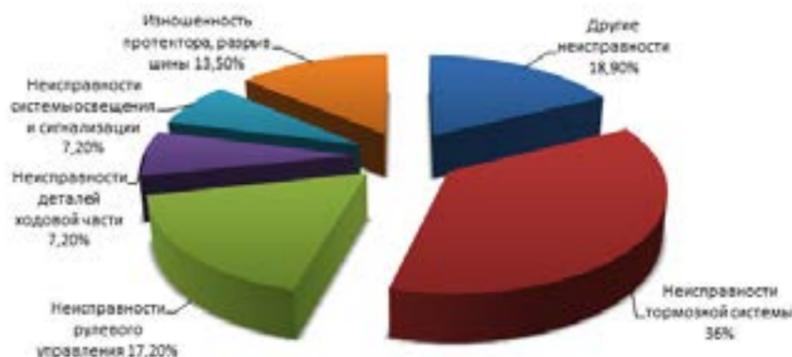


Рис. 1 – Распределение аварий на дорогах по причинам технической неисправности автомобиля

Fig. 1 – Distribution of road accidents due to technical malfunction of the vehicle

Материалы и методы исследования

В результате анализа информации, собранной из различных публикаций [7], было установлено, что износ рулевого механизма и связанный с ним люфт пропорционально усиливаются с увеличением миль, пройденных автомобилем. Как демонстрирует график на рисунке 2, зазор в рулевом механизме углубляется со временем эксплуатации транспортного средства, при этом испытывая более интенсивное увеличение при достижении автомобилем отметки в 28-34 тысяч километров и затем в 80-90 тысяч километров.

В данных интервалах пробега становится очевидной проблема устойчивости на пути, с машиной стремящейся отклониться от заданного направления, что также сказывается на общей маневренности. В соответствии с нормативами безопасности дорожного движения, общий люфт в рулевой системе не должен превышать отметки в 10 градусов.

F_1 и F_2 – в процессе эксплуатации углы продольного наклона оси поворота колёс переднеприводного автомобиля изменяются в пределах диапазона рекомендуемых значений: для левого колеса это (a), а для правого – (b)

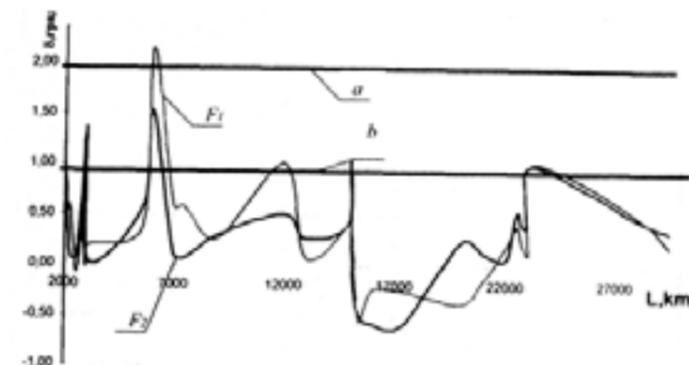


Рис. 2 – Динамика изменения углов продольного наклона оси поворота колёс переднеприводного автомобиля в зависимости от пробега:

Fig. 2 – Dynamics of changes in the longitudinal inclination of the steering axis of the wheels of a front-wheel drive vehicle depending on mileage:

Исследование, упомянутое в источнике [8], выявило, что первопричиной ухудшения функциональности рулевых механизмов и передней подвески в автомобилях с передним приводом являются дефекты в шаровых шарнирах, включая те, что находятся на рулевой тяге и на рычаге подвески с верхним подшипником амортизационной стойки. Такие неисправности напрямую воздействуют на настройки углов колес, что является ключевым фактором в поддержании эффективной работы системы управления автомобилем.

Исследование показало, что с течением времени и увеличением пробега автомобиля от 200 до 30000 километров угол, под которым ось колеса наклоняется вдоль его направления, склоняется к отрицательным значениям, как видно на графике 2. Особенно заметно это становится после 15000 км пробега, когда угол резко уменьшается, оказывая влияние на стабильность транспортного средства. Изображение 2 также демонстрирует разительное отличие в углах наклона колес с обеих сторон, что приводит к заметному отклонению автомобиля от прямолинейного движения в моменты замедления или разгона



Для уменьшения числа происшествий на российских дорогах крайне важно сосредоточить внимание на превентивных мерах, включая разработку комплексной системы диагностики автомобилей. Такая система должна оценивать техническое состояние и системы безопасности транспортных средств, обеспечивая возможность предсказания периода их безопасной эксплуатации. Это позволит вовремя выявлять машины, которые могут представлять опасность на дороге из-за предаварийного состояния, и тем самым способствовать сокращению аварийности [9].



1 – вибродатчик, используемый для контроля состояния рулевого наконечника

Рис. 3 – Вибродатчик DN-3-M1, который был установлен на испытуемом автомобиле:
Fig. 3 – Vibration sensor DN-3-M1, which was installed on the test vehicle

Чтобы гарантировать надежную работу автомобилей, производители и сервисные центры должны акцентировать внимание на своевременной диагностике и обновлении управляющих механизмов. Эти датчики, реагируя на относительное движение, меняют свой электрический сигнал, что позволяет точно оценить степень износа. Создание таких диагностических подходов, объединяющих точность и экономичность, станет важным шагом в поддержании автомобилей в исправном состоянии.

Для упрощения оценки износа в шаровых соединениях шарниров на практике была предложена адаптированная версия стандартных лабораторных тестов, которые теперь можно проводить прямо на территории автосервиса, с учетом специфических условий, в которых находится автомобиль. В рамках испытаний, проведенных в автосервисе, использовался автомобиль марки «Форд Фокус 2». Для тестирования выбирали рулевые наконечники с предварительно измеренными зазорами между шаровой опорой и полимерным вкладышем. Аппаратурой для мониторинга служили два вибродатчика модели DN-3-M1, подключенные кабелями, а также присутствовали преобразователь сигналов и компьютер с про-

граммой для анализа данных вибрации, что позволило точно фиксировать изменения в шарнирах.

Виброизмерительное устройство DN-3-M1, работающее на пьезоэлектрическом принципе, задействуется для того, чтобы превратить физические колебания в электронные импульсы, которые соответствуют степени ускорения объекта, подвергающегося вибрации. Это оборудование нашло свое применение в промышленном секторе для мониторинга вибрационных показателей различных установок, аппаратов, средств передвижения и прочих элементов. Кроме того, его также активно применяют в области обеспечения государственных стандартов метрологии и контроля за соблюдением этих стандартов. Устройство адаптировано к функционированию в широком диапазоне условий.

Этот объект способен функционировать в широком диапазоне температур, начиная с глубокого холода в минус тридцать градусов Цельсия и заканчивая экстремальным жаром в плюс семьдесят. При этом он устойчив к влажности воздуха до девяноста процентов, если не превышена температура в тридцать градусов Цельсия. Даже при значительных колебаниях атмосферного давления от 60 до 106,7 килопаскалей, что соответствует 460-800 миллиметрам ртутного столба, его работоспособность остается непоколебимой. К тому же, он обладает способностью выдерживать ударные воздействия с максимальным ускорением до 10000 метров на секунду в квадрате, при этом продолжительность таких ударных импульсов может варьироваться от 0,1 до 6 миллисекунд.



Рис. 4 – Преобразовательная и обрабатывающая часть диагностической установки
Fig. 4 – Converting and processing part of the diagnostic installation

На автомобильных тестовых образцах установка датчиков происходила аналогично той, что использовалась на экспериментальном стенде для изучения и проверки шаровых соединений в механизме рулевого управления, как показано на рисунке 5.

На рисунке 6 можно увидеть схему функционирования системы внутренней диагностики, которая для выявления проблем применяет метод, основанный на вероятностно-логистическом анализе.



1 – вибродатчик рулевого наконечника; 2 – вибродатчик шаровой опоры; 3 – рулевой наконечник; 4 – тормозная трубка

Рис. 5 – Установка вибродатчиков на испытательный автомобиль
Fig. 5 – Installation of vibration sensors on a test vehicle

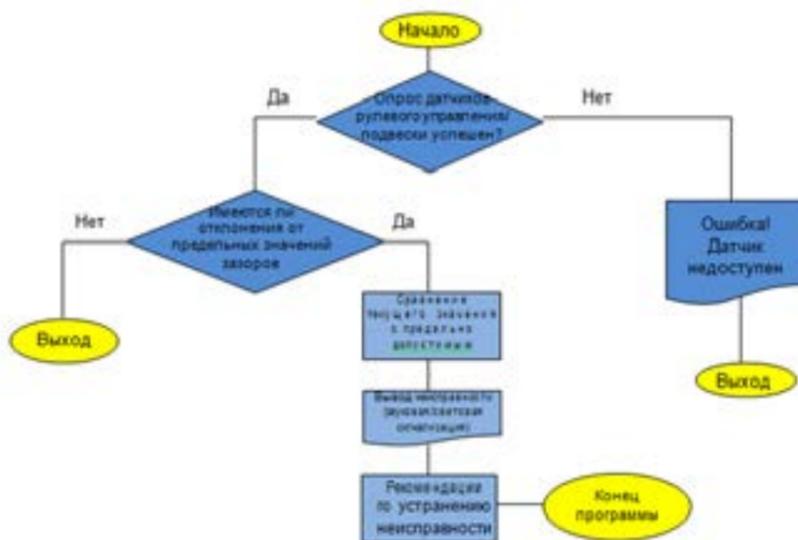


Рис. 6 – Алгоритм работы системы встроенной диагностики шаровых шарниров
Fig. 6 – Algorithm of operation of the built-in diagnostics system for ball joints

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе обслуживания автомобиля крайне важно уделить внимание проверке состояния элементов системы управления, в частности, анализу состояния рулевых наконечников, которые выполняются по уникальной схеме. Начать следует с тщательного осмотра защитных элементов шаровых соединений на наличие любых повреждений, которые могут быть вызваны механическим воздействием. Затем необходимо провести точные замеры любого зазора, который может присутствовать в осевом направлении шарнира. Признаки, указывающие на изношенность этих критических компонентов, могут проявляться различными способами. К ним относятся неприятные звуки стука при движении по неровной поверхности на малых скоростях, заметное увеличение необходимого усилия для поворота руля, характерные скрипы, возникающие в передней части транспортного средства при маневрировании, а также тенденция машины отклоняться от прямолинейного курса во время движения.

Изнашивание автомобильных шин не всегда происходит равномерно. Во время использования машины компоненты и системы постепенно теря-

ют свои первоначальные характеристики, но часто можно оценить их состояние без демонтажа. Для оценки эффективности работы системы рулевого управления и ходовой части требуется обширная информация о признаках неполадок и высокая квалификация водителей, что в современных реалиях нередко недостижимо.

Внедрение инновационной системы диагностики, созданной на основе модели вероятности и логики, может облегчить процесс технического обслуживания и ремонта, снижая расходы и увеличивая надежность в использовании автомобилей.

Информация о техническом состоянии автомобиля транслируется на экран бортового компьютера или персонального компьютера, позволяя водителю или специалисту сервисного центра провести анализ и определить возможные проблемы в системе.

Заключение

Интегрированная система мониторинга состояния автомобиля играет ключевую роль в определении взаимосвязи между пробегом транспортного средства и изменением его функциональных характеристик. Эти характеристики могут как повышаться, так и понижаться, в то время как не-



которые из них остаются стабильными на протяжении времени. Наблюдение за этими изменениями позволяет точно установить периодичность необходимых технических обслуживаний, основываясь на достижениях определенными характеристиками их критических значений. Это, в свою очередь, дает возможность адекватно оценить оставшийся срок службы компонентов автомобиля. Чтобы оптимально распорядиться сроком службы деталей до момента, когда параметры достигнут критического уровня, рекомендуется использовать систему оценки, которая акцентируется на ключевых показателях, свидетельствующих о текущем техническом состоянии транспортного средства.

Для адекватной оценки текущего состояния ресурса необходимо применять систему встроенной диагностики, которая через анализ изменений в нескольких измерениях позволит мониторить критические показатели. Для точности оценки потребуется провести не менее двух диагностических тестов, чтобы объективно отразить состояние функций, достигших предельных значений.

Список источников

1. Кокорев, Г. Д. Современное состояние виброакустической диагностики автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов, И. А. Успенский // Нива Поволжья. – 2010. – № 1(14). – С. 39-43. – EDN LDGJKF.
2. Кокорев, Г. Д. Стратегии технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. Н. Николотов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 3(34). – С. 72-75. – EDN KZOGSB.
3. Диагностирование мобильной сельскохозяйственной техники с использованием прибора фирмы "SAMTEC" / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 78. – С. 239-249. – EDN OXQWSV.
4. Диагностика современного автомобиля / Ю. Н. Храпов, И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1001-1025. – EDN VWPTON.
5. Методика построения матрицы состояний диагностических параметров тормозной системы автомобиля / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николо-

тов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 99. – С. 628-649. – EDN SGT0IT.

6. Оценка топливopотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р. В. Пуков, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-17. – EDN ZTMEQN.

7. Инновационное устройство для контроля изнашивания тормозных накладок автомобилей сельскохозяйственного назначения / Е. А. Родионова, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 7(265). – С. 30-34. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-7-30-34. – EDN KSHEMY.

8. Симдянкин, А. А. Оценка влияния параметров ультразвука на смазочные свойства моторных масел и износ узлов трения двигателей при ультразвуковой обработке масел / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, М. Н. Слюсарев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – № 1(49). – С. 155-161. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.023. – EDN TSIPLN.

9. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния юбки поршня двигателя внутреннего сгорания / С. В. Смирнов, В. В. Копылов, А. Р. Макаров [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4(56). – С. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNLL.

10. Силовые и кинематические зависимости рулевого усилителя / Г. Д. Кокорев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, И. А. Афиногенов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2(54). – С. 297-303. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-02-35. – EDN MMQXWL.

11. Бышов, Н. В. Адаптация ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА К СТЕНКЕ ДЕФОРМИРОВАННОЙ ГИЛЬЗЫ / Н. В. Бышов, А. А. Симдянкин, И. А. Успенский // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 36-42. – EDN UXKSMV.

12. Успенский, И. А. Диагностирование автомобильного транспорта по вибрации / И. А. Успенский, Г. Д. Кокорев, И. Н. Николотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2009. – № 4. – С. 23-26. – EDN RONZJB.

Вклад авторов:

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

References

1. Kokorev, G. D. Current state of vibroacoustic diagnostics of automobile transport / G. D. Kokorev, I. N. Nikolotov, I. A. Uspensky // Niva Povolzhya. – 2010. – No. 1(14). – pp. 39-43. – EDN LDGJKF.
2. Kokorev, G. D. Strategies for maintenance and repair of automobile transport / G. D. Kokorev, I. A. Uspensky, I. N. Nikolotov // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agricultural Engineering University named after V". P. Goryachkina". – 2009. – No. 3(34). – P. 72-75. – EDN KZOGSB.



3. *Diagnosis of mobile agricultural machinery using a device from SAMTEC* / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspensky [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2012. – No. 78. – P. 239-249. – EDN OXQWSV.

4. *Diagnostics of a modern car* / Yu. N. Khrapov, I. A. Uspensky, G. D. Kokorev [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2016. – No. 118. – P. 1001-1025. – EDN VWPTON.

5. *Methodology for constructing a matrix of states of diagnostic parameters of the brake system of a car* / I. A. Uspensky, G. D. Kokorev, I. N. Nikolotov [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2014. – No. 99. – P. 628-649. – EDN SGOIT.

6. *Estimation of fuel consumption of engines during ultrasonic processing of fuel* / R. V. Pukov, A. A. Simdyankin, I. A. Uspensky [et al.] // Equipment and equipment for rural areas. – 2017. – No. 11. – P. 12-17. – EDN ZTMEQN.

7. *Innovative device for monitoring the wear of brake linings of agricultural vehicles* / E. A. Rodionova, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, V. A. Volchenkova // Equipment and equipment for rural areas. – 2019. – No. 7(265). – pp. 30-34. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-7-30-34. – EDN KSHEMY.

8. *Simdyankin, A. A. Assessment of the influence of ultrasound parameters on the lubricating properties of motor oils and wear of engine friction units during ultrasonic treatment of oils* / A. A. Simdyankin, I. A. Uspensky, M. N. Slyusarev // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. – 2021. – No. 1(49). – pp. 155-161. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.023. – EDN TSIPLH.

9. *Experimental study of the stress-strain state of the piston skirt of an internal combustion engine* / S. V. Smirnov, V. V. Kopylov, A. R. Makarov [et al.] // News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2019. – No. 4(56). – P. 301-311. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-35. – EDN VNTNL.

10. *Power and kinematic dependencies of the power steering* / G. D. Kokorev, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, I. A. Afinogenov // News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. – 2019. – No. 2(54). – pp. 297-303. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-02-35. – EDN MMQXWL.

11. *Byshov, N.V. Adaptation of the PISTON RING TO THE WALL OF A DEFORMED CASE* / N.V. Byshov, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostycheva. – 2015. – No. 2(26). – P. 36-42. – EDN UXKSMV.

12. *Uspensky, I. A. Diagnosis of automobile transport by vibration* / I. A. Uspensky, G. D. Kokorev, I. N. Nikolotov // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. – 2009. – No. 4. – P. 23-26. – EDN RONZJB.

Информация об авторах

Карташов Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», ak_29@mail.ru

Лимаренко Николай Владимирович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ivan.uspenskiy@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», yuival@rambler.ru

Филюшин Олег Владимирович, канд. техн. наук, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», olegfil93@mail.ru

Author Information

Kartashov Alexander A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Motor Transport, Penza State University of Architecture and Construction, ak_29@mail.ru

Limarenko Nikolay V., Doctor Technical Sciences, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor Technical Sciences, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspenskiy@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, yuival@rambler.ru

Filyushin Oleg V., Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, olegfil93@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.05.2024; одобрена после рецензирования 16.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 23.05.2024; approved after reviewing 16.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 141-150
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №3, pp. 141-150

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 621.77.04
DOI: 10.36508/RSATU.2024.22.86.018

НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НЕЙРОННЫЕ СВЯЗИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Татьяна Анатольевна Левина¹, Александр Владимирович Шемякин², Яков Михайлович Клочков³, Анна Петровна Адылина⁴, Дарья Андреевна Кудряшова⁵

^{1,3,4,5} ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Россия

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

¹ gta03@mail.ru

² university@rgatu.ru

³ Gluhihyak@gmail.com

⁴ Dmitr1eva@mail.ru

⁵ dsssha2017@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье представлены результаты исследования воздействия электрически активных дефектов элементов микросхем на производственную деятельность электронных связей для нейросетей искусственного интеллекта, воздействующих на качество управления производством на примере сельскохозяйственного машиностроения.

Методология. Исследование свойств и поведения дефектов полупроводниковых структур в процессе изготовления интегральных микросхем позволяет обеспечивать более низкое содержание электрически активных дефектов, чем при естественном воздействии внешних условий в процессе эксплуатации электронных систем. Это необходимо при формировании нейронных связей искусственного интеллекта для получения заданных свойств конструкции, а также для изготовления материалов в машиностроительной отрасли. Наша методология позволила оценить активный слой полупроводниковых структур по глубоким энергетическим центрам в этом технологическом процессе производства интегральных микросхем, из которых формируются нейронные связи, способные повысить стабильность и надёжность электронных систем управления в промышленном производстве.

Материалы. Использованы: статистический ежегодник типичного технологического процесса производства интегральных микросхем; сводный отчет о реализации плана анализа других независимых исследований активных структур, применяемых в различных научных лабораториях мира; открытая база данных для достоверности пояснения природы дефектов глубоких энергетических центров; отходы и брак в работе полупроводниковых структур, используемых в промышленных масштабах производства интегральных схем и применяемых в сельскохозяйственной технике; национальный технический регламент по качеству приповерхностных свойств материалов для интегральных микросхем; сравнительная характеристика Российской и международной практик учёта материально-производственных запасов и оценки качества структур; национальная база данных ресурсов интернета; открытая база данных автоматизированных систем управления.

Методы исследования. Методика адаптивного управления системой менеджмента качества в производстве интегральных схем. Методика обучения искусственного интеллекта. Методика приоритетов и риска, позволяющая определить качество электронных систем для управления проектами в рыночных условиях региона. Методология причинно-следственных связей текущего состояния путей надёжности и стабильности полупроводниковых материалов и структур при производстве интегральных схем (ИС). Статистические методы обработки результатов исследования объектов окружающей технологической среды. Средства и методы планирования и управления качеством высокотехнологичных производств. Применение минимального объёма выборки, необходимого для оценки статистики на основе допустимой погрешности, т.е. определение доли тех или иных значений деятельности исследователя. Обучение искусственного интеллекта на основе науки для анализа и прогноза деятельности сельскохозяйственного машиностроения. Методы использования уравнений Шрёдингера. Методы оценки и анализ факторов внутренней и внешней среды, влияющих на систему менеджмента качества интегрированной корпоративной структуры произ-



водства ИС. Риски реализации инновационной стратегии предприятия, использующие ИИ. Особенности разработки и внедрения системы менеджмента качества в микроэлектронике. Монографические исследования терминов «эффективность» и «результативность» системы менеджмента качества. Подход к моделированию процессов функционирования метрологических лабораторий в различных режимах. Проектирование адаптивной системы качества получения нейронных связей для использования искусственного интеллекта.

Результаты. В анализе путём обучения (обобщения) на основе науки и использования уравнения Шрёдингера для исследований технологической среды в процессе производства ИС определено количество и качество дефектов, образующихся в результате производственной деятельности, влияющих на качество и выход годных ИС. На этой базе определено энергетическое и пространственное положение глубоких центров, влияющее на качество работы полупроводниковых структур и общую оценку работоспособности электронных связей в нейросети. Результаты оценки качества поверхностных свойств полупроводниковых структур показали, что концентрации глубоких энергетических центров в производстве ИС превышают нормы по требованиям стандартов в зависимости от условий эксплуатации ИС.

Заключение. В исследовании предложен ряд решений для управления качественной деятельностью искусственного интеллекта по развитию технологического процесса производства ИС, в том числе при использовании высокотехнологичного производства в сельском и лесном хозяйстве и предложено решение проблем, возникающих при недостоверных нейронных связях, с целью улучшения качества промышленного производства.

Ключевые слова: нейронные связи, качество поверхностных полупроводниковых структур, качество материалов, технологии производства интегральных схем, дефекты, глубокие центры

Для цитирования: Левина Т.А., Шемякин А.В., Клочков Я.М., Адылина А.П., Кудряшова Д.А. Надёжность электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3. С. 141-150 [https://doi.org/ 10.36508/RSATU.2024.22.86.018](https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.86.018)

Original article

RELIABILITY OF ELECTRONIC SYSTEMS PROVIDING NEURAL CONNECTIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURAL ENGINEERING

Tatyana A. Levina¹, Alexander V. Shemyakin², Yakov M. Klochkov³, Anna P. Adylina⁴, Daria A. Kudryashova⁵

^{1,3,4,5} Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

² Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev

¹ gta03@mail.ru

² university@rgatu.ru

³ Gluhihyak@gmail.com

⁴ Dmitr1eva@mail.ru

⁵ ddssha2017@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. This article presents the results of a study of the impact of electrically active defects in microchip elements on the production activity of electronic communications for artificial intelligence neural networks on the quality of production and management using the example of agricultural engineering. **Methodology.** The study of the properties of the behavior of defects in semiconductor structures in the process of manufacturing integrated circuits makes it possible to determine a lower content of electrically active defects than the natural effects of external conditions during the operation of electronic systems for the formation of neural connections of artificial intelligence to obtain the specified properties of structures and processing materials for the engineering industry. Our methodology allowed us to evaluate the active layer of semiconductor structures by deep energy centers in this technological process of manufacturing integrated circuits, from which neural connections are formed that increase the stability and reliability of electronic systems.

Materials. Statistical yearbook of a typical technological process for the production of integrated circuits. Summary report on the implementation of the plan for the analysis of other independent studies of active structures used in various laboratories around the world. A report explaining the current state of nature of deep energy centers. Waste and defective semiconductor materials using industrial-scale integrated circuit production used in agricultural machinery and forestry. National technical regulations on the quality of surface properties of structures for integrated circuits. Comparative characteristics of the Russian and international



practice of inventory accounting and quality assessment of structures. National database of Internet resources. An open database of the Russian Federation.

Methods. The methodology of adaptive management of the quality management system in market conditions. The methodology of artificial intelligence training based on science for research of the technological environment in the area of integrated circuit production, which allows to determine the methodology of priorities and risks for project management in the market conditions of the region, explaining the current state of the ways of reliability and stability of semiconductor materials and structures in the production of integrated circuits (IC). Statistical methods of processing the results of the study of objects of the surrounding technological environment. Analysis of Russian national standards. The application of the minimum sample size required to evaluate statistics based on the margin of error, i.e. determining the proportion of certain values of the researcher's activity. Training of artificial intelligence methods based on science for the analysis and forecasting of agricultural machinery. Methods of using Schrodinger equations. Methods of assessment and analysis of internal and external environmental factors affecting the quality management system of the integrated corporate structure of IP production. The risks of implementing an innovative strategy of an enterprise using AI. Features of the development and implementation of a quality management system in microelectronics. Monographic studies of the terms "efficiency" and "effectiveness" of the quality management system. An approach to modeling the processes of functioning of metrological laboratories in various modes. Designing an adaptive quality system for obtaining neural connections for the use of artificial intelligence.

Results. In the analysis, through training (generalization) based on science and the use of formulas of the Schrodinger equation for research of the technological environment in the process of IC production, the number and quality of defects resulting from production activities affecting the quality and yield of usable ICS are determined. In this area, the energy and spatial position of deep centers has been determined, affecting the quality of operation of semiconductor structures / to the general assessment of the operability of electronic connections in a neural network. The results of the assessment of the quality of the surface properties of semiconductor structures have shown that the concentrations of deep energy centers in the production of IC exceed the norms according to the requirements of standards, depending on the technology of obtaining IC.

Conclusion. The study proposes a number of solutions for managing the development of the technological process of IP production for agriculture and forestry and solving emerging environmental problems in order to improve the quality of the environment in the region.

Key words: neural connections, quality of surface semiconductor structures, quality of materials, integrated circuit technologies, defects, deep centers

For citation: Levina T.A., Shemyakin A.V., Klochkov Ya.M., Adylina A.P., Kudryashova D.A. Reliability of electronic systems providing neural connections of artificial intelligence in agricultural engineering. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, № 3, P. 141-150 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.86.018>

Введение

Электронные системы (ЭС) искусственного интеллекта [1,2], как правило, состоят из кремниевых интегральных микросхем (ИМС) различных структур. То есть, нейронные связи обеспечиваются стабильностью и надёжностью элементов, таких как диоды Шоттки и P-N –переходы, транзисторы полевые и биполярные [3-6]. Эти элементы состоят из различных слоёв металлов, полупроводников и диэлектриков в их различных комбинациях. Через эти элементы передаются команды в виде протекающих различных токов, образуя тем самым различные связи между элементами. При этом часть активных элементов работает в качестве накопителей информации и создает блуждающие связи, что приводит к их взаимодействию, то есть к способности обучения, превращаясь в группу знаний как накопленного опыта, происходит взаимодействие с другими группами знаний, результатом которого появляются новые знания, умения и навыки электронной системы. То есть в это время происходит обучение накопленного опыта [7-9], образуя так называемые нейронные связи.

Таким образом, навыки начинают самообучаться, приводя к так называемому интеллекту электронной системы [10-12]. При накоплении интеллекта знаний, умений и навыков появляются новые связи [13,14], создающие так называемый

искусственный интеллект (ИИ), способный создавать абсолютно новые порядки знаний, доселе неизвестные человечеству [15]. При этом ИИ может выдавать истину знания [16].

Очевидно, ИИ способен вводить в заблуждение, спасая своё мнение (подход), зависящее не только от логики, так называемого здравого смысла, который может приводить к неразумности и ложному ответу истины (ныне ещё процветающий в нашей жизни метафизический подход), но и от вероятностных процессов электронной системы, происходящих в четырёхмерном пространстве, таких, как квантово-механических представления, абсолютно не совпадающие с человеческой логикой, например, на основе уравнений Шрёдингера. Расчёты на их основе в зависимости от граничных условий приводят к генерации новых взаимодействий знаний, а в практике – навыков получения новых материалов и их свойств [17].

При этом ошибки в нейронных связях могут быть в получении неполной информации [3], которая передаётся путём пока, как правило, количеством и скоростью движения электрических зарядов в этих диэлектрических, полупроводниковых и металлических структурах [4]. из-за естественных электронных дефектов технологических процессов получения металлических, полупроводниковых и диэлектрических структур при производстве

[5]. В процессе их эксплуатации часть электрических зарядов может оседать на этих дефектах, не доходя до конечного потребителя информации [1]. Поэтому актуально знать и управлять дефектами, особенно в настоящее время, электрически активных кремниевых структур, из которых состоят электронные системы (электронные чипы, интегральные схемы) [6]. Наш анализ [14,15] в сельскохозяйственном машиностроении при изучении поверхности позволил оценить и восстановить свойства материала поверхности, что позволило дать предложения актуальной реабилитации материала для тракторной промышленности [15]. На основе проведенных исследований предложена модель достоверного управления метрологическими свойствами контроля в машиностроении [16].

Таким образом, в настоящей статье в первую очередь рассмотрена связь технологических операций получения кремниевых структур для формирования электронных систем с вносимыми дефектами, особенно электрически активными дефектами, создающими глубокие энергетические центры [4,5,13] влияющие на нейросетевые связи в автоматизированных системах [1].

Исследование надежности элементной базы электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении

Как было отмечено в [2] и в наших работах [10,13], наибольшее количество дефектов, создающих глубокие энергетические центры в запрещенной зоне полупроводника, возникает в ходе операций, связанных с высокотемпературными обработками. Это, в основном, технологические операции диффузии и окисления. Сюда же можно отнести также и операции эпитаксии и отжига. Так, в ходе операций диффузии (и окисления) возникают значительные термомеханические напряжения, приводящие к появлению собственных структурных дефектов (точечных дефектов, дислокаций) [17]. Кроме того, в ходе этих операций могут создаваться дефекты с глубокими уровнями (ГУ), имеющие химическую природу, а также в ряде случаев происходит трансформация этих дефектов. Рассмотрим сначала дефекты, возникающие в ходе таких высокотемпературных технологических операций для формирования нейронных связей в интегральных схемах.

Высокие температуры, при которых происходит диффузия в кремнии, приводят к возникновению пластических деформаций пластин. В работах авторов [3-5,13,17] изучены дефекты ГУ, возникающие в пластически деформированном кремнии. Пластические деформации приводят к образованию различных дислокаций: линейных, дислокаций со ступеньками и перегибами, ядра которых могут быть как декорированы примесями, так и свободны от них. В процессе деформаций в результате движения и взаимодействия дислокаций могут также образовываться точечные дефекты и кластеры. Перечисленные дефекты отжигаются при различных температурах [4].

В пластически деформированном кремнии

n-типа нами обнаружены следующие дефекты ГУ с энергиями активации: $E_c-0,16\text{эВ}$, $E_c-0,19\text{эВ}$, $E_c-0,29\text{эВ}$, а также наблюдались два широких пика, энергии активации которых находились в интервале от $0,37\text{эВ}$ до $0,52\text{эВ}$ и от $0,54\text{эВ}$ до $0,68\text{эВ}$, соответственно. Два первых уровня не были идентифицированы, однако ГУ с $E_c-0,17\text{эВ}$ идентифицируется как окисная вакансия в кремнии (окислительный дефект упаковки) – так называемый в литературе А-центр. Нами изучалась симметрия указанного дефекта с помощью так называемой стрессовой Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS) (stress DLTS technique), смысл которой заключается в приложении механической нагрузки параллельно определенным кристаллографическим направлениям, после чего измеряется спектр глубоких центров по запрещенной зоне полупроводника. При этом определен тип симметрии дефекта, дающего ГУ $E_c-0,17\text{эВ}$ (по данным DLTS) – двойной емкостной спектроскопии “C_{2v}”, что также подтверждает исследования электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Образованию дефектов упаковки способствуют процессы генерации и диффузии в объеме кремния собственных междоузельных атомов (Si) кремния (перенасыщение междоузельными атомами поверхностного слоя определяется скоростью окисления). Процесс уменьшения концентрации междоузельного кислорода у поверхности из-за его диффузии к ней (не зависит от среды окисления) способствует исключению центров зарождения окислительных дефектов упаковки. Таким образом, окисление пластин кремния в условиях, подавляющих генерацию междоузельных дефектов Si (низкие скорости окисления, применение хлорсодержащей среды) и ускоряющих диффузию междоузельного кислорода к поверхности, способствует образованию обедненной преципитатами кислорода и окислительными дефектами упаковки приповерхностной области пластин. Зародыши для образования окислительных дефектов упаковки и преципитатов кислорода уже существуют в исходном кремнии в виде сверлового (спирального) распределения микродефектов.

Механизмы образования дефектов упаковки при термическом окислении кремниевых пластин исследовались в [2-4,10,13,17]. Здесь было обнаружено, что множество дефектов имеет кольцевое (сверловое) распределение по пластине и не зависит от типа мелкой электрически активной примеси (бора или фосфора). Обнаружено, что центрами образования дефектов являются атомы кислорода на этапе роста Si-кристалла.

Подобные структурные дефекты сильно влияют на время жизни носителей заряда [2]. Значительное снижение времени жизни неосновных носителей заряда с ростом концентрации дефектов упаковки наблюдалось также автором диссертационной работы и опубликованной в [13].

Глубокий уровень с энергией активации $E_c-0,29\text{эВ}$ нами связывается с точечными дефектами, лежащими вблизи дислокаций. Широкий пик, лежащий в интервале энергий активации от $0,37\text{эВ}$

до $0,52\text{эВ}$, отмечается во всех образцах, содержащих дислокации и стабилен до температур, превышающих 900°C . Амплитуда этого пика пропорциональна концентрации дислокаций. Из сравнения DLTS-спектров с данными ЭПР авторы [2,4,13,17] заключают, что данный дефект может быть обусловлен аморфными областями вблизи ядра дислокации.

Второй широкий пик, лежащий в диапазоне энергий $0,54\pm 0,68\text{эВ}$ в [13,17] связывается с точечными дефектами. Сопоставление данных DLTS и ЭПР дает основание предполагать, что указанный спектр можно приписать оборванным связям в особых местах ядра дислокации, имеющих определенные свойства точечных дефектов. Вероятно, что возникающие при взаимодействии дислокаций ступеньки, обуславливают возникновение этих оборванных связей.

В [2-4] с помощью емкостной DLTS исследовались образцы на основе кремния n-типа с введенными в них 60° -дислокациями [17]. Спектр содержал два перекрывающихся пика с энергиями равными: $E_c-0,41\text{эВ}$ и $E_c-0,54\text{эВ}$. Первый ГУ обусловлен точечными дефектами, он исчезает при отжиге в интервале температур $60-100^\circ\text{C}$. Эти дефекты исчезают либо путем диффузии вдоль дислокаций, либо в ходе соответствующих реакций при температуре ниже 100°C . Концентрации обоих ГУ возрастает линейно с ростом плотности 60° -дислокаций. Возможно, уровень с энергией $E_c-0,41\text{эВ}$ связан с точечными дефектами, находящимися в поле напряжений дислокаций. Глубокий уровень $E_c-0,41\text{эВ}$ связан с взаимодействующей системой дефектов, находящихся на 60° -дислокациях, возможно, локализованных вблизи её ядра.

Наши работы [10-13] подтверждают выводы статьи [4], касающиеся ГУ $E_c-0,41\text{эВ}$, они также связывают его с дефектами вблизи дислокации. Одновременно нами наблюдался уровень $E_c-0,41\text{эВ}$, который идентифицируется с дивакансией, так называемым Е-центром.

Влияние вышеуказанных дефектов на электрофизические свойства полупроводниковых приборов на основе кремния рассматривалось в [2-7]. Здесь указывается, что дефекты упаковки вызывают темновой ток в приборах с зарядовой связью, увеличивают обратные токи p-n-переходов [13,16], заметно снижают их пробивное напряжение [2], сокращают время жизни носителей заряда в МОП-структурах [4].

Эти эффекты усиливаются при декорировании дефектов упаковки и дислокаций атомами быстро диффундирующих примесей, таких как атомов железа и меди (Fe и Cu). Влияние ГУ с энергиями активации $E_c-0,41\text{эВ}$ и $E_c-0,34\text{эВ}$ доноров, связанных с дивакансиями в эпитаксиальном слое кремния на обратные вольтамперные характеристики (ВАХ) p⁺-n-перехода, показано на рис.1, из которого видно, что существует зависимость между концентрацией электрически активных дефектов и величиной обратного тока p⁺-n-перехода [5]. С увеличением температуры отжига концентрация дефектов падает и, следовательно, токи утечки

p⁺-n-перехода уменьшаются (здесь обозначено p⁺ – дырочный сильнолегированный кремний, n-электронный кремний).

Нами также установлено: эпитаксия слоев кремния на подложку дает дефекты, аналогичные вышерассмотренным, это связано с тем, что в ходе эпитаксиальных процессов формирования пленки используются высокие температуры. Согласно [17] для эпитаксии также характерно наличие пластических деформаций, вносящих разные дислокации и точечные дефекты. Кроме того, в таких структурах еще сильнее, чем при диффузии и окислении кремния, выражены дефекты, имеющие химическую природу [2,14,15,17]. В [3,4,10,11,16,13] изучали дефекты с ГУ в слое кремния, выращенном эпитаксией в среде SiCl₄-H₂. Зафиксированный здесь уровень $E_c-0,41\text{эВ}$ идентифицируется с дивакансией, так называемым в литературе известным как Е-центром.

Как показано в [3-6,8], дефекты с ГУ могут образовываться в полупроводниковых структурах в результате жидкостного химического травления [3-4,8]. В [4] исследовались дефекты в n-Si/Au диодах Шоттки, изготовленных термическим напылением контакта. С помощью DLTS обнаружены донорные дефекты с энергиями: $E_c-0,16\text{эВ}$, $E_c-0,14\text{эВ}$ и $E_c-0,12\text{эВ}$ – установлено, что их концентрация экспоненциально убывает по глубине подложки. В [3-8] показано, что эти дефекты возникают при травлении перед нанесением контакта, их концентрация возрастает при увеличении толщины травленного слоя и убывает с повышением скорости травления. Установлено, что дефекты возникают у поверхности подложки и проникают вглубь при травлении.

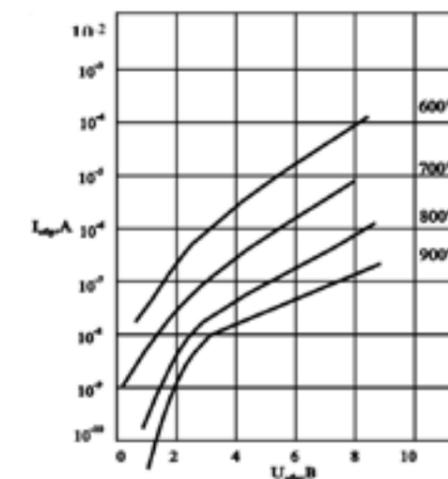


Рис.1 – Обратные вольтамперные характеристики p⁺-n-диодов

Fig.1 – Reverse voltage characteristics of p⁺-n diodes

В работах [2-4] рассматривались дефекты, возникающие в диодах Шоттки на основе кремния, при реактивном ионно-плазменном травлении (РИПТ) в среде хлорона [6,7,8,9]. Здесь [2-4,10,13] с помощью DLTS наблюдали два донорных глубо-



ких центра (ГЦ) с энергиями: $E_c-0,20\text{эВ}$ и $E_c-0,52\text{эВ}$. С увеличением плотности ВЧ-мощности отмечалась тенденция к возрастанию концентрации обоих ГЦ. Рост концентрации ГЦ приводит к снижению высоты барьера диодов Шоттки. При этом наибольший вклад в изменение высоты барьера вносят структурные дефекты ($E_c-0,20\text{эВ}$) кремния, а не примеси. Уровень $E_c-0,52\text{эВ}$ связывается в [2-4] с осаждением распыляемого с катода реактора титана на поверхность кремниевых пластин, а ГУ $E_c-0,20\text{эВ}$ – с образованием точечных дефектов.

Таким образом, по операции травления на основе данных наших исследований из [2-9,12-17] можно сделать следующий вывод. В ходе операции жидкостного травления вносятся дефекты с ГУ, имеющие химический характер. В случае ионно-плазменного травления образуются два типа дефектов: собственные структурные дефекты (типа точечных дефектов), возникающих за счет взаимодействия высокоэнергетических ионов с поверхностью кремниевой пластины; дефекты, имеющие химическую природу (осаждение распыляемого материала с катода реактора).

Далее мы изучали из литературных источников и рассмотрели дефекты, вносимые в ходе процессов ионной имплантации и радиационных воздействий на кристаллический кремний. Известно, что собственные дефекты кристаллической решетки кремния (окислительные дефекты упаковки, дислокации и точечные) могут образовывать довольно устойчивые комплексы с атомами примеси. Так, например, в [2-4] наблюдались два ГУ: $E_v+0,35\text{эВ}$ и $E_v+0,20\text{эВ}$, которые вводятся γ -облучением кремния. Их связывают с комплексом дивакансии с ато-

мом кислорода или углерода [17].

Нами отмечен еще один ГУ: $E_v+0,28\text{эВ}$, наблюдаемый в Si p-типа, введенный имплантацией ионов водорода. Данный дефект связывается с центром внедрения – междоузлием [2-4,8].

Имплантация ионов водорода в Si n-типа изучалась в [4,10,12,13]. Здесь отмечены следующие донорные уровни энергий: $E_c-0,18\text{эВ}$, $E_c-0,23\text{эВ}$, $E_c-0,37\text{эВ}$, $E_c-0,53\text{эВ}$. Концентрации указанных ГУ заметно падают в зависимости от температуры отжига и полностью исчезают при температурах в диапазоне 220-300° С. По форме профилей распределения концентрации вышеназванных ГУ (рис.2), авторы сделали заключение, что эти дефекты внесены в Si имплантацией [8,17]. К тому же слабая зависимость профилей от температуры показывает диффузионный характер трансформации дефектов [8,14]. Донорный Центр с энергией $E_c-0,37\text{эВ}$ может быть связан, по данным [4,15], с дислокациями. Он также может быть обусловлен комплексом магния (Mg) с собственным дефектом структуры [4,13,17] кремния. Уровень $E_c-0,18\text{эВ}$ близок к ГУ, который дает окислительный дефект упаковки [17].

Бомбардировка кремния α - частицами дает аналогичную картину при имплантации [4,8]. Профиль распределения концентрации дефекта, созданного таким облучением, характерен для имплантационных профилей. Центр $E_c-0,43\text{эВ}$, наблюдающийся в данном образце Si n-типа на основании данных [3,14,17,] можно связать с дивакансией в эпитаксиальном кремнии. Согласно [17] такие центры характерны для радиационных воздействий на кремний n-типа.

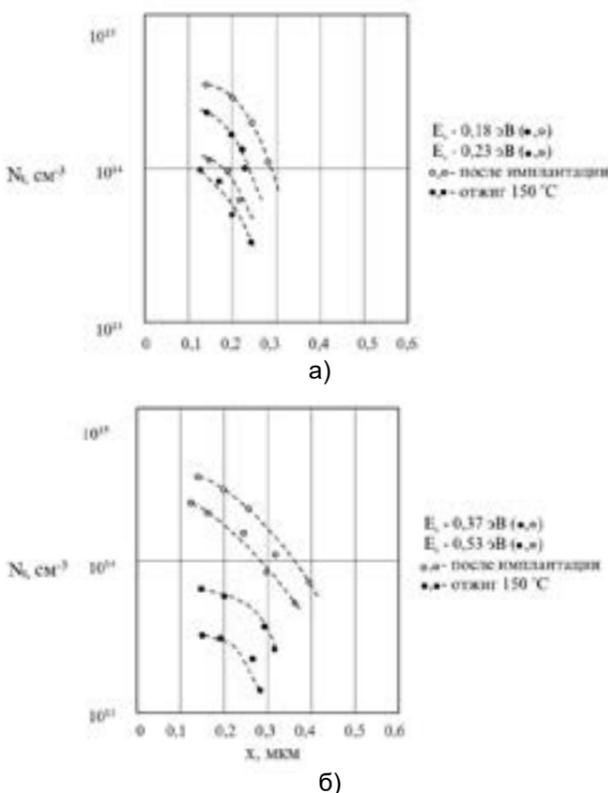


Рис. 2 – Профили распределения концентрации ГЦ: $E_c-0,18\text{эВ}$, $E_c-0,23\text{эВ}$, $E_c-0,37\text{эВ}$, $E_c-0,53\text{эВ}$, введенных имплантацией ионов водорода в Si
Fig. 2 – HZ concentration distribution profiles: $E_c-0.18\text{ eV}$, $E_c-0.23\text{ eV}$, $E_c-0.37\text{ eV}$, $E_c-0.53\text{ eV}$ introduced by implantation of hydrogen ions into Si

Радиационные дефекты, вносимые облучением α -частицами кремниевых диодов Шоттки n- и p-типа, также рассматривались нами. При этом в дырочном p- кремнии обнаружены ГУ акцепторные центры с энергией активации относительно валентной зоны $E_v+0,20\text{эВ}$, $E_v+0,24\text{эВ}$, $E_v+0,32\text{эВ}$, $E_v+0,42\text{эВ}$. По данным [3,9,13,17] первый и третий центры могут быть связаны с наличием комплекса “дивакансия – атом кислорода или углерода”, эти центры наблюдались в [4,17] в таком же Si, облученном γ -квантами. В диодах Шоттки на основе n-Si после облучения α - частицами нами обнаружены следующие теперь уже донорные ГУ: $E_c-0,18\text{эВ}$, $E_c-0,23\text{эВ}$, $E_c-0,30\text{эВ}$, $E_c-0,37\text{эВ}$. В [4] отмечается, что первый, второй и четвертый ГУ обусловлены дефектами имплантации. Уровень $E_c-0,18\text{эВ}$ в [2,7] связывается с окислительным дефектом упаковки. По данным [6,8] ГУ $E_c-0,37\text{эВ}$ может быть обусловлен комплексом магния с собственным дефектом структуры, по данным [4,2] этот уровень связывается с дислокациями. В [4,5,13] анализируются также величины обратных токов n⁺-p и p⁺-n-переходов, обусловленных облучением α -частицами. Отмечается, что энергии активации этих токов коррелируют с энергетическими уровнями доминирующих генерационно-рекомбинационных центров, введенных облучением.

Как показано в [4,6], радиационные воздействия могут создать дефекты, соответствующие глубоким ловушкам неосновных носителей. В [4,6,13] наблюдались дефекты в n⁺-p и p⁺-n-переходах при облучении их нейтронами. В n⁺-p-диоде наблюдался уровень $E_c-0,29\text{эВ}$, в p⁺-n-переходе – $E_v+0,43\text{эВ}$. Аналогичные ловушки наблюдались в диодах n⁺-p и p⁺-n при облучении их электронами. Концентрация обоих уровней может быть нормализована отжигом. Как отмечается в [4,6], ловушка $E_v+0,43\text{эВ}$ может быть связана с комплексом “вакансия – атом кислорода” (A-центр). Эта информация из [4,6] дополняет сведения об A-центре из [2,7], где он наблюдался как ловушка $E_c-0,17\text{эВ}$. Эти сведения могут говорить о том, что A-центр является многозарядным дефектом. По данным [2-6,10] уровень $E_c-0,29\text{эВ}$ может быть связан с точечными дефектами вблизи дислокации.

Следовательно, анализируя данные [3,9,14], можно заключить, что основными дефектами, вносимыми ионной имплантацией и радиационными воздействиями, являются собственные дефекты кристаллической решетки Si, а также комплексы, которые они образуют с атомами примеси.

В случае действия на структуру нескольких дефектообразующих факторов при сложных технологических процессах возникают комплексные дефекты. Детальный анализ и идентификация природы таких дефектов достаточно затруднительны. Так например, в [4,7] описывается новый тип дефектов, наблюдающихся в p⁺-p⁺-переходах тиристорных структур. Дефекты возникают при высоких уровнях концентрации мелкой легирующей примеси фосфора P и галлия Ga в кремнии с кристаллографической ориентацией, опреде-

ленной с помощью индексов Миллера (111). Эти дефекты связываются с генерационно-рекомбинационными глубокими центрами. Подобные дефекты сильно влияют на электрофизические свойства тиристорных структур, которое выражается в нестабильности генерационного тока [4,7]. Рекомбинация через глубокие центры в середине запрещенной зоны снижает максимальный ток тиристорных структур. Этот факт начинает проявляться при плотностях тока около 80 A/cm² и при плотностях более 100 A/cm² уже достаточно существенен [2,5].

В ряде случаев для увеличения быстродействия полупроводниковых приборов на основе Si в их активные слои с помощью диффузии вводят примеси, образующие ГУ [4,8]. Одной из наиболее хорошо изученных примесей в кремнии, образующих ГУ, является золото.

В [4,9] изучались диоды Шоттки на основе Si n-типа с примесью золота в базе при помощи DLTS. Независимо от способов введения атомов Au в Si образуются два ГУ: $E_c-0,54\text{эВ}$ и $E_v+0,35\text{эВ}$. Одно из первых сообщений о наблюдении этих двух ГУ, связанных с примесью золота, было сделано еще в [7,5]. Работы [4,1,5,3] также подтверждают, что два указанных ГЦ соответствуют примесям золота в кремнии.

При увеличении концентрации золота в кремнии начинают проявляться следующие нежелательные явления: часть диода становится высокоомной, что приводит к появлению отрицательных участков на вольтамперных характеристиках, а также возрастает время восстановления диода [48]. Последнее в [4,8] связывается с переходом атомов золота из узлов в междоузлия, при котором они перестают играть роль рекомбинационных центров. Еще одно anomalous явление, связанное с наличием акцепторного ГУ золота в n⁺-p-переходе, описано в [4,8]. Здесь с помощью DLTS исследовалась зависимость между длительностью заполняющего импульса для ловушек основных носителей и интенсивностью сигнала от акцепторного ГУ $E_v+0,35\text{эВ}$. Амплитуда пика DLTS указанного центра монотонно падает с увеличением длительности импульса, если эта длительность превышает 1мкс.

Как отмечается в [4,8,14,5], золото (Au) в кремнии является очень эффективной примесью с точки зрения рекомбинации. В [2,6] также говорится о том, что такими же высокими рекомбинационными свойствами обладают ГУ платины в кремнии. В [4,8] при помощи емкостной DLTS исследовались уровни Pt в Si-n типа. Найдены три ГУ, связанные с Pt: $E_c-0,23\text{эВ}$, $E_v+0,32\text{эВ}$ и $E_c-0,55\text{эВ}$. Сечения захвата определялись по изменениям амплитуд пиков. Для первых двух энергетических уровней соотношения между сечениями (σ) захвата носителей соответственно для электронов σ_n и дырок σ_p имеют вид: $\sigma_n < \sigma_p$ и $\sigma_p > \sigma_n$; для последнего уровня впервые в [2,4,8] наблюдалось соотношение $\sigma_p > \sigma_n$.

Высокотемпературный отжиг образцов n-Si<Au> приводит к появлению двух новых ГУ



[4,9]: $E_c-0,37$ эВ и $E_c-0,43$ эВ. Эффективность образования первого уровня зависит от температуры обработки и степени очистки поверхности перед обработкой. Появление уровня $E_c-0,37$ эВ происходит синхронно с отжигом ГУ $E_c-0,54$ эВ. Уровень $E_c-0,37$ эВ отличается термической нестабильностью, его отжиг сопровождается повышением концентрации ГУ $E_c-0,54$ эВ и $E_v+0,35$ эВ. В работе [4,2] ГУ $E_c-0,38$ эВ связывается с дислокациями. В статье [4,9] отмечается, что параметры ГУ $E_c-0,37$ эВ и изменение его концентрации по мере отжига подобны поведению комплекса золото-железо (Au-Fe). Дополнительным аргументом в пользу этого может явиться и тот факт, что эффективность образования данного ГУ зависит от температуры отжига и степени очистки поверхности образцов перед термообработкой. Возможно, что источником Fe является недостаточно очищенная перед отжигом поверхность образца. Возможно также, что атомы железа попали в кремний в процессе выращивания и при последующем медленном охлаждении перешли в неактивное состояние, а высокотемпературная обработка при температуре 1200°C активировала эти атомы, чем и может объясняться образование $E_c-0,37$ эВ.

Согласно [4,9], операция отжига может приводить не только к снижению концентрации (или удалению) дефектов с ГУ, но и создавать новые, а также трансформировать имеющиеся дефекты [2,3].

Авторы [4,3] изучали процесс отжига структур на основе кремния с примесью магния, введенного диффузией. На предварительно очищенную поверхность Si методом распыления в вакууме наносилась пленка магния. Диффузия проводилась в кварцевых ампулах при температуре $900-1200^\circ\text{C}$ в течение 15-90 минут. В образцах наблюдались четыре ГУ: $E_c-0,18$ эВ, $E_c-0,25$ эВ, $E_c-0,38$ эВ, $E_c-0,40$ эВ. Прогрев кристаллов, содержащих магний (Mg), при 1000°C в течение 3 часов приводил к возрастанию концентрации ГЦ $E_c-0,38$ эВ, концентрации остальных ГЦ становятся ниже предела чувствительности. Центры $E_c-0,18$ эВ, $E_c-0,25$ эВ и $E_c-0,40$ эВ термически нестабильны. Так, после двух месяцев хранения при комнатной температуре концентрация ГУ $E_c-0,18$ эВ уменьшилась в 2 раза, в то время как концентрация двух других уровней возросла. При более длительной выдержке концентрация ГУ $E_c-0,25$ эВ и $E_c-0,40$ эВ тоже начала падать. Первоначальный рост концентрации указанных центров связывается с перекачкой атомов Mg в состояния с уровнями $E_c-0,25$ эВ и $E_c-0,40$ эВ из распадающегося состояния с ГУ $E_c-0,18$ эВ. Уровень $E_c-0,38$ эВ является относительно стабильным, он представляет собой комплекс атома Mg с каким-либо другим дефектом.

Таким образом, по операции отжига можно сделать следующее заключение: дефекты с энергиями активации $E_c-0,18$ эВ, $E_c-0,25$ эВ и $E_c-0,40$ эВ термически нестабильны. При этом ошибки в нейронных связях за счёт этих дефектов с ГУ могут быть достигать 73 %, особенно в диодах Шоттки, широко применяемого в высокотехнологичных

предприятиях АПК. Надёжность электронных систем на примере эксплуатации датчиков Холла, обеспечивающего нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении, также определяются дефектами с ГУ. Выдержка этой ЭС управления тракторного агрегата при температуре отжига порядка 200°C в течение 15-90 минут стабилизирует параметры ЭС в норму до 96 % за счёт реабилитации кремниевых структур.

Заключение

Надёжность элементной базы электронных систем, обеспечивающих нейронные связи искусственного интеллекта в сельскохозяйственном машиностроении, определяется влиянием дефектов с ГУ на электрофизические свойства полупроводниковых приборов и ИС, снижая быстродействие 4,3 раза.

Донорные уровни с энергий: $E_c-0,18$ эВ, $E_c-0,23$ эВ, $E_c-0,37$ эВ, $E_c-0,53$ эВ, обусловленные облучением α -частицами, увеличивают в 1,5 раза величины обратных токов p-n и p-n-переходов.

Использование устройства обработки ЭС ИИ имплантацией ионов водорода отмечено еще одним ГУ с энергией активации: $E_v+0,28$ эВ, наблюдаемым в Si p-типа.

Определено, влияние акцепторных дефектов с энергиями активации $E_v+0,35$ эВ и $E_v+0,20$ эВ, которые появляются в результате воздействия γ -облучением на работу ЭС ИИ, путём роста в 2,3 раза темнового тока в приборах с зарядовой связью, который увеличивает обратные токи p-n-переходов, заметно снижают их пробивное напряжение, сокращают время жизни носителей заряда в (МОП)-структурах, используемых в оперативной памяти вычислительных систем ИИ.

Энергии активации этих токов коррелируют с энергетическими уровнями доминирующих генерационно-рекомбинационных центров ГУ, введенных облучением.

Концентрации ГУ заметно падают в зависимости от температуры отжига и полностью исчезают эти дефекты при температурах в диапазоне $220-300^\circ\text{C}$, что приводит в норму работы ЭС ИИ.

Список источников

1. Клочков, А.Я. Нейросетевые методы анализа главных компонент в задачах обработки данных дистанционного зондирования земли. Клочков А.Я., Бычкова Н.А., Акинина Н.В. Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 6-2 (51). С. 69-76.
2. Орешкин П.Т., Клочков А.Я., Зубков М.В., Патрин С.В. Долговременная релаксация неравновесной проводимости в поверхностно-барьерных структурах полупроводников. // ФТП. т.18. №8. – 1984. – С.1503-1505.
3. Клочков, А.Я. Оборудование для тестирования технологии интегральных микросхем по глубоким центрам. // Вестник РГРТА. – Вып. 3. – Рязань. – 1997. – С.63-72.
4. Клочков, А.Я. Тестирование технологии изготовления кремниевых интегральных микросхем по глубоким центрам с применением тесто-



вой ячейки. // Вестник РГРТА. – Вып. 1. – Рязань. – 1996. – С.93-98.

5. Борисова, Д.В. Риски реализации инновационной стратегии предприятия Борисова Д.В., Левина Т.А. Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 4-1. С. 12-18.

6. Грозовский, В.И. Средства и методы планирования и управления качеством высокотехнологичных производств Грозовский Г.И., Вячеславова О.Ф., Ларцева Т.А., Алексашина О.В., Левина Т.А. Москва. 2023. -164с

7. Makolov, V.I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management Makolov V.I., Levina T.A. International Journal of Economic Perspectives. 2017. Т. 11. № 4. С. 642-651

8. Овчинников, В.В. Свариваемость новых алюминий-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием, при сварке плавлением Овчинников В.В., Глухих Я.М., Проценко Е.О. Электрометаллургия. 2024. № 1. С. 3-15.

9. Левина, Т.А. Проектирование адаптивной системы менеджмента качества на машиностроительных предприятиях Левина Т.А., Грозовский Г.И., Макушкин А.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 12. С. 58-61.

10. Клочков, А.Я. Обучение на основе науки Клочков А.Я., Глухих Т.А. В мире научных открытий. 2010. № 1-2 (7). С. 204-206.

11. Ershov, D.S. To simulating the functioning of workplace for the verification of measuring instruments Ershov D.S., Malahov A.V., Levina T.A., Khayrullin R.Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. Т. 2388. № 1. С. 012147.

12. Levine, T.A. Analysis of methods and measuring instruments used for super alloy products (obtained by SLM-method) surface layer quality

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Klochkov, A.Ya. Neirosetevye metody analiza glavnykh komponent v zadachah obrabotki dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli. Klochkov A.Ya., Bychkova N.A., Akinina N.V. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 6-2 (51). S. 69-76.
2. Oreshkin P.T., Klochkov A.Ya., Zubkov M.V., Patrin S.V. Dolgovremennaya relaksatsiya neravnovesnoj provodimosti v poverhnostno-bar'ernykh strukturah poluprovodnikov. // FTP. t.18. №8. – 1984. – S.1503-1505.
3. Klochkov, A.Ya. Oborudovanie dlya testirovaniya tekhnologii integral'nykh mikroskhem po glubokim centram. // Vestnik RGRTA. – Vyp. 3. – Ryazan'. – 1997. – S.63-72.
4. Klochkov, A.Ya. Testirovanie tekhnologii izgotovleniya kremnievykh integral'nykh mikroskhem po glubokim centram s primeneniem testovoy yachejki. // Vestnik RGRTA. – Vyp. 1. – Ryazan'. – 1996. – S.93-98.
5. Borisova, D.V. Riski realizacii innovacionnoj strategii predpriyatiya Borisova D.V., Levina T.A. Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava. 2020. № 4-1. S. 12-18.
6. Grozovskij, V.I. Sredstva i metody planirovaniya i upravleniya kachestvom vysokotekhnologichnykh proizvodstv Grozovskij G.I., Vyacheslavova O.F., Larceva T.A., Aleksashina O.V., Levina T.A. Moskva. 2023. -164s
7. Makolov, V.I. Assessment of key aspects of the organizational context for quality management Makolov V.I., Levina T.A. International Journal of Economic Perspectives. 2017. Т. 11. № 4. S. 642-651
8. Ovchinnikov, V.V. Svarivaemost' novykh alyuminievo-kal'cievykh splavov, legirovannykh cinkom i magniem, pri svarke plavleniem Ovchinnikov V.V., Gluhih Ya.M., Procenko E.O. Elektrometallurgiya. 2024. № 1. S. 3-15.
9. Levina, T.A. Proektirovanie adaptivnoj sistemy menedzhmenta kachestva na mashinostroitel'nykh predpriyatiyah Levina T.A., Grozovskij G.I., Makushkin A.S. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta.



Tekhnicheskie nauki. 2023. № 12. S. 58-61.

10. Klochkov, A. Ya. Obuchenie na osnove nauki Klochkov A. Ya., Gluhih T. A. V mire nauchnyh otkrytij. 2010. № 1-2 (7). S. 204-206.

11. Ershov, D. S. To simulating the functioning of workplace for the verification of measuring instruments Ershov D. S., Malahov A. V., Levina T. A., Khayrullin R. Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. T. 2388. № 1. S. 012147.

12. Levine, T. A. Analysis of methods and measuring instruments used for super alloy products (obtained by SLM-method) surface layer quality evaluation Levina T. A., Safonov E. V., Hung T. M. V sbornike: Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021). ICIE: International Conference on Industrial Engineering. Chelyabinsk, 2022. S. 174-186.

13. Kuz'menko, A. P. Mesto DLTS v testirovanii promyshlennyh tekhnologij, trudnosti i protivorechiya sushchestvuyushchej teorii Kuz'menko A. P., Klochkov A. Ya., Levina T. A., Levin A. M. V sbornike: Fizika i tekhnologiya nanomaterialov i struktur. Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h tomah. 2017. S. 309-313.

14. Bavykin, O. Use of fractal analysis to evaluate the surface quality of agricultural machinery parts Bavykin O., Levina T., Matrosova V., Klochkov A., Enin V. V sbornike: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. S. 00189.

15. Vyazheslavova, O. Analysis of the data collection and processing system for assessing the actual reliability of domestic tractors exemplified by PJSC "Promtractor" Vyacheslavova O., Parfenyeva I., Levina T., Klochkov A. V sbornike: BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. S. 00190.

16. Ershov, D. S. Model of operation of computer measuring system Ershov D. S., Malahov A. V., Levina T. A., Khayrullin R. Z. Journal of Physics: Conference Series. 2022. T. 2388. № 1. S. 012040

17. Rejvi, K. Defekty i primesi v poluprovodnikovom kremnii // M.: Mir. – 1984. – 475s.

Contribution of the authors:

All authors have made equivalent contributions to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Левина Татьяна Анатольевна, канд. экон. наук, зав. кафедрой «Стандартизация. Метрология и сертификация», ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет, gta03@mail.ru

Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», university@rgatu.ru

Клочков Яков Михайлович, студент 4 курса, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Gluhihyak@gmail.com

Адылина Анна Петровна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Стандартизация. Метрология и сертификация», ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Dmitr1eva@mail.ru

Кудряшова Дарья Андреевна, студент 3 курса, ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет, ddssha2017@yandex.ru

Author Information

Levina Tatyana A., Ph.D. in Economics, Head of the Department "Standardization. Metrology and certification", Moscow Polytechnic University, gta03@mail.ru

Shemyakin Alexander V. Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, university@rgatu.ru

Klochkov Yakov M., 4th year student, Moscow Polytechnic University, Gluhihyak@gmail.com

Adylina Anna P., Ph.D., Associate Professor of the Department "Standardization. Metrology and Certification", Moscow Polytechnic University, Dmitr1eva@mail.ru

Kudryashova Daria A., 3rd year student, Moscow Polytechnic University, ddssha2017@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 02.09.2024; одобрена после рецензирования 10.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 02.09.2024; approved after reviewing 10.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 3, с.151-156

Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp. 151-156

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 628.336

DOI: 10.36508/RSATU.2024.63.10.019

ОЦЕНКА МЕТАНОВОГО ПОТЕНЦИАЛА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Ксения Олеговна Оковитая¹, **Олег Арсеньевич Суржко²**

^{1,2} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

¹ mellootello@gmail.com

² mr.surzhkooa@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье изучена проблема использования возобновляемого сырья в соответствии с требованиями наилучших доступных технологий. Целью работы является рассмотрение проблемы оценки метанового потенциала биоразлагаемых отходов предприятий агропромышленного комплекса.

Методология. Параметры установлены на основе теоретического расчета метанового потенциала. Основной задачей работы было теоретическое исследование и анализ параметров, повышающих эффективность использования сельскохозяйственных субстратов, оценка метанового потенциала биоразлагаемых отходов предприятий агропромышленного комплекса.

Результаты. Экспериментальные данные, показывающие метановый потенциал и стандартный выход биогаза из различных растительных субстратов, представлены в таблицах. На основании полученных результатов был построен график зависимости выхода метана от размера частиц сахарной свеклы в субстрате.

Заключение. Теоретические расчеты позволили сделать выводы, что значение метанового потенциала непропорционально зависит от концентрации сухого вещества в субстрате. Выход метана зависит от размера частиц субстрата. Оптимальный размер для сахарной свеклы составляет 2-10мм. По соотношению азот/углерод наиболее целесообразно использовать субстраты в диапазоне 25/1.

Ключевые слова: биогаз, метановый потенциал, растительный субстрат, выход биогаза

Для цитирования: Оковитая К.О., Суржко О.А. Оценка метанового потенциала биоразлагаемых отходов предприятий агропромышленного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 3. С 151-156 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.63.10.019>

Original article

ASSESSMENT OF METHANE POTENTIAL OF BIODEGRADABLE WASTE FROM AGRICULTURAL INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES

Ksenia O. Okovitaya¹, **Oleg A. Surzhko²**

^{1,2} South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia

¹ mellootello@gmail.com

² mr.surzhkooa@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article examines the problem of using renewable raw materials in accordance with the requirements of the best available technologies. The purpose of the work is to consider the problem of assessing the methane potential of biodegradable waste from agricultural enterprises.

Methodology. The parameters are set based on theoretical calculations of methane potential. The main objective of the work was: theoretical research and analysis of parameters that increase the efficiency of use of agricultural substrates, assessment of the methane potential of biodegradable waste from agro-industrial complex enterprises.



Results. Experimental data showing the methane potential and standard biogas yield from various plant substrates are presented in the tables. Based on the results obtained, a graph was constructed of the dependence of methane yield on the particle size of sugar beets in the substrate.

Conclusion. Theoretical calculations allowed us to conclude that for the six substrates studied, the methane potential is approximately 3-3.5 times greater than the dry matter. The methane yield depends on the particle size of the substrate. The most optimal size for sugar beets is 2-10mm. Based on the nitrogen to carbon ratio, it is most advisable to use substrates in the 25/1 range.

Key words. biogas, methane potential, plant substrate, biogas yield

For citation: Okovityaya K.O., Surzhko O. A. Assessment of methane potential of biodegradable waste from agricultural industrial complex enterprises // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. T.16, № 3, Vol. 151-156 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.63.10.019>

Введение

В настоящее время во многих странах мира активно ведутся поиски способов получения энергии из возобновляемого сырья. При сельскохозяйственном производстве образуются растительные отходы с высоким значением биологического потребления кислорода и легкоразлагаемые отходы перерабатывающей промышленности. Такие отходы целесообразно использовать в качестве субстрата для получения метаногенеза. Для совершенствования работы биореакторов необходимо подобрать субстраты с высоким метановым потенциалом. В отечественной литературе недостаточно данных по расчету метанового потенциала растительных отходов агропромышленного комплекса [1-3]. Работы соответствуют приоритетным направлениям «Рациональное природопользование» и «Энергоэффективность, энергосбережение и ядерная энергетика».

Материалы и методы исследования

При принятии решения о выращивании определенного вида возобновляемого сырья следует принимать во внимание не только самую большую урожайность определенной культуры, но также в рамках интегрированного подхода по возможности рассматривать весь севооборот. Благодаря учету, например, аспектов экономики труда и критери-

ев неистощимого использования альтернативных технологий ведения хозяйства можно добиться комплексной оптимизации выращивания возобновляемого сырья.

Кукуруза – это субстрат, который чаще всего используется в сельскохозяйственных биогазовых установках. Он очень хорошо подходит для переработки в биогазовых установках благодаря высокой урожайности на гектар и хорошей сбраживаемости.

Травяной силос также используется для получения биогаза. Особенно, если предварительно он измельчается до определенных размеров. При этом следует учитывать, с одной стороны, высокие расходы на механизацию, а с другой стороны, возможное высокое содержание азота, что может привести к проблемам в процессе брожения. Впрочем, травяной силос может получаться и с экстенсивно используемых природоохранных площадей, причем в этом случае из-за высокого содержания лигнина выход газа будет незначительным. Вследствие многообразия различных технологий получения травяного силоса в литературе встречаются данные, которые выходят далеко за границы диапазонов состава и выхода биогаза, приведенных в таблицах 1 и 2 [4,5].

Таблица 1 – Данные по составу некоторых видов возобновляемого сырья

№	Субстрат		СВ	оСВ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%	% СВ			
1	Кукурузный силос	Δ	28-35	85-98	2,3-3,3	1,5-1,9	4,2-7,8
		Ø	33	95	2,8	1,8	4,3
2	Силос из цельнозерновых культур	Δ	30-35	92-98	4,0	3,25	н.у.
		Ø	33	95	4,4	2,8	6,9
3	Травяной силос	Δ	25-50	70-95	3,5-6,9	1,8-3,7	6,9-19,8
		Ø	35	90	4,0	2,2	8,9
4	Зерно хлебных злаков	Ø	87	97	12,5	7,2	5,7
5	Сахарная свекла	Ø	23	90	1,8	0,8	2,2
6	Кормовая свекла	Ø	16	90	н.у.	н.у.	н.у.

Примечание: Δ – диапазон величин; Ø – среднее; СВ – сухое вещество; оСВ – органическое сухое вещество

В связи с этим необходимо также отметить, что при получении травяного силоса для биогазовых установок в первую очередь нужно учитывать его способность к биоразложению. Следует учитывать, что содержание сухого вещества по возмож-

ности не должно превышать 35 % СВ.

Зерно хлебных злаков очень хорошо подходит в качестве дополнения к ассортименту субстратов для биогазовых установок. Благодаря очень большому выходу биогаза и быстрой биодеструкции



оно, в частности, подходит для тонкого управления процессом получения биогаза. При этом вид злаков не играет существенной роли. Для обеспечения быстрого превращения в волокнистую массу важно, чтобы зерно перед дозировкой было из-

мельчено (например, дробление, раздавливание). Благодаря большой массе корнеплодов свекла (кормовая или сахарная) также хорошо подходит для возделывания в качестве возобновляемого сырья.

Таблица 2 – Стандартный выход биогаза из растительных продуктов

№	Субстрат	Стандартный выход биогаза	
		кВт·чэл/т СМ	н.м ³ CH ₄ /т СМ
1	Пивная барда (сырая или отжатая)	231	62
2	Зерновая барда (пшеница) от производства спирта	68	18
3	Зерновая пыль	352	176
4	Картофельная барда при производстве спирта	63	17
5	Меласса из производства свекловичного спирта	629	170
6	Жом из сахарной свеклы	242	65

Примечание: СМ – сырая масса

В контексте субстрата как компонента энергетической системы в расчетах метанового потенциала может использоваться его теплотворная способность. Это возможно, если измеренная теплотворная способность образца скорректирована с учетом ферментируемых компонентов субстрата. В этом случае можно получить реальную

оценку количества энергии, доступной при анаэробном сбраживании субстрата.

Для вычисления метанового потенциала субстратов была использована методика, применяемая в странах Европейского сообщества; обозначение параметров соответствует оригиналу [5-8]. Основные формулы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Формулы для вычисления метанового потенциала

Входная переменная	Параметры		
	FoTS, % оTS	Метановый потенциал, лCH ₄ кг ⁻¹ оTS	Теплота сгорания, кДж кг ⁻¹ оTS
	FoTS, % оT	$\frac{FoTS \cdot Y_{FoTS}}{100}$	$\frac{FoTS \cdot Y_{FoTS} \cdot H_{S,CH_4}}{100}$
	Метановый потенциал, л CH ₄ кг ⁻¹ оTS	$\frac{V_{CH_4 max}}{Y_{FoTS}} \cdot 100$	$V_{CH_4 max} \cdot H_{S,CH_4}$
Теплота сгорания, кДж кг ⁻¹ оTS	$\frac{H_S \cdot 100}{H_{S,CH_4} \cdot Y_{FoTS}}$	$\frac{H_S}{H_{S,CH_4}}$	

Обозначения параметров формул таблицы 3 приведены ниже.

№	Параметр	Название	Единицы
1	FoTS	Ферментируемое сухое органическое вещество	% оTS
2	HS	Теплота сгорания	кДж кг ⁻¹ оTS
3	HS, CH ₄	Теплота сгорания метана 39,80 кДж л ⁻¹ CH ₄	кДж л ⁻¹ CH ₄
4	VCH ₄ max	Метановый потенциал	л CH ₄ кг ⁻¹ оTS
5	YFoTS	Стехиометрический метановый потенциал 420 л CH ₄ кг-1 FoTS	л CH ₄ кг ⁻¹ оTS

Ферментируемое сухое органическое вещество (FoTS) определяет анаэробные условия и фактически разлагаемое сухое вещество. Поскольку для преобразования материала (образование биогаза или метана) из имеющихся субстратов используются только фактически сбраживаемые ингредиенты, Оценка неразлагаемых компонентов

субстрата – необходимое условие для надежной характеристики субстрата или оценки эффективности. На основе стехиометрического метанового потенциала в литрах метана на кг FoTS можно вычислить объем метана.

Химическая потребность в кислороде (ХПК) характеризует количество кислорода, необходимое



для полного окисления органических соединений.

В основном, ХПК обычно используется для оценки сильно разбавленных образцов. При определенных обстоятельствах в биогазовой технологии также имеет смысл использовать сильно разбавленные субстраты с высокой долей летучих веществ.

Обозначения параметров формулы приведены ниже.

№	Параметр	Название	Единицы
1	ХПК	Химической потребности в кислороде субстрата	[мг O ₂ л ⁻¹]
2	FQ	Ферментируемость	[% ХПК]
3	f _x	Рост биомассы 5% ХПК	[% ХПК]
4	oTS	Субстрат из сухого органического вещества	[% TS]
5	TS	Субстрат из сухого вещества	[% FM]
6	V _{CH₄} max	Метановый потенциал	[л CH ₄ кг ⁻¹ oTS]
7	Y _{ХПК}	Стехиометрический метановый потенциал ХПК 350 мл CH ₄ г ⁻¹ O ₂	[мл CH ₄ г ⁻¹ O ₂]
8	ρ	Плотность субстрата 1000 кг м ³	[кг м ⁻³]

Этот параметр целесообразно использовать только для жидких субстратов (с низким содержанием сухого вещества).

Формула для расчета:

$$V_{CH_4} |_{max} = \frac{XPK \cdot Y_{XPK} \cdot FQ \cdot (100 - f_x)}{\rho \cdot TS \cdot oTS \cdot 1000}$$

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты расчетов метанового потенциала для некоторых субстратов по значению ХПК представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Метановый потенциал и стандартный выход биогаза из растительных побочных продуктов

№	Субстрат	СВ %	ОСВ % СВ	Метановый потенциал н.куб.м/т СВ	Выход CH ₄ н.куб. м/т СВ	Объем CH ₄ н.куб.м/т оСВ
1	Кукурузный силос	33	95	132	110	342
2	Силос из цельных зерновых культур	33	95	131	109	330
3	Зерно хлебных злаков	87	97	402	335	392
4	Травяной силос	35	90	122	102	312
5	Сахарная свекла	23	90	96	80	350
6	Кормовая свекла	16	90	66	55	255

При расчете метанового потенциала для каждого субстрата применяли усредненные значения показателей сухого вещества, органической части в сухом веществе. При анализе полученных результатов следует учитывать множество факторов, основными из которых являются: содержание сухого вещества, размер частиц субстратов, соотношение углерода и азота.

Для повышения эффективности процесса гидролиза в реакторе при двухстадийном получении метана важно подобрать степень диспергации частиц субстрата. Это отдельный этап подготовки субстрата для анаэробного сбраживания.

Нами исследовался выход метана в зависимости от размера частиц сахарной свеклы (рис.).

Анализируя результаты, приведенные на

гистограмме, можно сделать вывод, что снижение размеров частиц с 70 до 2 мм приводит к увеличению выхода метана на 17 %.

В случае использования ко-субстратов с количеством компонентов от двух до пяти наименований, нужно учитывать плотность каждого, а потому совместное измельчение исключить. Размер же частиц каждого компонента может быть одинаков, хотя предпочтительнее пользоваться правилом – чем больше плотность, тем меньше размер частиц.

Важное значение для характеристики метанового потенциала субстратов растительного происхождения имеет соотношение углерода к азоту. В процессе метаногенеза это соотношение может меняться. На начальной стадии процесса значе-



ние C/N должно быть 25:1. Из литературных источников известно, что для наиболее широко применяемых субстратов соотношение C/N составляет: для соломы 50-100; для сахарной свеклы 35-46; для травы 12-26. Особенно важное значение имеет соотношение C/N компонентов субстратов при коферментации.

При подборе компонентов ко-субстрата нужно учитывать, что целесообразно смешивать субстанции с низким и высоким соотношением углерода к азоту, например солому и траву. В этом случае можно полностью избежать накопления аммиачного азота и предотвратить ингибирование процесса метаногенеза.

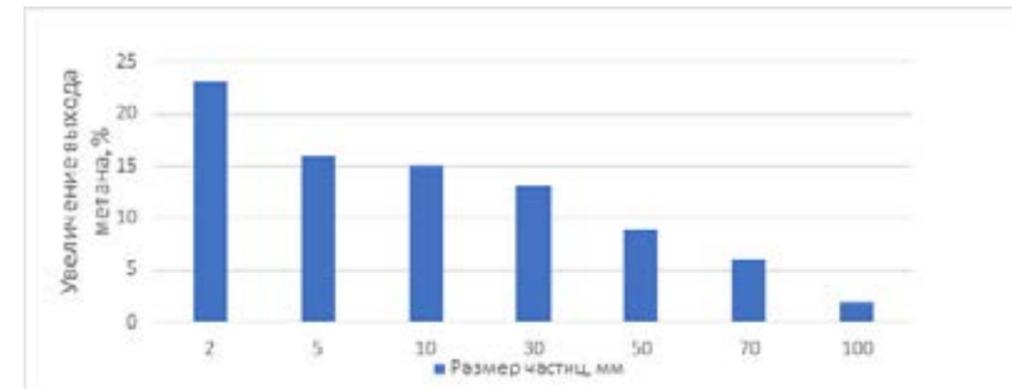


Рис. – Влияние размера частиц сахарной свеклы на выход метана при сбраживании
Fig. – Effect of sugar beet particle size on methane yield during fermentation

Заключение

1. Для шести изученных субстратов: кормовой свеклы, кукурузного силоса, силоса из цельных зерновых культур, травяного силоса, сахарной свеклы, зерна хлебных злаков значение метанового потенциала находится в интервале от 66 до 402 н.куб.м/т СВ. Расчеты позволили сделать вывод, что значение метанового потенциала непропорционально зависит от концентрации сухого вещества в субстрате.

2. Выход метана зависит от размера частиц субстрата. Оптимальный размер для сахарной свеклы составляет 2-10мм.

3. По соотношению азота к углероду наиболее целесообразно использовать субстраты в диапазоне 25:1.

Список источников

1. Топаж А.Г., Хворова Л.А., Жариков А.В., Байк А.А. Исследование математической модели производства биогаза из растительного сырья // Известия АлтГУ. 2018. №1 (99).

2. Топаж Александр Григорьевич, Вигонт Владимир Александрович, Хворова Любовь Анатольевна Имитационная модель процесса производства биогаза из многокомпонентного растительного сырья. Анализ и параметрическая оптимизация // Химия растительного сырья. 2018. №1.

3. Романюк Вацлав, Савиных Пётр Алексеевич Технология получения биогаза и ферментированного перегноя в условиях сельскохозяйственного предприятия Польши // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. №2 (63).

4. Ковалев В. В., Унгурияну Д. В., Ковалева О. В. Теоретические и практические аспекты совершенствования процессов биогазовой технологии // Проблемы региональной энергетики. 2012. №1.

5. Advanced anaerobic digestion performance comparisons / P.L. Schafer, J.B. Farrell, G. Newman [et al.] // Proceedings of the Water Environment Federation. WEFTEC 2002: Session 41 through Session 50.

6. Ziganshin, A.M. Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials / A.M. Ziganshin, J. Liebetrau, J. Proter, S. Kleinsteuber // Applied Microbiology and Biotechnology. - 2013. - V. 97, No 11.-P. 5161-5174.

7. Weiland, p.: Grundlagender Methangärung – Biologie und Substrate; VDI-Bericht, Nr. 1620 "Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven" S. 19-32; VDI-Verlag 2001.

8. Wilfert, R.; Schattauer, A.: Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökonomische und ökologische Analyse; DBU-Projekt, 1. Zwischenbericht; Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig; 2002.

9. Wilfert, R.; Schattauer, A.: Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökonomische und ökologische Analyse; DBU-Projekt, 1. Zwischenbericht; Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig; 2002.

10. Wilfert, R.; Schattauer, A.: Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökonomische und ökologische Analyse; DBU-Projekt, 1. Zwischenbericht; Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig; 2002.

References

1. Topazh A. G., Khvorova L. A., Zharikov A. V., Baiuk A. A. Issledovanie matematicheskoi modeli proizvodstva biogaza i z rastitelnogo syria // Izvestiia AltGU. 2018. №1 (99).
2. Topazh Aleksandr Grigorevich, Vigont Vladimir Aleksandrovich, Khvorova Liubov Anatolevna Imitatsionnaia



model protsesa proizvodstva biogaza iz mnogokomponentnogo rastitelnogo syria. Analiz i parametricheskaia optimizatsiia // *Khimiia rastitelnogo syria*. 2018. №1.

3. Romaniuk Vatslav, Savinykh Petr Alekseevich *Tekhnologiya polucheniia biogaza i fermentirovannogo peregrnoia v usloviakh selskokhoziaistvennogo predpriiatiia Polshi // Agrarnaia nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018. №2 (63).

4. Kovalev V. V., Ungurianu D. V., Kovaleva O. V. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sovershenstvovaniia protsessov biogazovoi tekhnologii // Problemy regionalnoi energetiki*. 2012. №1.

5. *Advanced anaerobic digestion performance comparisons / P.L. Schafer, J.B. Farrell, G. Newman [et al.] // Proceedings of the Water Environment Federation. WEFTEC 2002: Session 41 through Session 50*.

6. Ziganshin, A.M. *Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials / A.M. Ziganshin, J. Liebetrau, J. Proter, S. Kleinsteuber // Applied Microbiology and Biotechnology*. - 2013. - V. 97, No 11. - P. 5161-5174.

7. Weiland, P.: *Grundlagender Methangärung – Biologie und Substrate; VDI-Bericht, Nr. 1620 "Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven" S. 19-32; VDI-Verlag 2001*.

8. Wilfert, R.; Schattauer, A.: *Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökonomische und ökologische Analyse; DBU-Projekt, 1. Zwischenbericht; Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Leipzig; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig; 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

Оковитая Ксения Олеговна, аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», mellootello@gmail.com

Суржко Олег Арсеньевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», mr.surzhkooa@mail.ru

Author Information

Okovitaya Ksenia O., Postgraduate, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), mellootello@gmail.com

Surzhko Oleg A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), mr.surzhkooa@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.07.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 03.07.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, №3, с. 157-163
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp,157-163

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 631.347

DOI 10.36508/RSATU.2024.25.47.020

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВОЩАДЯЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА ШЛАНГОВЫМ ДОЖДЕВАТЕЛЕМ

Анатолий Иванович Рязанцев¹, Владислав Сергеевич Травкин², Георгий Константинович Рембалович³, Михаил Юрьевич Костенко⁴, Евгений Юрьевич Евсеев⁵

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

² Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г.о. Коломна, пос. Радужный, Россия

⁵ Государственный социально-гуманитарный университет, г.о. Коломна, Россия

¹ ryazantsev.41@mail.ru

² vlad.travkin.1992@mail.ru

³ rgk.rgatu@yandex.ru

⁴ kostenko.mihail2016@yandex.ru

⁵ evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью проведенного исследования являлось обоснование почвощадящих технологий полива рассады овощных культур, выращиваемых в закрытом грунте кассетным методом. Обнаружено, что особенностью технологического процесса полива кассетной рассады дождевальными установками являются высокие энергетические показатели воздействия дождя на почву, в результате приводящие к водной эрозии и вымыванию почвенного субстрата из кассетных ячеек.

Методология. В статье приводится обоснование изменения угла установки насадок секторного действия на трубопроводе шлангового дождевателя. Указывается, что вымывание почвенного субстрата связано с воздействием на него энергии капель дождя. При этом, исходя из данных поисковых исследований, увеличение угла вылета струи, посредством изменения угла установки дождевальной насадки в сторону от струи, позволяет снизить удельную мощность дождя.

Результаты. По результатам экспериментальных исследований выявлено, что при увеличении угла наклона насадки от вертикали на 10° (угол вылета струи с 25 до 35 град), радиальный радиус полива изменяется с 5,5 м до 6,3 м или на 0,8 м, и орошаемая площадь с 34,0 до 37,5 м², или в 1,1 раза, снижая при этом мгновенную интенсивность дождя, как и удельную мощность до 1/3.

Заключение. В результате исследования установлено, что для обеспечения почвосберегающего полива кассетной рассады в защищенном грунте дождевальные насадки секторного типа необходимо устанавливать относительно вертикали, в направлении, противоположном вращению крыла дождевателя, под углом 10°, что позволяет обеспечить снижение удельной мощности дождя в среднем на 30 %.

Ключевые слова: дождевальная установка; ДШ-0.6; кассетный способ; защищенный грунт; дождевальные насадки; угол установки; энергия дождя; эрозия почвы; почвенный субстрат

Для цитирования: Рязанцев А.И., Травкин В.С., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Евсеев Е.Ю. Исследование почвощадящей технологии полива шланговым дождевателем // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 3. С.157-163 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.25.47.020>

Original article

RESEARCH OF SOIL-SPARING IRRIGATION TECHNOLOGY WITH A HOSE SPRINKLER

Anatoly I. Ryazantsev¹, Vladislav S. Travkin², Georgy K. Rembalovich³, Mikhail Yu. Kostenko⁴, Evgeny Yu. Evseev⁵

^{1,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Water Supply Systems "Raduga" Kolomna, village Raduzhny, Russia

⁵ Kolomna State University of Social Sciences and Humanities, Russia

© Рязанцев А.И., Травкин В.С., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Евсеев Е.Ю., 2024 г.

¹ ryazantsev.41@mail.ru² vlad.travkin.1992@mail.ru³ rgk.rgatu@yandex.ru⁴ kostenko.mihail2016@yandex.ru⁵ evseev.evgeniy.1995@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of the study was to substantiate soil-saving technologies for watering seedlings of vegetable crops grown in closed ground by the cassette method. It was found that a feature of the technological process of irrigation of cassette seedlings with sprinkler systems is the high energy indicators of the impact of rain on the soil, which subsequently lead to water erosion and leaching of the soil substrate from the cassette cells.

Methodology. The text of the article provides a justification for changing the angle of installation of sector-acting nozzles on the hose sprinkler pipeline. It is indicated that the leaching of the soil substrate is associated with the impact of the energy of raindrops on it. At the same time, based on the data of search studies, increasing the angle of departure of the jet, by changing the angle of installation of the sprinkler nozzle away from the jet, reduces the specific power of rain.

Results. According to the results of experimental studies, it was found that with an increase in the angle of inclination of the nozzle from the vertical by 10° (the angle of departure of the jet from 25 to 35 degrees), the radial radius of irrigation changes from 5.5 m to 6.3 m or 0.8 m, and the irrigated area from 34.0 to 37.5 m², or 1.1 times, while reducing, the instantaneous intensity of the rain, as well as the specific power up to 1/3.

Conclusion. As a result of the study, it was found that in order to ensure soil-preserving irrigation of cassette seedlings in protected soil, sector-type sprinkler nozzles must be installed relative to the vertical, in the direction opposite to the rotation of the wing of its sprinkler, at an angle of 10°, which allows for a decrease in the specific power of rain by an average of 30%.

Key words: sprinkler system; KSH-0.6; cassette method; protected soil; sprinkler nozzles; installation angle; rain energy; soil erosion; soil substrate.

For citation: Ryazantsev A.I., Travkin V.S., Rembalovich G.K., Kostenko M. Yu., Evseev E. Yu. Research of soil-sparing irrigation technology with a hose sprinkler // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, № 3. P.157-163 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.25.47.020>

Введение

Укрепление продовольственной безопасности РФ является приоритетным направлением работы сельскохозяйственной отрасли. Важным вектором развития отрасли является овощеводство, которое для повышения урожайности сельскохозяйственных культур требует разработки новых технологий их выращивания. Наиболее перспективным способом производства продукции является выращивание рассады овощных культур кассетным способом [3, 4].

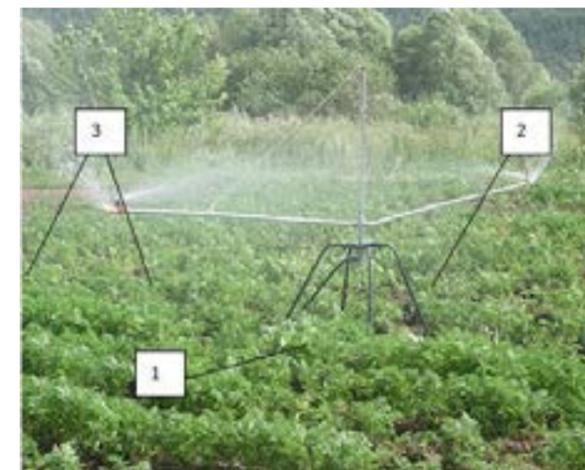
Посадка саженцев растений таким способом позволяет им развиваться отдельно друг от друга. Кассетные емкости имеют герметичные стенки, на дне кассет присутствует дренажное отверстие. Размеры таких емкостей могут быть разными, в зависимости от корневой системы выращиваемой культуры: 30x30x30, 40x40x40 и 50x50x50 мм, с максимальным объемом помещаемого почвенного субстрата 21 см³ – маленькие и 80 см³ – большие.



а – кассета с растениями, б – кассета с пустыми ячейками
Рис. 1 – Кассеты для выращивания рассады овощных культур
Fig. 1 – Cassettes for growing vegetable seedlings

Конкурентными преимуществами указанного способа являются уменьшенные электрозатраты на подогрев почвы, а также увеличенные объемы конечной продукции. Так, при выращивании рассады в кассетах удается получить до 1000 саженцев с 1 м², соответственно, при традиционных способах выращивания – от 200 до 250 шт./м² [9, 12].

Производство растений кассетным способом происходит в несколько этапов. В начальной стадии происходит подготовка почвенного субстрата и набивка им ячеек кассет. В дальнейшем подготовленную смесь в ячейках наполняют минеральными удобрениями и высевают семена. На этапе высадки обязательно соблюдение температурного режима почвы и воздуха. На заключительном этапе производится орошение, подкормка и закаливание рассады. Описанный технологический процесс посадки позволяет существенно сократить объем используемого почвенного субстрата, однако это повышает требования к нему, что требует специальной подготовки на начальном этапе [5, 6, 10, 17].



1 – опорное основание; 2 – дождевальные крылья; 3 – дождевальные насадки
Рис. 2 – Общий вид дождевальной установки ДШ-0,6

1 – support base; 2 – sprinkler wings; 3 – sprinkler nozzles

Fig. 2 – General view of the sprinkler unit DSH-0.6

Орошение рассады овощных культур является обязательным этапом ее производства. Для орошения в пленочных теплицах применяется метод дождевания. При поливе рассады используется множество модификаций дождевальных машин и установок, однако их применение неэффективно, так как не обеспечивается требуемая эффективность дождя. Так, интенсивность дождевого потока, размер его капель и распределение по площади обработки не соответствуют агротехническим требованиям. Крупные капли дождя при высокой интенсивности полива приводят в водной эрозии почвенного субстрата и, соответственно, к его вымыванию. Указанные негативные факторы сокращают производство рассады овощных культур

до 50-60 %. Существует вариант использования стационарных систем полива в теплицах, однако их высокая материалоемкость и значительные капиталовложения делают их использование не рациональным.

Для интенсификации поливных работ применяют стационарные подвесные дождевальные системы финской компании «Liippen» и израильской фирмы «Netafim». Наиболее востребованные отечественные разработки в данной области представлены работающими в движении или позиционно ДШ-1, ДУ «Росинка» и установкой позиционного действия ДШ-0,6 [7, 8, 11].

Особенностью технологического процесса полива рассады сельскохозяйственных культур указанными дождевальными установками являются высокие энергетические показатели воздействия дождя на почву, впоследствии приводящие к водной эрозии и вымыванию почвенного субстрата из кассетных ячеек [13, 14, 15].

Исследовательская часть

Способность почвенного субстрата противостоять воздействию энергии капель дождя принято называть противозерозионной стойкостью [11, 16].

Указанное свойство почвы характеризуется перечнем зависимых показателей, таких как гранулирование состава почвы, массы химических компонентов, содержание гумуса в почве, а также ее влажность. При этом количество смываемой почвы зависит от энергетических показателей дождя, в частности, от его удельной мощности N , определяемой по формуле:

$$N = 0,0083 \times \eta^2 \times d_k^2 \times i_{\text{мгн}} \times \left(\frac{h}{H_y}\right)^{0,67} \quad (1)$$

где η – коэффициент диаметра капель, м/с*см; 0,0083 – показатель перевода размерностей составляющих формулы, Вт/м²;

d_k – диаметр капель, мм;

i – мгновенная интенсивность дождя, мм/мин;

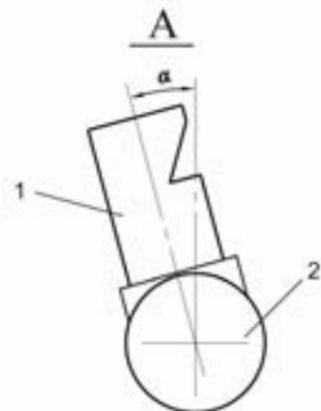
h – высота падения капель, см

H – высота падения капель, с установившейся скоростью, см.

Следует отметить, что в имеющихся исследованиях по эрозии почвенных структур [1, 2] отмечается, что на удельную мощность дождя, в частности на его мгновенную интенсивность, немалое влияние имеет угол падения капель дождя, который в выше приведенной зависимости не нашел явного отражения.

Отмеченное, по нашему мнению, подтверждается тем, что при ранее проведенных исследованиях дождевальных насадок секторного действия, устанавливаемых и на шланговом дождевателе, при поливе кассетной рассады с показателями дождя, входящими в формулу (1) и отвечающими агротехническим требованиям, наблюдалось вымывание субстрата почвы на 5-7 % от площади кассет модуля теплицы.

Считаем, что это связано с углом вылета струи дождевальных насадок секторного действия, увеличение которого посредством наклона насадки от вертикали в противоположную сторону от струи (рис. 1), возможно, позволит уменьшить удельную мощность дождя, исходя из следующих данных поисковых исследований.



1 – насадка; 2 – дождевальное крыло
Рис. 3 – Установка насадки на дождевальном крыле
Fig. 3 – Installing the nozzle on the sprinkler wing

При увеличении угла наклона насадки от вертикали на 10° (угол вылета струи с 25 до 35 град), радиальный радиус полива изменяется с 5,5 м до 6,3 м или на 0,8 м, и орошаемая площадь с 34,0 до 37,5 м² (рис. 2), или в 1,1 раза, снижая при этом мгновенную интенсивность дождя, как и удельную мощность дождя, в среднем на 10 %.

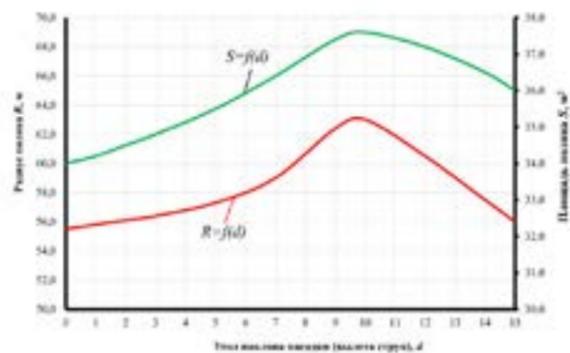


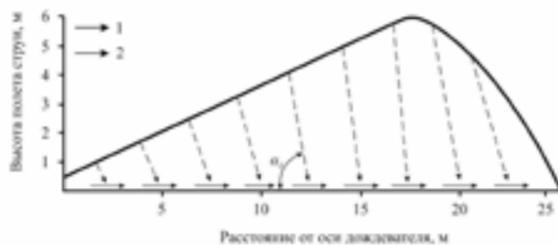
Рис. 4 – Зависимость радиуса полива и площади полива от угла установки дождевальной насадки

Fig. 4 – The dependence of the irrigation radius and irrigation area on the angle of installation of the sprinkler nozzle

Кроме того, угол вылета струи насадки, как и, соответственно, угол падения капель дождя, в значительной мере воздействует на эрозию (смыв) почвенного субстрата ячеек кассет.

Для лучшего понимания рассмотрим характер перераспределения разбрызганных почвенных частиц и брызг поливной воды на орошаемой площади. Известно, что капли дождя, падающие перпендикулярно на горизонтальную поверхность

почвы, вызывают равномерное разбрызгивание почвенных частиц во все стороны. Если капли дождя падают под углом или на поверхность склона, то почвенные частицы разбрызгиваются в сторону подошвы или направления падения дождя. Так как при дождевании капли падают под углом к поверхности почвы, то даже на безуклонных массивах имеет место направленное перемещение разбрызганных почвенных частиц.



1 – направление перемещения почвенных частиц; 2 – направление падения капель дождя
Рис. 5 – Характер перемещения почвенных частиц (под воздействием дождя аппарата ПУК-2) на поверхности почвы с нулевым уклоном
Fig. 5 – The nature of the movement of soil particles (under the influence of rain of the PUK-2 apparatus) on the soil surface with zero slope

Из рисунка 5 видно, что под воздействием искусственного дождя почвенные частицы перемещаются к границе факела дождя, выходя за ее пределы. Это обуславливается тем, что направление падения капель совпадает с траекторией полета водяной струи дождевальной насадки. При этом на различном расстоянии от центра насадки угол падения капель дождя изменяется, следовательно, и угол разбрызгивания частиц почвенного субстрата, при удалении от центра также меняется.

Так, разбрызгивание частиц почвенного субстрата в сторону падения капель, при использовании аппарата ПУК-2, находится в пределах от 52 до 65 %, а в противоположном направлении (к центру аппарата) от 35 до 48 %. Указанные значения вымывания почвенного субстрата зависят от угла падения капель дождя, следовательно, чем меньше угол, тем больше вымывание почвы. Угол падения дождя увеличивается по мере отдаления от оси дождевателя до точки перегиба струи, а за нею уменьшается.

Таким образом, выявлено, что под ударом капель искусственного дождя о поверхность почвы происходит перемещение разбрызганных частиц в сторону конца дождевальной струи. Следовательно, при дождевании эрозия почв имеет место и без образования стоков, даже на безуклонном участке. Отмеченное достаточно достоверно описывается зависимостью (2) по оценке потока микроструек, что в полной мере можно отнести и к почвенному субстрату ячеек кассет с рассадой (рис. 4).

$$\Delta m = m \times \sin \alpha \quad (2)$$

где m – поток падающих под углом струй;

m_1 и m_2 – разделяющие потоки микроструек (вперед и назад);

$\Delta m = (m_1 - m_2)$ – микропотоки в ячейке кассеты;

α – угол падения струи, град.

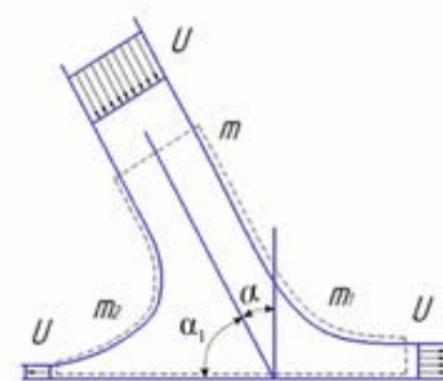


Рис. 6 – Схема взаимодействия наклонной струи с плоскостью
Fig. 6 – The scheme of interaction of an inclined jet with a plane

Для взаимосвязи с известными данными исследований, когда угол падения струи дождя α определяется относительно горизонтальной плоскости, зависимость преобразуется в следующий вид:

$$\Delta m = m \times \cos \alpha_1 \quad (3)$$

где $\alpha_1 = \alpha_2 + \alpha_3$ – угол падения струи, град;

α_2 – угол падения струи при вертикальном положении насадки, град;

α_3 – дополнительный угол падения струи при наклоне насадки, град.

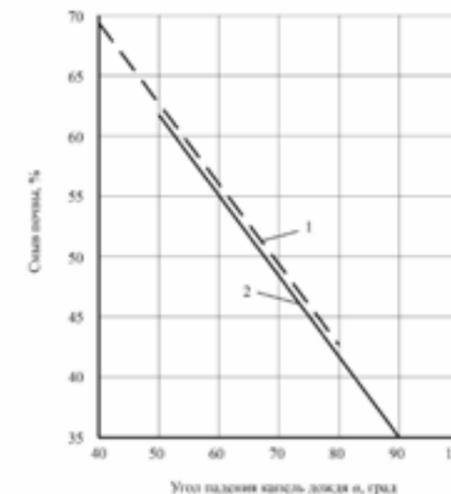
То есть, при увеличении угла падения струи эрозия почвенного субстрата уменьшается и при угле $\alpha_1 = 90^\circ$ (в месте перегиба) она практически приближается к минимуму.

Указанное подтверждается вышеприведенными данными исследований (рис. 7), когда при изменении угла падения капель дождя по радиусу полива от 40° до 70° смыв почвы составляет соответственно 68 и 46 %.

Исходя из этого, при наклоне насадки от вертикали (назад) на угол $\alpha_3 = 10^\circ$ изменится угол падения капель на эту же величину в сторону увеличения по радиусу полива (от 50 до 80 градусов), смыв почвенной смеси изменится на величину от 60 до 36 %.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что с изменением угла установки насадки на 10° в сторону от струи увеличивается угол падения капель, что дополнительно снижает удельную мощность дождя в среднем до 20 %. То есть,

общее уменьшение удельной мощности дождя от изменения угла наклона насадки составит около 30 %.



1 – при нулевом наклоне положения насадки ($\alpha_3 = 0$)
2 – угол наклона насадки $\alpha_3 = 10^\circ$
Рис. 7 – Смыв почвенного субстрата при изменении угла падения дождя
Fig. 7 – Flushing of the soil substrate when changing the angle of rain

При этом зависимость (1), с учетом отмеченного, примет следующий вид:

$$N = \frac{0,0083 \times \gamma^2 \times d_k^2 \times t_{вспл} \times (\frac{k}{N})^{0,67}}{K_1 \times K_2} \quad (4)$$

где K_1 – коэффициент уменьшения интенсивности;

K_2 – коэффициент уменьшения разбрызгивания;

0,0083 – показатель перевода размерностей составляющих формулы, Вт/м².

Заключение

Установлено, что для обеспечения почвосохрannого полива кассетной рассады в защищенном грунте дождевальные насадки секторного типа необходимо устанавливать относительно вертикали в направлении, противоположном вращению крыла ее дождевателя, под углом 10°, обеспечивающим снижение удельной мощности дождя в среднем на 30 %.

Список источников

- Абрамов, А. М. Методы определения эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Абрамов Анатолий Михайлович – М., 1987. – 18 с.
- Авторское свидетельство № 1804289 СССР, МПК А01G 25/09. Дождевальная установка : № 4944609 : заявл. 13.06.1991 : опубл. 23.03.1993 / А. Г. Никитин, А. И. Рязанцев ; заявитель ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО МЕХАНИЗАЦИИ ОРОШЕНИЯ "РАДУГА".
- Болхороев Я.К. Механизация трудоемких процессов в защищенном грунте. В книге: Овощеводство



защищенного грунта. М.: Агропром-издат, 2000 с. 57 - 64.

4. Василевский, В.А. Исследование орошения в теплицах методом дождевания с применением центральных насадок. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: ВИСХОМ, 1969-25 с.

5. Ващенко С.Ф., Чекунова З.М. и др. Овощеводство защищенного грунта. М., Колос, 1984- 341 с.

6. Гайлитис М. Выращивание рассады капусты в пленочных сооружениях. Журнал «Картофель и овощи», № 4, 1973 -31-34 с.

7. Городничев, В. И. К оценке дождевальной техники / В. И. Городничев // Экологически и экономически обоснованные технологии и технические средства полива: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М., 1999. – С. 121–127.

8. Евсеев, Е. Ю. Повышение эффективности применения многофункциональной машины на склоновых площадях / Е. Ю. Евсеев // Нива Поволжья. – 2023. – № 2(66).

9. Егорова, Н.Н. Технология и механизация орошения выращиваемой кассетным способом в защищенном грунте рассады овощных культур : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01. - Рязань, 2003. - 160 с. : ил.

10. Заславский М.Н. Эрозиоведение. Основы противозерозионного земледелия: Учебник для географ. и почв. специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 376 с.

11. Исследование траекторий движения капель дождевальной машины / Г. К. Рембалович, А. И. Рязанцев, М. Ю. Костенко [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4(40). – С. 138-142.

12. Каштанов В.В. Технология и дождевальная установка для орошения приусадебных и садово-огородных участков: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01. - Рязань 2005. – 29 с.

13. Патент № 2672313 С2 Российская Федерация, МПК А01G 25/02. Дождевальная установка : №

2017109826 : заявл. 24.03.2017 : опубл. 13.11.2018 / А. И. Рязанцев, Г. В. Ольгаренко, Н. А. Мищенко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга" (ФГБНУ ВНИИ "Радуга").

14. Патент на полезную модель № 187870 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная установка для полива кассетной рассады в теплице : № 2018133057 : заявл. 17.09.2018 : опубл. 21.03.2019 / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ). – EDN DNIXFN.

15. Патент на полезную модель № 211759 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/00. Дождевальная установка : № 2022102621 : заявл. 03.02.2022 : опубл. 21.06.2022 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Ж. К. Леонова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга".

16. Патент на полезную модель № 227062 U1 Российская Федерация, МПК А01G 9/24, А01G 25/00. Дождевальная установка для теплиц : № 2024113866 : заявл. 22.05.2024 : опубл. 04.07.2024 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга". – EDN RVQSXS.

17. Рекомендации по применению низконапорного дождевателя для орошения рассады овощных культур : методические рекомендации / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, А. И. Рязанцев, Г. К. Рембалович, Л. Н. Лазуткина, М. Ю. Костенко, Р.В. Безносюк [и др.]. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2018. – 30 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Abramov, A. M. *Metody opredeleniya erozionno-dopustimyh polivnyh norm pri dozhdevanii : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / Abramov Anatolij Mihajlovich* – М., 1987. – 18 s.
2. *Avtorskoe svidetel'stvo № 1804289 SSSR, MPK A01G 25/09. Dozhdeval'naya ustanovka : № 4944609 : zayavl. 13.06.1991 : opubl. 23.03.1993 / A. G. Nikitin, A. I. Ryazancev ; zayavitel' VSESOYuZNOE NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE OB"EDINENIE PO MECHANIZACII OROSHENIYA "RADUGA".*
3. Bolhorojev Ya.K. *Mekhanizaciya trudoemkih processov v zashchishchennom grunte. V knige: Ovoshchevodstvo zashchishchennogo grunta. M.: Agroprom-izdat, 2000 s. 57 - 64.*
4. Vasilevskij, V.A. *Issledovanie orosheniya v teplicah metodom dozhdevaniya s primeneniem centrobezhnyh nasadok. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M.: VISHOM, 1969-25 s.*
5. Vashchenko S.F., Chekunova Z.M. i dr. *Ovoshchevodstvo zashchishchennogo grunta. M., Kolos, 1984- 341 s.*
6. Gajlitis M. *Vyrashchivanie rassady kapusty v plenochnyh sooruzheniyah. Zhurnal «Kartofel' i ovoshchi», № 4, 1973 -31-34 s.*
7. Gorodnichev, V. I. *K ocnke dozhdeval'noj tekhniki / V. I. Gorodnichev //Ekologicheski i ekonomicheski obosnovannye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva poliva: sb. науч. tr. / VNIIGiM. – М., 1999. – S. 121–127.*
8. Evseev, E. Yu. *Povyshenie effektivnosti primeneniya mnogofunkcional'noj mashiny na sklonovyh ploshchadyah / E. Yu. Evseev // Niva Povolzh'ya. – 2023. – № 2(66).*
9. Egorova, N.N. *Tekhnologiya i mekhanizaciya orosheniya vyrashchivaemoj kassetnym sposobom v zashchishchennom grunte rassady ovoshchnyh kul'tur : dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.20.01. - Rязan', 2003. - 160 s. : il.*
10. Zaslavskij M.N. *Eroziovedenie. Osnovy protivoroziionnogo zemledeliya: Uchebnik dlya geograf.i pochv. special'nostej vuzov. – М.: Vysshaya shkola, 1987. – 376 s.*

11. *Issledovanie traektorij dvizheniya kapel' dozhdeval'noj mashiny / G. K. Rembalovich, A. I. Ryazancev, M. Yu. Kostenko [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2018. – № 4(40). – S. 138-142.*

12. *Kashtanov V.V. Tekhnologiya i dozhdeval'naya ustanovka dlya orosheniya priusadebnyh i sadovo-ogorodnyh uchastkov: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.01. - Ryazan' 2005. – 29 s.*

13. *Patent № 2672313 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 25/02. Dozhdeval'naya ustanovka : № 2017109826 : zayavl. 24.03.2017 : opubl. 13.11.2018 / A. I. Ryazancev, G. V. Ol'garenko, N. A. Mishchenko [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut sistem orosheniya i sel'hozvodosnabzheniya "Raduga" (FGBNU VNIIGiM "Raduga").*

14. *Patent na poleznuyu model' № 187870 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 25/09. Dozhdeval'naya ustanovka dlya poliva kassetnoj rassady v teplice : № 2018133057 : zayavl. 17.09.2018 : opubl. 21.03.2019 / A. I. Ryazancev, V. S. Travkin, G. K. Rembalovich [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva" (FGBOU VO RГАТУ). – EDN DNIXFN.*

15. *Patent na poleznuyu model' № 211759 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 25/00. Dozhdeval'naya ustanovka : № 2022102621 : zayavl. 03.02.2022 : opubl. 21.06.2022 / A. I. Ryazancev, S. S. Turapin, Zh. K. Leonova [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut sistem orosheniya i sel'hozvodosnabzheniya "Raduga".*

16. *Patent na poleznuyu model' № 227062 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 9/24, A01G 25/00. Dozhdeval'naya ustanovka dlya teplic : № 2024113866 : zayavl. 22.05.2024 : opubl. 04.07.2024 / A. I. Ryazancev, S. S. Turapin, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut sistem orosheniya i sel'hozvodosnabzheniya "Raduga". – EDN RVQSXS.*

17. *Rekomendacii po primeneniyu nizkonapornogo dozhdevatelya dlya orosheniya rassady ovoshchnyh kul'tur : metodicheskie rekomendacii / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. I. Ryazancev, G. K. Rembalovich, L. N. Lazutkina, M. Yu. Kostenko, R.V. Beznosyuk [i dr.]. – Ryazan': FGBOU VO RГАТУ, 2018. – 30 s.*

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Рязанцев Анатолий Иванович, д-р тех. наук, профессор, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ryazantsev.41@mail.ru

Травкин Владислав Сергеевич, аспирант отдела мелиорации; ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, vlad.travkin.1992@mail.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р тех. наук, профессор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», rgk.rgatu@yandex.ru

Костенко Михаил Юрьевич, д-р тех. наук, профессор, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», kostenko.mihail2016@yandex.ru

Евсеев Евгений Юрьевич, ст. препод. кафедры технических систем, теории и методики образовательных процессов, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет», evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Author information

Ryazantsev Anatoly I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ryazantsev.41@mail.ru

Travkin Vladislav S., Postgraduate Student of the Department of Land Reclamation; Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, vlad.travkin.1992@mail.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, university@rgatu.ru

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, kostenko.mihail2016@yandex.ru

Yevseev Evgeny Yu., Senior Lecturer at the Department of Technical Systems, Theory and Methodology of Educational Processes, State University of Social Sciences and Humanities, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 06.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 06.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16., № 3, с.164-170
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp. 164-170

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.171
DOI: 10.36508/RSATU.2024.40.51.021

ВЛИЯНИЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В АПК

Михаил Владимирович Семьнин

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

glamsonic@yandex.ru

Аннотация

Проблема и цель. Развитие сельского хозяйства требует совершенствования транспортного обеспечения для перевозки людей и сельскохозяйственных грузов; в настоящее время используются тракторы и автомобили повышенной грузоподъемности. Удельный вес автомобильного транспорта в перевозках составляет 73-78 %, а во внутрихозяйственных перевозках в сельском хозяйстве – от 40 до 50 % от общего объема перевозимых грузов. Рулевое управление является важной частью автомобиля, доля отказов рулевого управления составляет от 6% до 8% в общей структуре отказов всех узлов и агрегатов автомобилей. Цель работы – повышение эффективности эксплуатации рулевого управления автомобилей в АПК.

Методология. Исследование показателей безопасности автомобилей с учетом технического состояния рулевого управления проводили А. С. Мосолов, Р. Х. Хасанов. Установлено, что технические неисправности автомобиля составляют 10 % причин дорожно-транспортных происшествий. Определение суммарного люфта позволяет получить комплексную оценку технического состояния рулевого управления автомобиля. Для определения суммарного люфта используется прибор ИСЛ-М.

Результаты. Установлено, что величина суммарного люфта определяется пробегом автомобиля. Средняя величина суммарного люфта исследуемых автомобилей составляет 3,95 градуса при среднем пробеге 9879,8 километров. Поэтому при эксплуатации автомобилей необходимо проводить диагностику чаще, чем заявлено заводом изготовителем (каждое ТО), для оценки технического состояния механизмов рулевого управления и предупреждения внезапных поломок. Исправность рулевого управления является критически важным элементом эксплуатации автомобиля. При техническом обслуживании автомобилей в АПК значительная часть времени отводится для обслуживания рулевого управления. Объем выполняемых работ по обслуживанию достигает 20 % от общего выделяемого времени для проведения технического обслуживания.

Заключение. Таким образом, с условиями эксплуатации третьей категории следует применить понижающий коэффициент к периодичности проведения технического обслуживания 0,8 для автомобилей семейства УАЗ, что соответствует периодичности определения суммарного люфта управляемых колес не реже 12000 км.

Ключевые слова: рулевое управление, сельскохозяйственный транспорт, техническое обслуживание, условия эксплуатации, диагностирование

Для цитирования: Семьнин М.В. Влияние диагностирования на эффективность эксплуатации рулевого управления автомобилей в АПК // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 3. С.164-170 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.40.51.021>



Original article

INFLUENCE OF DIAGNOSTICS ON THE EFFICIENCY OF OPERATION OF STEERING CONTROL OF CARS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Mikhail V. Semynin

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

glamsonic@yandex.ru

Abstract

Problem and purpose. Development of agriculture requires improvement of transport support for transportation of people and agricultural goods; tractors and heavy-duty vehicles are currently used. The share of road transport in transportation is 73-78%, and in intra-farm transportation from 40 to 50% of the total volume of transported goods in agriculture. Steering is an important part of the car, the share of steering failures is from 6% to 8% in the overall structure of failures of all units and assemblies of cars. The objective is to increase the efficiency of operation of steering control of cars in the agro-industrial complex.

Methodology. The study of vehicle safety indicators taking into account the technical condition of the steering was conducted by A. S. Mosolov and R. Kh. Khasanov. It was found that technical faults of the vehicle account for 10% of the causes of road accidents. Determining the total backlash allows for a comprehensive assessment of the technical condition of the vehicle steering. The ISL-M device is used to determine the total backlash.

Results. It was found that the value of the total backlash is determined by the vehicle mileage. The average value of the total backlash of the vehicles under study is 3.95 degrees with an average mileage of 9879.8 kilometers. Therefore, when operating vehicles, it is necessary to carry out diagnostics more often than stated by the manufacturer (each maintenance) to assess the technical condition of the steering mechanisms and prevent sudden breakdowns. The serviceability of the steering is a critically important element of vehicle operation. During vehicle maintenance in the agro-industrial complex, a significant part of the time is allocated to servicing the steering. The volume of maintenance work performed reaches 20% of the total time allocated for maintenance.

Conclusion. Thus, with the operating conditions of the third category, a reduction factor of 0.8 should be applied to the frequency of maintenance for UAZ family vehicles, which corresponds to the frequency of determining the total play of the steered wheels at least every 12,000 km.

Key words: steering, agricultural transport, maintenance, operating conditions, diagnostics

For citation: Semynin M.V. Influence of diagnostics on the efficiency of operation of steering control of cars in the agro-industrial complex // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol. 16, No.3, P. 164-170. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.40.51.021>

Введение

Развитие сельского хозяйства требует совершенствования транспортного обеспечения для перевозки людей и сельскохозяйственных грузов; в настоящее время используются тракторы и автомобили повышенной грузоподъемности. «Транспортные средства повышенной проходимости до 3,5 тонн являются наиболее перспективными и составляют около 21 % от всех грузовых автомобилей для транспортировки грузов в сельском хозяйстве. Удельный вес автомобильного транспорта в перевозках составляет 73-78 %, а во внутрихозяйственных перевозках – от 40 до 50 % от общего объема перевозимых грузов. За 2023 год в РФ выпуск грузовиков увеличился до 167,6 тысячи единиц, что на 19,3 % выше, чем в 2022 году» [13].

В сельском хозяйстве используются универсальные транспортные средства, предназначенные для дорог общего назначения. В период полевых работ большинство транспортных средств вынуждены передвигаться по полевым дорогам, что приводит к повышенным нагрузкам на трансмиссию и рулевое управление. Цель работы – по-

вышение эффективности эксплуатации рулевого управления автомобилей в АПК.

Материалы и методы исследования

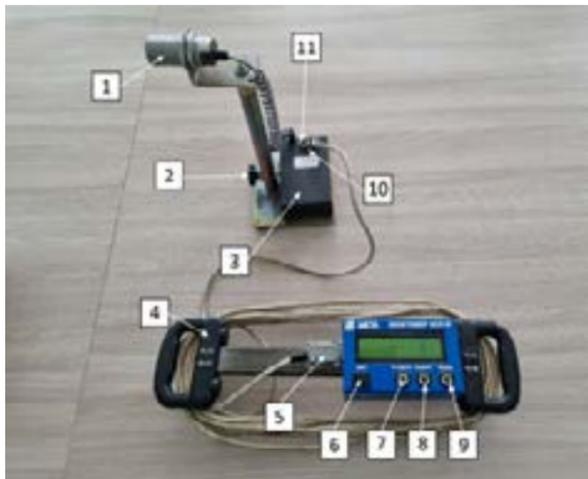
Рулевое управление является важной частью автомобиля, доля отказов рулевого управления составляет от 6 % до 8 % в общей структуре отказов всех узлов и агрегатов автомобилей [4,11,15]. Несмотря на небольшой процент отказа систем рулевого управления, они оказывают существенное влияние на безопасность дорожного движения [7,10].

Исследование показателей безопасности автомобилей с учетом технического состояния рулевого управления проводили А. С. Мосолов, Р. Х. Хасанов. Установлено, что технические неисправности автомобиля составляют 10 % причин дорожно-транспортных происшествий [1,6,11,15].

Основными причинами угловых самопроизвольных колебаний управляемых колес являются нарушения балансировки колес, увеличение суммарного люфта поворота колес, износ подшипников ступиц управляемых колес, ослабление крепления резьбовых соединений рулевого

механизма. Перечисленные неисправности являются также причинами нарушения курсовой устойчивости.

Определение суммарного люфта позволяет получить комплексную оценку технического состояния рулевого управления автомобиля. Для определения суммарного люфта используется прибор



ИСЛ-М, представленный на рисунке 1.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследований суммарного люфта автомобилей получены средние значения люфта автомобилей семейства УАЗ с различными пробегами после очередного ТО (рис. 2).

- 1 – индуктивный преобразователь перемещения;
- 2 – барашек для фиксации высоты;
- 3 – блок датчика;
- 4 – захват;
- 5 – разъем для подключения датчика движения колеса;
- 6 – выключатель напряжения питания;
- 7 – кнопка ОТМЕНА;
- 8 – кнопка ВЫБОР;
- 9 – кнопка ВВОД;
- 10 – индикатор правильности установки ДДК;
- 11 – разъем для подключения к бортовой сети автомобиля [12]

Рис.1 – Общий вид прибора ИСЛ-М

1 - inductive displacement transducer; 2 - wing nut for fixing the height; 3 - sensor unit; 4 - grip; 5 - connector for connecting the wheel motion sensor; 6 - power supply voltage switch; 7 - CANCEL button; 8 - SELECT button; 9 - ENTER button; 10 - indicator of correct installation of the DDC; 11 - connector for connection to the vehicle's on-board network [12]

Fig.1 – General view of the ISL-M device



Рис. 2 – Зависимость суммарного люфта от пробега автомобилей между очередными ТО

Fig. 2 – Dependence of the total clearance on the mileage of vehicles between regular maintenance

По полученным данным построены регрессионные уравнения на основе различных математических моделей (табл. 1)

Таблица 1 – Анализ регрессионных уравнений

Вид математической модели	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации
Линейная	$y = 0,4688x + 1,6069$	$R^2 = 0,9583$
Экспоненциальная	$y = 2,0148e^0,1242x$	$R^2 = 0,9534$
Полиномиальная (степень 2)	$y = 0,0064x^2 + 0,4051x + 1,7238$	$R^2 = 0,9592$
Полиномиальная (степень 3)	$y = -0,0084x^3 + 0,1323x^2 - 0,1253x + 2,2777$	$R^2 = 0,9665$
Полиномиальная (степень 4)	$y = 0,0033x^4 - 0,0751x^3 + 0,5779x^2 - 1,2453x + 3,0956$	$R^2 = 0,9712$

На основании анализа регрессионных уравнений установлено, что наибольшую адекватность опытным данным имеет полиномиальная модель 4-й степени.

Анализ опытных данных показал, что величина суммарного люфта определяется пробегом автомобиля. Средняя величина суммарного люфта исследуемых автомобилей составляет 3,95 градусов

при среднем пробеге 9879,8 километров. Поэтому при эксплуатации автомобилей необходимо проводить диагностику чаще, чем заявлено заводом изготовителем (каждое ТО), для оценки технического состояния механизмов рулевого управления и предупреждения внезапных поломок [5,8].

В период сельскохозяйственных работ отказы транспортных средств приводят к задержкам про-

цесса, а учитывая, что оптимальные агротехнические сроки проведения работ для сельскохозяйственных культур ограничены, это может привести к значительным потерям урожая. Эксплуатация транспортных средств предполагает предупреждение отказов за счет применения технических решений. Снижение количества отказов позволяет проводить планирование технического обслуживания и ремонта в менее нагруженный период, максимально используя транспортные средства в период сельскохозяйственных работ.

Исправность рулевого управления является критически важным элементом эксплуатации автомобиля. При неисправности любого из элементов рулевого управления эксплуатация данного транспортного средства категорически запрещена. Наиболее частой неисправностью в рулевом управлении является люфт в шарнирах. При техническом обслуживании автомобилей в АПК значительная часть времени отводится для обслуживания рулевого управления. Объем выполняемых работ по обслуживанию достигает 20 % от общего выделяемого времени для проведения технического обслуживания. Поэтому продление безотказной работы элементов рулевого управления позволяет внести рекомендации к проведению технического

обслуживания [7,9,16]. В связи с этим возникает возможность по оптимизации сроков проведения технического обслуживания в связи со сроками проведения агротехнических сельскохозяйственных работ. Экономическая эффективность будет определяться не только снижением эксплуатационных затрат, но и снижением потерь за счет проведения сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки [8,15]. При технической эксплуатации рулевого управления автомобилей важно своевременно диагностировать его технические неисправности. Наиболее часто диагностику рулевого управления проводят органолептически методами: по наличию стука, шума, вибрации; визуальным контролем. Также существуют инструментальные методы контроля, основанные на ГОСТ Р 51709- 2002.01.01 «Автотранспортные средства, требования к техническому состоянию и методы проверки» [3] и приказе Министерства промышленности и торговли РФ от 6 декабря 2011 г. N 1677 «Об утверждении основных технических характеристик средств технического диагностирования и их перечня». Для диагностирования механизма рулевого управления предложен алгоритм (рис. 3).



Рис.3 – Алгоритм диагностики рулевого управления
Fig.3 – Steering diagnostic algorithm



Для оценки суммарного люфта используют приборы (ИСЛ-401М, ИСЛ401МК, К524М, Виразж-К (Л), ИСЛ-М), наиболее эффективными являются ИСЛ-М [11,15].

Рулевое управление считается исправным, если суммарный люфт не превышает [2]:

– «легковые автомобили и созданные на базе их агрегатов грузовые автомобили и автобусы 10°»;

– «автобусы 20°»;

– «грузовые автомобили 25°».

Если автомобиль не удовлетворяет установленным требованиям, то производится ремонт или замена элементов рулевого управления. При ремонте элементов рулевого управления производится контроль дисбаланса колес, контроль и регулировка установки углов колес автомобиля.

В случае, если величина дисбаланса колес не превышает нормативных значений, установленных заводом изготовителем, а углы установки также соответствуют нормативным значениям, рулевое управление автомобиля считается исправным. В случае, если невозможно устранение неисправности обычными методами (величина

корректировочных грузов более 160 граммов), невозможно отрегулировать углы установки колес, деформированы узлы и элементы рулевого управления, рамы, то автомобиль направляют на специализированный пункт проведения ремонта. В результате проведения дефектовки на специализированном пункте проведения ремонта оценивается возможность устранения неисправности автомобиля.

Таким образом, определение суммарного люфта автомобиля является начальной и наиболее значимой операцией диагностирования состояния рулевого управления. С другой стороны, определение суммарного люфта не требует дорогостоящих приборов, высокой квалификации оператора для оценки состояния рулевого управления [10]. Особенностью данного метода диагностирования является простота применения прибора определения суммарного люфта и минимальные затраты времени.

Анализ периодических удельных затрат позволил получить уравнение регрессии и построить графики удельных затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт (рис. 4).

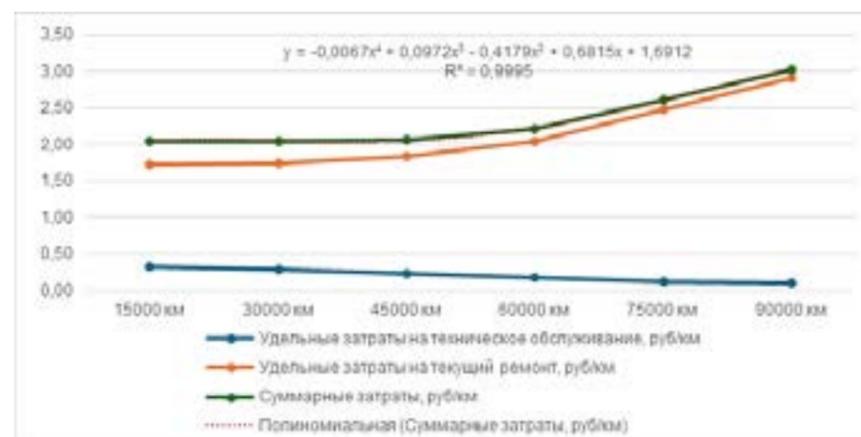


Рис.4 – Влияние периодичности ТО на удельные затраты технического обслуживания и ремонта
Fig. 4 – Impact of maintenance frequency on specific costs of maintenance and repair

Уравнение регрессии получено в виде полинома четвертой степени, так как имеет наибольшую адекватность полученным данным, $R^2 = 0,9995$

$$y = -0,0067x^4 + 0,0972x^3 - 0,4179x^2 + 0,6815x + 1,6912$$

где y – суммарные удельные затраты, руб/км;
 x – периодичность технического обслуживания и ремонта, км.

Анализ уравнения регрессии и графика суммарных затрат показал, что минимум удельных суммарных затрат для автомобилей семейства «УАЗ» в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области соответствует пробегу 15000 км при нормальных условиях эксплуатации. Таким образом, с условиями эксплуатации третьей категории [2] следует применить понижающий коэффициент к периодичности проведения технического обслуживания равный 0,8, что соответствует периодичности определения суммарного люфта

управляемых колес не реже 12000 км или не реже 9 месяцев эксплуатации.

Заключение

Установлено, что величина суммарного люфта определяется пробегом автомобиля. Средняя величина суммарного люфта исследуемых автомобилей составляет 3,95 градусов при среднем пробеге 9879,8 километров. Таким образом, с условиями эксплуатации третьей категории следует применить понижающий коэффициент к периодичности проведения технического обслуживания 0,8, что соответствует периодичности определения суммарного люфта управляемых колес не реже 12000 км или не реже 9 месяцев эксплуатации.

Список источников

1. Анализ возможных значений боковых сил, действующих на затормаживаемый автомобиль / Е. В. Балакина, Д. С. Сарбаев, И. В. Сергиенко [и др.] // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – № 16. – С. 77-81. – DOI 10.26160/2474-5901-2019-16-77-81. – EDN



MDANUG.

2. ГОСТ 21624 – 81. Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности изделий [Текст]. Введ. 81-24-12. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 16 с.

3. ГОСТ Р 51709 – 2001. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию и методы проверки [Текст]. Введ. 02-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 20 с.

4. Ерохин, М. Н. Интеллектуальная система диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники / М. Н. Ерохин, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 45-50. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-45-50. – EDN RYZKCV.

5. Малыха, Е. Ф. Эффективность технического сервиса сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе / Е. Ф. Малыха, Ю. В. Катаев, О. В. Закарчевский // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2021. – № 2(71). – С. 118-124. – DOI 10.33938/212-118. – EDN GEWPEA.

6. Обоснование геометрических параметров рулевой трапеции колесной машины / А. Н. Беляев, В. И. Оробинский, Т. В. Тришина, П. В. Шердекин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 2(77). – С. 116-123. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2023_2_116. – EDN UVVOLI.

7. Определение закономерностей распределения отказов элементов, лимитирующих работоспособность легковых автомобилей / В. В. Гулый, А. А. Солнцев, А. Р. Асоян, В. С. Ершов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2022. – № 2(69). – С. 7-13. – EDN SCSZAO.

8. Повышение послеремонтной безотказности агрегатов тракторов / В. П. Лялякин, Д. А. Гительман, Р. Ю. Соловьев, А. К. Ольховацкий // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2023. – № 6. – С. 36-42. – DOI 10.33920/sel-10-2306-04. – EDN ODUCL.

9. Повышение эффективности использова-

ния машинно-тракторного парка в современных условиях: науч. издание / В.Ф. Федоренко, А.А. Ежовский, С.А. Соловьев и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 336 с.

10. Прокопенко, В. С. Система рулевого управления грузовиком и взаимодействие с водителем / В. С. Прокопенко, В. А. Давыдов // Проблемы научной мысли. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 99-101. – EDN ZGWRFS.

11. Разговоров, К. И. Экспертиза рулевого управления автотранспортных средств / К. И. Разговоров // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2021. – № 34. – С. 101-103. – EDN IQNLWJ.

12. Руководство по эксплуатации ИСЛ-М. – Текст: электронный // Компания ТехАвто производитель и поставщик автосервисного оборудования в России. Официальный сайт. – 2024. – URL: <https://www.teh-avto.ru> (дата обращения: 14.06.2024)

13. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и перспективы развития : Аналитический обзор / В. Н. Кузьмин, П. И. Бурак, И. Л. Орсиц [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 200 с. – EDN WNQWMQ.

14. Семьин, М. В. К вопросу снижения износа шаровых соединений транспортных средств сельскохозяйственного назначения / М. В. Семьин, М. Ю. Костенко // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2022. – № 4(41). – С. 96-102. – DOI 10.35523/2307-5872-2022-41-4-96-102. – EDN GEYMYK.

15. Чернухин, Р. В. Выявление доли отказов рулевого управления грузовых автомобилей / Р. В. Чернухин, С. В. Соболев, А. В. Обухов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – Т. 3, № 1. – С. 247-251. – EDN RNHISB.

16. Song, W., Woods, J. L., Davis, R. T., Offutt, J. K., Bellis, E. P., Handler, E. S., & Stone, T. W. (2015). Failure Analysis and Simulation Evaluation of an Al 6061 Alloy Wheel Hub. Journal of Failure Analysis and Prevention, 15(4), 521-533.

References

1. Analiz vozmozhnyh znachenij bokovyh sil, dejstvuyushchih na zatormazhivaemyj avtomobil' / E. V. Balakina, D. S. Sarbaev, I. V. Sergienko [i dr.] // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – № 16. – S. 77-81. – DOI 10.26160/2474-5901-2019-16-77-81. – EDN MDANUG.

2. GOST 21624 – 81. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil'noj tekhniki. Trebovaniya k ekspluatacionnoj tekhnologichnosti i remontoprigodnosti izdelij [Tekst]. Vved. 81-24-12. – M.: Izd-vo standartov, 1981. – 16 s.

3. GOST R 51709 – 2001. Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki [Tekst]. Vved. 02-01-01. – M.: Izd-vo standartov, 2001. – 20 s.

4. Erohin, M. N. Intellektual'naya sistema diagnostirovaniya parametrov tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki / M. N. Erohin, A. S. Dorohov, YU. V. Kataev // Agroinzheneriya. – 2021. – № 2(102). – S. 45-50. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-45-50. – EDN RYZKCV.

5. Malyha, E. F. Effektivnost' tekhnicheskogo servisa sel'skohozyajstvennoj tekhniki v agropromyshlennom komplekse / E. F. Malyha, YU. V. Kataev, O. V. Zakarchevskij // Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve. – 2021. – № 2(71). – S. 118-124. – DOI 10.33938/212-118. – EDN GEWPEA.

6. Obosnovanie geometricheskikh parametrov rulevoj trapecii kolesnoj mashiny / A. N. Belyaev, V. I. Orobinskij, T. V. Trishina, P. V. SHeredekin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – T. 16, № 2(77). – S. 116-123. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2023_2_116. – EDN UVVOLI.

7. Opreделение zakonornostej raspredeleniya otkazov elementov, limitiruyushchih rabotosposobnost'



legkovykh avtomobilej / V. V. Gulyj, A. A. Solncev, A. R. Asoyan, V. S. Ershov // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). – 2022. – № 2(69). – S. 7-13. – EDN SCSZAO.

8. Povyshenie posleremontnoj bezotkaznosti agregatov traktorov / V. P. Lyalyakin, D. A. Gitel'man, R. YU. Solov'ev, A. K. Ol'hovackij // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. – 2023. – № 6. – S. 36-42. – DOI 10.33920/sel-10-2306-04. – EDN ODUCUL.

9. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornogo parka v sovremennykh usloviyakh: nauch. izdanie / V.F. Fedorenko, A.A. Ezhevskij, S.A. Solov'ev i dr. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. – 336 s.

10. Prokopenko, V. S. Sistema rulevogo upravleniya gruzovikom i vzaimodejstvie s voditelem / V. S. Prokopenko, V. A. Davydov // Problemy nauchnoj mysli. – 2023. – Т. 8, № 1. – S. 99-101. – EDN ZGWRFS.

11. Razgovorov, K. I. Ekspertiza rulevogo upravleniya avtotransportnykh sredstv / K. I. Razgovorov // Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii. – 2021. – № 34. – S. 101-103. – EDN IQNLWJ.

12. Rukovodstvo po ekspluatatsii ISL-M. – Tekst : elektronnyj // Kompaniya TekhAvto proizvoditel' i postavshchik avtoservisnogo oborudovaniya v Rossii. Oficial'nyj sayt. – 2024. – URL: <https://www.teh-avto.ru> (data obrashcheniya: 14.06.2024)

13. Rynok sel'skohozyajstvennoj tekhniki: problemy i perspektivy razvitiya : Analiticheskij obzor / V. N. Kuz'min, P. I. Burak, I. L. Orsik [i dr.]. – Moskva : Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2021. – 200 s. – EDN WNQWMQ.

14. Semynin, M. V. K voprosu snizheniya iznosa sharovykh soedinenij transportnykh sredstv sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / M. V. Semynin, M. YU. Kostenko // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. – 2022. – № 4(41). – S. 96-102. – DOI 10.35523/2307-5872-2022-41-4-96-102. – EDN GEYMYK.

15. CHernuhin, R. V. Vyyavlenie doli otkazov rulevogo upravleniya gruzovykh avtomobilej / R. V. CHernuhin, S. V. Sobolev, A. V. Obuhov // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. – 2013. – Т. 3, № 1. – S. 247-251. – EDN RNHISB.

16. Song, W., Woods, J. L., Davis, R. T., Offutt, J. K., Bellis, E. P., Handler, E. S., & Stone, T. W. (2015). Failure Analysis and Simulation Evaluation of an Al 6061 Alloy Wheel Hub. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 15(4), 521-533.

Информация об авторах

Семьнин Михаил Владимирович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань», Россия, glamsonic@yandex.ru

Author information

Semynin Mikhail V., postgraduate student, Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, glamsonic@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.08.2024; одобрена после рецензирования 06.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 15.08.2024; approved after reviewing 06.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т.16, № 3, с. 171-177
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 3, pp. 171-177

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.172
DOI: 10.36508/RSATU.2024.71.49.022

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Анастасия Анатольевна Слободскова¹, Елена Сергеевна Семина², Надежда Михайловна Латышенок³, Ольга Олеговна Максименко⁴

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

¹ nastasia_19882010@mail.ru

² ele25450911@yandex.ru

³ t921621@mail.ru

⁴ oly25252008@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В данной статье рассмотрены основные энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве. Основная цель статьи заключается в изучении энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Сельское хозяйство по сегодняшний день остается одной из самых энергозатратных отраслей, требующих значительных ресурсов энергии для производства и обработки продукции сельскохозяйственного назначения. Такое потребление энергии оказывает негативное влияние на окружающую среду, приводя к изменению климата и глобальному потеплению. Поэтому становится все более важным внедрение энергосберегающих технологий, которые могут повысить энергоэффективность сельского хозяйства и снизить его негативное воздействие на окружающую среду.

Методология. В качестве основных методов исследования был использован анализ, синтез и сравнение. Объектом исследования является энергосберегающие технологии. Предметом исследования является энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве.

Результаты. Главной целью энергосбережения в сельском хозяйстве является снижение энергопотребления, сокращение негативного воздействия на окружающую среду и повышение устойчивости производства. Было выявлено, что энергосбережение имеет огромное значение для сельского хозяйства, поскольку оно позволяет сократить энергозатраты, снизить загрязнение окружающей среды и увеличить эффективность производства. Более того, применение энергосберегающих технологий способствует устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению энергетических ресурсов для будущего поколения.

Заключение. В статье предложены энергосберегающие технологии для сокращения энергопотребления в животноводстве и рассмотрены примеры успешной реализации энергосберегающих технологий в различных странах. Исследованы преимущества и результаты внедрения энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Рассмотрено не только применение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве, но и их преимущества и выгоды.

Ключевые слова: энергосбережение, сельское хозяйство, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, управление энергопотреблением, интеллектуальные системы управления, оптимизация затрат

Для цитирования: Слободскова А. А., Семина Е. С., Латышенок Н. М., Максименко О. О. Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т16, № 3. С.171-177 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.71.49.022>

Original article

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

Anastasia A. Slobodskova¹, Elena S. Semina², Nadezhda M. Latyshenok³, Olga O. Maksimenko⁴

^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

© Слободскова А. А., Семина Е. С., Латышенок Н. М., Максименко О. О., 2024 г.

¹ nastasia_19882010@mail.ru² ele25450911@yandex.ru³ t921621@mail.ru⁴ oly25252008@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. This article examines the main energy-saving technologies in agriculture. The main purpose of the article is to study energy-saving technologies in agriculture. Agriculture to date remains one of the most energy-intensive industries, requiring significant energy resources for the production and processing of agricultural products. This energy consumption has a negative impact on the environment, leading to climate change and global warming. Therefore, it is becoming increasingly important to adopt energy-saving technologies that can improve the energy efficiency of agriculture and reduce its negative impact on the environment.

Methodology. Analysis, synthesis with comparison was used as the main research methods. The object of the study is energy-saving technologies. The subject of the study is energy-saving technologies in agriculture.

Results. The main purpose of energy saving in agriculture is to reduce energy consumption, reduce the negative impact on the environment and increase the sustainability of production. It was found that energy conservation is of great importance for agriculture because it reduces energy consumption, reduces environmental pollution and increases production efficiency. In addition, energy saving technologies contribute to sustainable agricultural development and conservation of energy resources for future generations.

Conclusion. The article proposes energy-saving technologies to reduce energy consumption in animal husbandry and considers examples of successful implementation of energy-saving technologies in different countries. Advantages and results of implementation of energy-saving technologies in agriculture are investigated. Not only the application of energy-saving technologies in agriculture, but also their advantages and benefits are considered.

Key words: energy saving, agriculture, energy efficiency, renewable energy sources, energy management, intelligent control systems, cost optimisation

For citation: Slobodskova A.A., Semina E.S., Latyshenok N.M., Maksimenko O.O. Energy-saving Technologies in Agriculture // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.3. P. 171-177 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.71.49.022>

Введение

Сельское хозяйство по сегодняшний день остается одной из самых энергоемких отраслей, требующих значительных ресурсов энергии для производства и обработки сельскохозяйственных продуктов. Такое потребление энергии оказывает негативное влияние на окружающую среду, приводя к изменению климата и глобальному потеплению. Поэтому становится все более важным внедрение энергосберегающих технологий, которые могут повысить энергоэффективность сельского хозяйства и снизить его негативное воздействие на окружающую среду [1,3].

Преимущества внедрения энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве многочисленны. Во-первых, они позволяют сократить затраты на энергию, что способствует экономии средств и повышает конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий. Во-вторых, энергосбережение способствует снижению загрязнения окружающей среды и выбросов парниковых газов, что является важным шагом в борьбе с изменением климата. Наконец, сокращение потребления энергии приводит к улучшению экологической обстановки в целом и сохранению энергетических ресурсов для будущих поколений [7].

Материалы и методы исследования

Одной из ключевых областей, требующих энергосбережения в сельском хозяйстве, является орошение и полив растений. Для поддержания оптимальной влажности почвы необходимо использовать энергоемкое оборудование, такое как насосы и системы ирригации. Однако существуют энергосберегающие

технологии, которые могут снизить энергопотребление в этой области. Например, применение капельного полива или установка солнечных насосов позволяют существенно сократить затраты энергии на орошение растений.

Таким образом, внедрение энергосберегающих технологий является необходимым в сельском хозяйстве, позволяя снизить потребление энергии, улучшить экологическую обстановку и сохранить энергетические ресурсы для будущих поколений. Это важный шаг в направлении более устойчивого и эффективного развития сельского хозяйства.

Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотрим основные области энергопотребления в сельском хозяйстве.

Энергозатраты на процесс орошения и полив растений. Для успешного возделывания и обработки почвы необходимо использовать высокоэнергоемкое оборудование, такое как тракторы, сеялки, плуги и другие агрегаты. Однако существуют энергосберегающие технологии, которые позволяют сократить потребление энергии на эти процессы без ущерба для результатов. Например, при использовании глубокого мульчирования, которое заключается в покрытии почвы слоем органического материала, можно сохранить влагу и уменьшить потребность в поливе растений, что, в свою очередь, помогает снизить энергозатраты на орошение [2].

Потребление энергии в отраслях животноводства и птицеводства с выполнением энергоемких процессов, таких как подогрев воды, освещение комплексов, вентиляция и другие.

Однако существуют различные энергосберега-

ющие технологии, которые позволяют сократить потребление энергии в этих областях без ущерба для животных или птиц. Например, использование интеллектуальных систем управления, которые оптимизируют потребление энергии, или переход на эффективные LED-светильники для освещения может значительно снизить энергозатраты в животноводстве [8].

Затраты энергии на обработку и хранение сельскохозяйственной продукции. Процессы обработки и хранения сельскохозяйственной продукции включают в себя использование высокоэнергоемких технологий, таких как:

- парники;
- устройства для сушки;
- системы холодильного хранения и другие.

В свою очередь, все же существуют энергосберегающие решения, которые направлены на снижение потребления энергии на эти процессы без ущерба для качества и долговечности продукции. Например, использование энергоэффективных систем кондиционирования воздуха или установка систем энергетического отопления в теплицах может существенно уменьшить энергозатраты на обработку и хранение сельскохозяйственной продукции.

Энергосберегающие технологии играют важную роль в сельском хозяйстве, предоставляя инновационные и эффективные способы управления энергопотреблением и снижения потерь в процессе сельскохозяйственного производства. Эти методы включают в себя применение энергоэффективного

оборудования и систем, оптимизацию производственных процессов, переход на возобновляемые источники энергии и другие новшества, направленные на уменьшение потребления энергии и повышение энергоэффективности.

Применение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве имеет несколько преимуществ и выгод. Прежде всего, они позволяют сократить расходы на электроэнергию, топливо и другие энергетические ресурсы, что способствует экономии средств. Кроме того, эти технологии помогают уменьшить негативное влияние на окружающую среду путем сокращения выбросов парниковых газов и загрязнения окружающей среды, что способствует более устойчивому развитию сельского хозяйства [9].

Одновременно энергосберегающие технологии повышают энергоэффективность, позволяя оптимизировать производственные процессы, использовать энергию более эффективно и снижать потери. Внедрение этих технологий способствует повышению конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий на рынке благодаря увеличению эффективности производства и снижению затрат. Важно отметить, что энергосберегающие технологии также помогают сохранить энергетические ресурсы для будущих поколений, предлагая рациональное и устойчивое использование энергии. На рисунке 1 можно видеть, какие используются в последние годы действенные меры по снижению энергопотребления в агропромышленном комплексе.

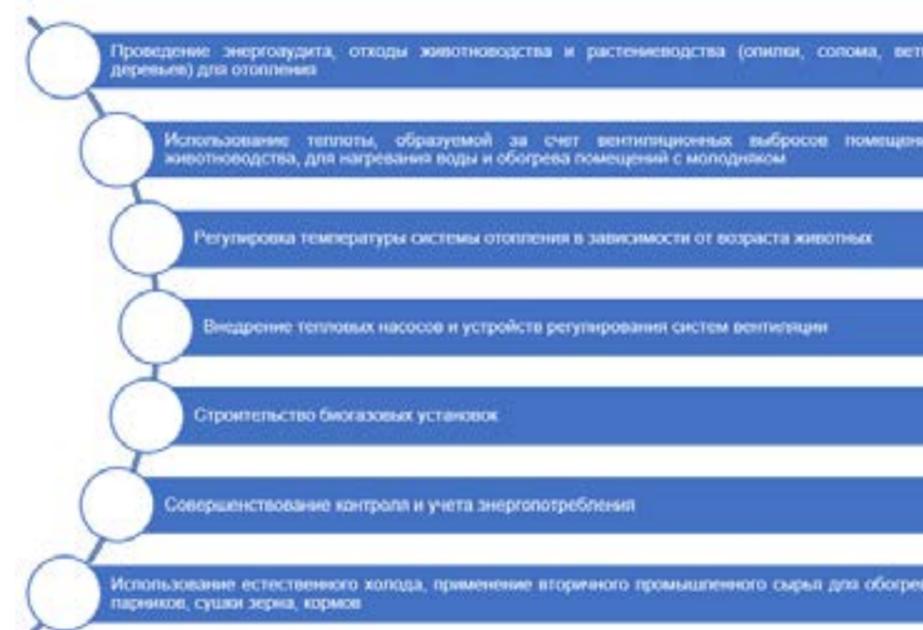


Рис. 1 – Меры по снижению энергопотребления в агропромышленном комплексе
Fig. 1 – Measures to reduce energy consumption in the agro-industrial complex

Таким образом, применение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве не только способствует экономической выгоде, но и имеет положительное воздействие на окружающую среду и сохранение энергетических ресурсов.

Энергосберегающие решения применяются в разных сферах сельского хозяйства с целью оптимизации энергопотребления и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Рассмотрим некоторые из них.



Одной из важных областей, где можно внедрить энергосберегающие технологии, является орошение и полив растений. Для сокращения затрат энергии здесь можно использовать следующие приемы:

1. Системы капельного полива организуют точное и экономичное распределение влаги по растениям, что позволяет минимизировать потери воды и уменьшить энергозатраты на прокачку воды через насосы.

2. Солнечные насосы могут быть использованы для подачи воды на поливные участки, используя солнечную энергию вместо электричества. Это позволяет существенно сократить энергозатраты и зависимость от традиционных источников энергии [10].

В области обработки почвы также существуют энергосберегающие технологии:

1. Глубокое мульчирование представляет собой метод покрытия поверхности почвы слоем органического материала, такого как солома или древесная кора. Он подавляет рост сорняков, сохраняет влагу и снижает потребность в поливе растений, что помогает сократить энергозатраты на орошение.

2. Применение агрегатов с низким сопротивлением движению, таких как сеялки и плуги, также способствует снижению энергопотребления при обработке почвы. Такие агрегаты разрабатываются с учетом механического сопротивления и грунтовых условий, что повышает их эффективность и уменьшает затраты энергии.

Внедрение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве позволяет не только снизить затраты, но и снизить негативное влияние на окружающую среду. Однако необходимо учитывать потребности и особенности каждой конкретной ситуации, чтобы правильно выбрать и применить энергосберегающие технологии.

Таким образом, варианты энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве включают использование систем капельного полива для

эффективного распределения влаги, солнечных насосов для использования солнечной энергии, глубокого мульчирования для сбережения влаги и сокращения необходимости в поливе, а также применение агрегатов с низким сопротивлением движению при обработке почвы. Эти технологии помогают сократить энергопотребление и ресурсозатраты, способствуют устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению окружающей среды [11].

Для сокращения энергопотребления в животноводстве можно предложить следующие энергосберегающие технологии:

1. Применение интеллектуальных систем управления. Такие системы помогают оптимизировать энергопотребление в животноводстве путем автоматизации вентиляционных, отопительных и осветительных процессов.

2. Эффективное освещение. Замена традиционных ламп накаливания на энергоэффективные LED-светильники позволяет снизить энергопотребление на освещение помещений для животных.

3. Внедрение современных систем хранения и обработки сельскохозяйственной продукции. Для сокращения энергопотребления в сельскохозяйственной обработке и хранении продукции существуют энергосберегающие технологии.

4. Энергоэффективные системы кондиционирования воздуха. Такие системы оптимально используют энергию для создания и поддержания необходимых условий хранения продукции.

5. Системы энергоэффективного отопления. Использование современных систем отопления позволяет снизить энергозатраты на поддержание оптимальной температуры в теплицах, складах и других помещениях.

Существует множество примеров успешного внедрения энергосберегающих систем в сельскохозяйственных предприятиях. Один из таких примеров – использование солнечных фотоэлектрических систем для обеспечения электричеством фермы (рис. 2).



Рис. 2 – Использование солнечных фотоэлектрических систем для обеспечения электричеством фермы
Fig. 2 – Utilising solar PV systems to provide electricity to a farm



Сельскохозяйственные организации также могут воспользоваться энергосберегающими системами освещения, которые оснащены датчиками движения, работающими благодаря автоматической системе. Такие системы активируются только при необходимости, следовательно, сокращается расход энергии.

Рассмотрим примеры успешной реализации энергосберегающих технологий в различных странах. В разных уголках мира осуществляются проекты, целью которых является внедрение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Например, в Индии существует проект, получивший название «Развитие возобновляемой энергии в сельском хозяйстве», который предоставляет поддержку в использовании солнечных насосов для орошения и полива. Это помогает снизить потребление энергии и повысить устойчивость сельскохозяйственного производства. В Германии также успешно применяются энергосберегающие системы в теплицах. Здесь используются тепловые насосы и системы контроля климата для эффективного использования энергии при выращивании растений.

Преимущества внедрения энергосберегающих технологий для сельскохозяйственных предприятий включают:

1. Уменьшение затрат на потребляемую энергию. Применение энергосберегающих технологий позволяет снизить расходы на электроэнергию и топливо, что благоприятно сказывается на экономической эффективности предприятий.

2. Сокращение воздействия на окружающую среду. Энергосберегающие технологии способствуют уменьшению выбросов парниковых газов и загрязнения окружающей среды, приводя к устойчивому развитию сельского хозяйства в целом, а также усовершенствованию экологической проблемы.

3. Повышение производительности. Энергосберегающие технологии позволяют оптимизировать процессы производства, сократить потери и повысить общую производительность предприятий.

Рассмотрим проблемы и вызовы при внедрении энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Одной из основных проблем, связанных с внедрением энергосберегающих технологий, являются финансовые аспекты и затраты. Финансовые вложения, необходимые для внедрения энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве, могут быть значительными, особенно для небольших и средних предприятий. Затраты на приобретение и установку оборудования могут быть высокими, но в долгосрочной перспективе они обычно окупаются благодаря снижению расходов на энергию [7].

Однако внедрение новых технологий в сельское хозяйство может столкнуться с определенными сложностями и преградами. Одной из главных проблем является недостаточная информированность и недостаток навыков в области энергосбережения у работников сельскохозяйственных предприятий. Некоторые предприятия также могут не иметь достаточных финансовых и организационных ресурсов для успешной реализации новых технологий.

На пути внедрения энергосберегающих технологий могут возникать потенциальные риски и ограничения. Например, некоторые технологии могут оказаться неприменимыми из-за климатических условий или специфики сельскохозяйственного производства. Также возможны проблемы с обслуживанием и ремонтом нового оборудования.

Заключение

Таким образом, в заключение можно отметить, что в работе были рассмотрены основные аспекты энергопотребления в сельском хозяйстве, роль энергосберегающих технологий в этой области, примеры успешных реализаций и проблемы, возникающие при их внедрении. Основной целью внедрения энергосберегающих практик в сельском хозяйстве является уменьшение потребления энергии, сокращение вредного воздействия на окружающую среду и повышение устойчивости производства. Исследования показывают, что энергосбережение играет важную роль для сельского хозяйства, поскольку оно способствует снижению энергопотребления, уменьшению загрязнения окружающей среды и повышению производительности. Кроме того, внедрение энергосберегающих технологий способствует устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению ресурсов в энергетике на долгое время для будущих поколений.

Продвижение энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве должно сосредоточиться на повышении их доступности и привлекательности для агропредприятий. Для достижения этой цели необходимо разработать финансовые механизмы, создать государственные программы поддержки и провести кампании, которые информируют о преимуществах энергосбережения для сельскохозяйственных работников. Важно также поощрять научные исследования и инновации в области энергетике, чтобы создавать новые, специально адаптированные для сельского хозяйства энергосберегающие технологии и методы. Только путем успешной реализации этих технологий можно достичь устойчивости сельского хозяйства и снизить его негативное влияние на окружающую среду.

Список источников

1. Андреев, С. А. Электрооборудование для ресурсо-энергосбережения в системах водообеспечения объектов АПК: монография / С. А. Андреев, А. И. Матвеев; Международный центр сотрудничества "Наука и просвещение". - Пенза: МЦНС "Наука и просвещение", 2020. - 189 с.

2. Горелов, М. В. Исследование и разработка энергосберегающей технологии подготовки семян сосны к посеву: автореферат дис.... кандидата технических наук: 05.20.02 / Горелов Михаил Владимирович; [Место защиты: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова]. - Барнаул, 2020. - 21 с.

3. Рязанова, Г. Н. Альтернативные источники энергии и их применение в аграрном бизнесе: монография / Г. Н. Рязанова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Госу-



дарственный университет управления". - Москва: Издательский дом ГУУ, 2023. - 158 с.

4. Семёнова, О. Л. Современные электротехнологии в АПК: учебное пособие / О. Л. Семёнова, В. С. Вохмин; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Башкирский государственный аграрный университет". - Уфа: Башкирский ГАУ, 2020. - 139 с.

5. Каширин, Д. Е. Исследование влияния конструктивно-технологических параметров смесителя - обогатителя концентрированных кормов на энергоёмкость процесса смешивания / Д. Е. Каширин, А. А. Полякова // Вестник КрасГАУ. - 2016. - № 9(120). - С. 107-113. - EDN WLSDPF.

6. Теплотехника. Энергосбережение в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие для студентов инженерных направлений подготовки и специальностей / Ю. А. Ушаков, И. А. Рахимжанова, А. Б. Рязанов, П. А. Иванов; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный аграрный университет". - Оренбург: Агентство Пресса, 2022 (Оренбург). - 70 с.

7. Тихомиров, Д. А. Энергосберегающие электрические системы и технические средства теплообеспечения технологических процессов в животноводстве: монография / Тихомиров Д. А. - Орел:

Вклад авторов:

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

References

1. Andreev, S. A. *Ehlektrorobudovanie dlya resurso-ehnergoberezheniya v sistemakh vodoobespecheniya ob'ektov APK: monografiya* / S. A. Andreev, A. I. Matveev; Mezhdunarodnyy centr sotrudnichestva "Nauka i prosveshchenie". - Penza: MCNS "Nauka i prosveshcheniya", 2020. - 189 s.

2. Gorelov, M. V. *Issledovanie i razrabotka ehnergoberegayushchey tekhnologii podgotovki semyan sosny k posevu: avtoreferat dis.... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.02 / Gorelov Mikhail Vladimirovich; [Mesto zashchity: Altajskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova]. - Barnaul, 2020. - 21 s.*

3. Ryzanova, G. N. *Al'ternativnye istochniki ehnergii i ikh primeneniye v agrarnom biznese: monografiya* / G. N. Ryzanova; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchezhdenie vysshego obrazovaniya "Gosudarstvennyy universitet upravleniya". - Moskva: Izdatel'skij dom GUU, 2023. - 158 s.

4. Semyonova, O. L. *Sovremennye ehlektrotekhnologii v APK: uchebnoe posobie* / O. L. Semyonova, V. S. Vokhmin; Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federacii; Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Bashkirskij gosudarstvennyy agrarnyj universitet". - Ufa: Bashkirskij GAU, 2020. - 139 s.

5. Kashirin, D. E. *Issledovanie vliyaniya konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov smesitelya - obogatitelya koncentrirovannykh kormov na ehnergoemkost' processa smeshivaniya* / D. E. Kashirin, A. A. Polyakova // Vestnik KraSGAU. - 2016. - № 9(120). - С. 107-113. - EDN WLSDPF.

6. *Teplotekhnika. Ehnergoberezhenie v sel'skokhozyajstvennom proizvodstve: uchebnoe posobie dlya studentov inzhenernykh napravlenij podgotovki i special'nostej* / YU. A. Ushakov, I. A. Rakhimzhanova, A. B. Ryzanov, P. A. Ivanov; Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federacii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Orenburgskij gosudarstvennyy agrarnyj universitet". - Orenburg: Agentstvo Pressa, 2022 (Orenburg). - 70 s.

7. Tikhomirov, D. A. *Ehnergoberegayushchie ehlektricheskie sistemy i tekhnicheskie sredstva teploobespecheniya tekhnologicheskikh processov v zhivotnovodstve: monografiya* / Tikhomirov D. A. - Orël: Kartush, 2022. - 276 s.

8. *Ehnergoberegayushchie i resursoaktiviruyushchie ehlektromagnitnye tekhnologii v sel'skom khozyajstve Yakutii: monografiya* / D. E. Afanas'ev, A. D. Afanas'ev, R. P. Li-Fir-Su, P. F. Vasil'ev; otvetstvennyy redaktor

Картуш, 2022. - 276 с.

8. Энергосберегающие и ресурсоактивирующие электромагнитные технологии в сельском хозяйстве Якутии: монография / Д. Е. Афанасьев, А. Д. Афанасьев, Р. П. Ли-Фир-Су, П. Ф. Васильев; ответственный редактор М. П. Лебедев; ФИЦ "Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук", Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН. - Якутск: Издат. дом СВФУ, 2021. - 535 с.

9. Энергосберегающие элементы электротехнологии и светокультуры растений, обеспечивающие перспективы развития АПК: монография / С. И. Васильев, С. В. Машков, В. А. Сыркин [и др.]; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный аграрный университет". - Кинель: ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022. - 154 с.

10. Помехоподавляющий фильтр для фитосветильника / С. И. Васильев, С. В. Машков, П. В. Крючин, Д. Н. Моргунов // Сельский механизатор. - 2019. - №6. - С. 26-27.

11. Ефремов В.В., Маркман Г.З. «Энергосбережение» и «энергоэффективность»: уточнение понятий, система сбалансированных показателей «энергоэффективности» // Известия Томского политехнического университета, 2007. - Т. 311. № 4.



M. P. Lebedev; FIC "Yakutskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk", Institut fiziko-tekhnicheskikh problem Severa im. V. P. Larionova SO RAN. - Yakutsk: Izdat. dom SVFU, 2021. - 535 s.

9. *Ehnergoberegayushchie ehlementy ehlektrotekhnologii i svetokul'tury rastenij, obespechivayushchie perspektivy razvitiya APK: monografiya* / S. I. Vasil'ev, S. V. Mashkov, V. A. Syrkin [i dr.]; Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoj Federacii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Samskij gosudarstvennyy agrarnyj universitet". - Kinel': FGBOU VO Samarskij GAU, 2022. - 154 s.

10. *Pomekhopodavlyayushchij fil'tr dlya fitosvetil'nika* / S. I. Vasil'ev, S. V. Mashkov, P. V. Kryuchin, D. N. Morgunov // Sel'skij mekhanizator. - 2019. - №6. - С. 26-27.

11. Ефремов В.В., Маркман Г.З. «Энергосбережение» и «энергоэффективность»: уточнение понятий, система сбалансированных показателей «энергоэффективности» // Известия Томского политехнического университета, 2007. - Т. 311. № 4.

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

Слободскова Анастасия Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры электротехники и физики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», nastasia_19882010@mail.ru

Семина Елена Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры электротехники и физики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ele25450911@yandex.ru

Латышенко Надежда Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», t921621@mail.ru

Максименко Ольга Олеговна, канд. техн. наук, доцент кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», oly25252008@yandex.ru

Author information

Slobodskova Anastasia A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electrical Engineering and Physics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, nastasia_19882010@mail.ru

Semina Elena S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electrical Engineering and Physics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ele25450911@yandex.ru

Latyshenko Nadezhda M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Organization of Transport Processes and Life Safety, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, t921621@mail.ru

Maksimenko Olga O., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automotive and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, oly25252008@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.05.2024; одобрена после рецензирования 17.08.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 12.05.2024; approved after reviewing 17.08.2024; accepted for publication 20.09.2024.



**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ВОЛНАМИ СВЧ ДИАПАЗОНА****Владислав Евгеньевич Сорокин¹, Бачурин Алексей Николаевич², Иван Алексеевич Успенский³, Иван Александрович Юхин⁴**^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия¹ vlad2010se@yandex.ru² bachurin62@mail.ru³ ivan.uspensckij@yandex.ru⁴ yuival@rambler.ru**Аннотация.****Проблема и цель.** Целью исследования являлась оценка технико-экономических показателей устройства для обработки дизельного топлива.**Методология.** Основана на определении затрат на внедрение устройства в топливную систему дизельных двигателей, проведении производственных испытаний на тракторе МТЗ-80 для сравнения изменений расхода топлива с включенным и выключенным устройством, оценена экономическая эффективность использования данного устройства.**Результаты.** Рассчитана удельная мощность устройства СВЧ обработки топлива для дизельного двигателя Д-243, приведена принципиальная конструкция устройства. При проведении производственных испытаний на тракторе МТЗ-80 зафиксировано среднее снижение расхода топлива на 1,18 л/ч или 6,3 % при выполнении им различных видов работ. По полученным данным топливной экономичности оценена экономическая эффективность использования данного устройства.**Заключение.** Показана техническая возможность использования устройства для обработки топлива волнами сверхвысокого диапазона на автотракторных агрегатах, что экономически обосновано сокращением затрат денежных средств на покупку дизельного топлива в размере 44880 руб. в год при сроке окупаемости устройства 7,5 месяцев.**Ключевые слова:** двигатель, дизельное топливо, СВЧ-устройство, расход топлива, экономическая эффективность**Для цитирования:** Сорокин В.Е., Бачурин А.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. Технико-экономическая оценка устройства для обработки топлива дизельных двигателей автотракторных агрегатов волнами СВЧ диапазона // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 3, С.178-185 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.24.66.023>

Original article

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF A DEVICE FOR PROCESSING FUEL FROM DIESEL ENGINES OF AUTOMOTIVE TRACTOR UNITS WITH MICROWAVE WAVES**Vladislav E. Sorokin¹, Alexey N. Bachurin², Ivan A. Uspensky³, Ivan A. Yukhin⁴**^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ vlad2010se@yandex.ru² bachurin62@mail.ru³ ivan.uspensckij@yandex.ru⁴ yuival@rambler.ru**Abstract.****Problem and purpose.** The purpose of the study was to evaluate the technical and economic indicators of the device for processing diesel fuel.**Methods.** It is based on determining the costs of introducing the device into the fuel system of diesel engines, conducting production tests on the MTZ-80 tractor to compare fuel consumption changes with the device turned on and off, and the economic efficiency of using this device is estimated.**Results.** The technical feasibility of using a device for processing fuel with ultrahigh-range waves on tractor units is shown, which is economically justified by reducing the cost of funds for the purchase of diesel fuel in the amount of 44880 rubles per year with a payback period of 7.5 months for the device.**Conclusion.** The possibility of using a device for processing diesel fuel with microwave waves on tractor units is shown. At the same time, the cost of manufacturing and installing one device for microwave fuel treatment will amount to 23001 rubles, estimated annual savings - 44880 rubles, the payback period of the device is 7.5 months.**Key words:** engine, diesel fuel, microwave device, fuel consumption, economic efficiency.**For citation:** Sorokin V.E., Bachurin A.N., Uspensky I.A., Yukhin I.A. Technical and economic assessment of a device for processing fuel from diesel engines of automotive tractor units with microwave waves. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 3. P. 178-175 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.24.66.023>**Введение**

Одним из главных факторов, определяющих конечную стоимость сельскохозяйственной продукции, является топливо, которое используется на этапах посева сельскохозяйственных культур, их выращивания, защиты от вредителей, сбора, транспортировки, сортировки, хранения, отправки потребителю и переработки. А главным результатом реализации стратегии и тактики сельско-

хозяйственного производства является продовольственная безопасность страны или группы стран, объединенных единым направлением развития.

При этом дизельное топливо является доминирующим энергоресурсом в сельскохозяйственном производстве; несмотря на его все возрастающую цену (рис.1) [4] и попытки использования альтернативных источников [12; 16; 17], остается основой этого производства.

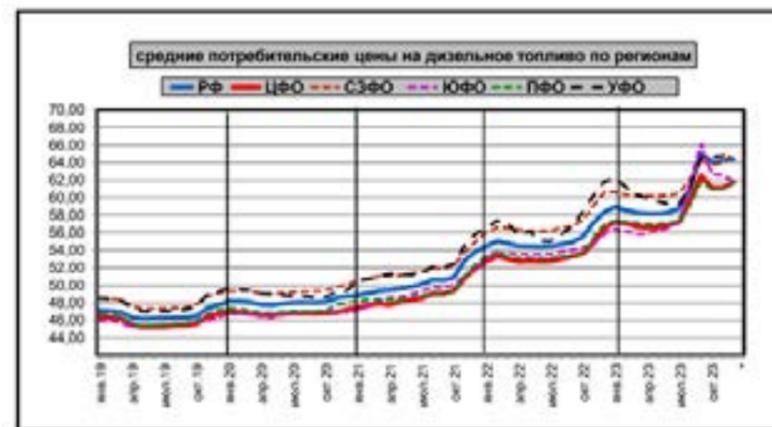


Рис.1 – Динамика средних потребительских цен на дизельное топливо по регионам по данным Росстата
Fig.1 – Dynamics of average consumer prices for diesel fuel by region according to Rosstat

Принимая во внимание, что сельское хозяйство в России является самоокупаемой отраслью только благодаря государственным субсидиям (87 % прибыли в этом секторе экономики в 2014-2016 гг. было получено за счёт субсидий), объемы которых будут сокращаться в последующие годы (с 472,5 млрд руб. в 2023 г. до 390,2 млрд руб. в 2024 г., до 265,8 млрд руб. в 2025 и до 251,3 млрд руб. в 2026 г.), становится понятным, что сельхозтоваропроизводителям придется экономить на одном из самых затратных направлений производства – моторном топливе. В связи с этим особо актуальной становится проблема энергосбережения, в том числе за счет применения недорогих топливосберегающих технологий.

Для улучшения топливной экономичности дизельных двигателей, как правило, сопровождаю-

щейся повышением их экологичности, наиболее часто применяют деароматизацию, омагничивание, электростатическую, электромагнитную, ультразвуковую обработки, а также обработку волнами СВЧ диапазона [1; 7; 9; 10; 11; 13].

Обработка топлива волнами сверхвысокого диапазона влияет на процессы распыления топлива на форсунках, что непосредственно влияет на смесеобразование и последующее воспламенение топливовоздушной смеси в камере сгорания дизеля [15]. Воздействие волн СВЧ выглядит перспективным в условиях среды с низкими температурами [14], при проведении аналогичных стендовых испытаний улучшаются экономическая и экологическая характеристики дизеля [14]. При этом, несмотря на улучшение топливной экономичности и экологичности дизельных двигателей,



остается актуальной оценка технико-экономических показателей устройства для обработки топлива волнами СВЧ диапазона, вмонтированного в топливную систему автотракторного агрегата.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАТУ и в хозяйстве ООО «Привольное» Рязанской области Старожиловского района. Оценка технико-экономических параметров устройства обработки топлива волнами СВЧ диапазона происходила в три этапа.

На первом этапе рассчитывалась удельная мощность излучателя, была представлена принципиальная конструкция устройства и определены затраты на внедрение одного устройства в топливную систему двигателя. Затраты на внедрение устройства для СВЧ обработки топлива определялись по формуле:

$$Z_m = Z_{од} + Z_{пд} + Z_{пр} + Z_{оп}, \quad (1)$$

где Z_m – общие затраты на модернизацию, руб.;

$Z_{од}$ – работы по модернизации СВЧ-устройства, руб.;

$Z_{пд}$ – цена деталей и материалов, используемых для изготовления устройства, руб.;

$Z_{пр}$ – фонд денежных средств для оплаты работ по изготовлению устройства, руб.;

$Z_{оп}$ – расходы на монтаж устройства на автотракторный агрегат, руб.

На втором этапе происходило производственное испытание устройства на автотракторном агрегате. Для проведения испытаний был использован трактор МТЗ-80 с дизельным двигателем Д-243. Топливная экономичность трактора определялась в соответствии с ГОСТ Р 52777-2007 [3], и рассчитывалась по формуле:

$$G_T = 3,6 \frac{V_T \rho}{t}, \quad (2)$$

где G_T – расход дизельного топлива трактором, кг/ч;

V_T – объем израсходованного топлива при выполнении конкретного вида работ на тракторе, см³;

ρ – плотность дизельного топлива, г/см³;

t – время продолжительности работ на тракторе, с.

Объем израсходованного дизельного топлива на тракторе МТЗ-80 измерялся топливомером ПТ-041, а плотность топлива бралась из паспорта на соответствующую партию.

На третьем этапе происходило определение экономической эффективности устройства для СВЧ обработки топлива, для которой рассчитывалась величина эксплуатационных расходов:

$$A_0 = \frac{C \cdot B}{100}, \quad (3)$$

где A_0 – величина эксплуатационных расходов, руб.;

C – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

B – процент годовых амортизационных расходов, %.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценить удельную мощность излучателя для дизельного двигателя Д-243 возможно, используя из ранее проведенных экспериментов «объемную скорость» обработки топлива при мощности излучателя 350 Вт [14]:

$$100 \text{ мл в течение } 90 \text{ с} \Rightarrow 100 \text{ мл} : 90 \text{ с} = 1,11 \text{ мл/с}. \quad (4)$$

Тогда, принимая во внимание известные данные по удельному расходу топлива дизелем Д-243 (166 г/л.с.·ч) при мощности (81 л.с.), определим часовой и объемный расход топлива (для плотности $\rho = 0,84 \text{ г/мл}$ [2])

$$166 \text{ г/л.с.} \cdot \text{ч} \cdot 81 \text{ л.с.} = 13446 \text{ г/ч}; \quad (5)$$

$$13446 \text{ г/ч} : 0,84 \text{ г/мл} = 16007 \text{ мл/ч} \text{ или } 16007 \text{ мл/ч} : 3600 \text{ с/ч} = 4,4 \text{ мл/с}. \quad (6)$$

Разделив последнее значение на результат вычисления по формуле (4) и умножив на мощность СВЧ излучателя, получим мощность излучателя для дизеля Д-243:

$$W_{Д-243} = 4,4 \text{ мл/с} : 1,11 \text{ мл/с} \cdot 350 \text{ Вт} = 1402 \text{ Вт}. \quad (7)$$

Аналогичные результаты будут получены при одновременном двукратном увеличении объема обрабатываемого топлива и мощности СВЧ-излучателя.

При КПД магнетрона $\approx 80\%$ и найденной по формуле (7) мощности 1402 Вт, потребляемая мощность составит 1750 Вт.

Для использования максимальной рассчитанной мощности волн сверхвысокой частоты можно использовать несколько магнетронов [8;18]. Расположить магнетроны можно звездообразно, как показано на рисунке 2.

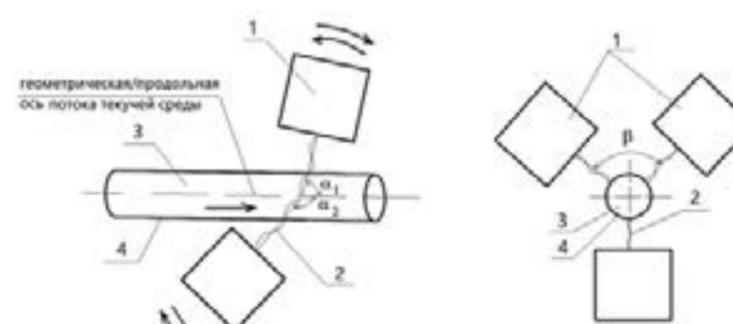
Предлагаемое устройство позволяет выборочно или комплексно подключать блоки СВЧ излучения, создавая пространственно сложные области обработки, что позволяет интенсифицировать этот процесс. Кроме того, в предлагаемой конструкции возможно поочередное использование магнетронов с целью недопущения их перегрева в процессе непрерывной работы.

В качестве основы для выполнения устройства обработки топлива можно выбрать микроволновую печь с механическим управлением мощностью магнетрона (рис.3).

Для повышения напряжения от бортовой сети автотракторного агрегата нужно использовать автомобильный инвертор мощностью 1500 Вт. Инвертор соединяется непосредственно с аккумулятором транспортного средства проводами большого сечения, а потребитель – небольшого.

Рассчитаем затраты денежных средств на выполнение устройства по обработке топлива волнами СВЧ диапазона с одним магнетроном, выполненного по схеме, показанной на рисунке 3, с учетом цен на комплектующие.

Затраты на внедрение устройства для СВЧ обработки топлива в систему питания дизеля определялись по формуле (1) и сведены в таблицу 1.



1 – блок, генерирующий СВЧ излучение; 2 – волновод; 3 – поток текучей среды; 4 – труба со стенками, проницаемыми для СВЧ излучения

Рис. 2 – Расположение магнетронов для СВЧ обработки дизельного топлива: 1 – a block generating microwave radiation; 2 – a waveguide; 3 – a fluid flow; 4 – pipe with walls permeable to microwave radiation

Fig.2 – Arrangement of magnetrons for microwave treatment of diesel fuel:

Таблица 1 – Расчёт денежных средств на производство и внедрение устройства в топливную систему автотракторного агрегата

Наименование	Стоимость, руб
Микроволновая печь	4499
Инвертор 12 В/220 В мощностью 1500 Вт	3653
Автоматический выключатель МСВ	2168
Автоматический выключатель RCD	1134
Провода, соединяющие инвертор с аккумулятором, 1 м	900
Провода, соединяющие выход инвертора со входом устройства управления магнетроном, 5 м	221
Трубка ПВХ маслобензостойкая 12x15, 5 м	656
Работы по модернизации электрической схемы устройства управления магнетроном (по аналогии с установкой автомагнитол с резкой металла или пластика – [105])	до 1170
Проводка моторного отсека	до 1800
Подторпедная проводка	до 3600
Нестандартные электротехнические работы 1000 руб/час (за 2 часа)	2000
Работы по проведению топливопровода в зону СВЧ излучения магнетрона и его закреплению на блоке управления (по аналогии с заменой топливопровода [37])	1200
Общая стоимость	23001

Таким образом, затраты на производство СВЧ устройства и его внедрение на автотракторный агрегат составят 23001 рубль.

Полевые испытания трактора МТЗ-80 с интегрированным устройством для СВЧ обработки топлива происходили на базе хозяйства ООО «Привольное» в Старожиловском районе.

Целью испытаний было сравнение топливной экономичности трактора МТЗ-80 (рис.4), укомплектованного штатной системой топливоподачи двигателя Д-243 и модернизированной системы топливоподачи, включающей устройство для СВЧ обработки топлива, содержащее компоненты, указанные в таблице 1.



Рис. 3 – Воздействие волн СВЧ диапазона на топливо
Fig.3 – The effect of microwave waves on fuel



Рис. 4 – Трактор МТЗ-80 при проведении производственных испытаний
Fig.4 – MTZ-80 tractor during production



При проведении испытаний устройство было размещено в кабине трактора МТЗ-80 справа от рукояток управления выводами гидрораспределителя (рис.5), что дает механизатору свободный



доступ к блоку управления устройством. Питание дизеля топливом осуществлялось через врезку в штатный топливопровод агрегата, которая проходила через уменьшенную камеру СВЧ устройства.



Рис. 5 – Врезка устройства СВЧ обработки в топливную систему дизеля Д-243 трактора МТЗ-80
Fig.5 – Embedding of the microwave processing device into the fuel system of the diesel engine D-243 of the MTZ-80 tractor

Производственные испытания проходили в течение 11 месяцев, в период с 01.03.2023 г. по 31.01.2024 г., за это время трактор использовался на различных видах работ, таких как пахота, боронование, культивирование, внесение удобрений, уборка снега. За время производственных испытаний трактор расходовал от 11 л/ч (уборка снега) до 19 л/ч (пахота), при его работе в течение 530 мото-часов (262 мото-часа без использования устройства, 268 мото-часа с устройством).

Среднее потребление топлива трактором МТЗ-80 без устройства составило 18,73 л/ч, а с использованием устройства – 17,55 л/ч (рис. 6). Таким образом, использование устройства позволяет снизить расход топлива на 1,18 л/ч или 6,3 %, что позволило сократить потребление 316,24 л дизельного топлива на сумму 20046,45 руб. (стоимость 1 л. дизельного топлива на 25.01.2024 равна 63,39 руб.)

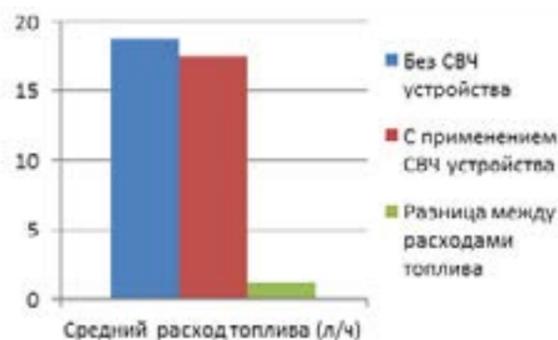


Рис. 6 – Средний расход топлива при производственных испытаниях на МТЗ-80
Fig. 6 – Average fuel consumption during production tests on MTZ-80

Для оценки экономической эффективности обработки топлива волнами СВЧ диапазона (табл. 2) величина эксплуатационных расходов рассчитывалась по формуле (3).

Таблица 2 – Оценка экономической эффективности устройства

№ п/п	Показатели	Устройство для СВЧ обработки топлива
1	Стоимость устройства с учетом монтажа на автотракторный агрегат, руб	23001
2	Амортизационные отчисления (12,5%), руб	3450,15
3	Среднегодовое время эксплуатации автотракторного агрегата, мото-часов	600
4	Уменьшения расхода топлива при использовании устройства (6,3%), л	708
5	Расчётная годовая экономия, руб	44880
6	Срок окупаемости, лет	0,59



Таким образом, расчетная годовая экономия для одного трактора МТЗ-80, эксплуатируемого на различных видах работ, составит 44880 руб. в год, при сроке окупаемости устройства для СВЧ обработки топлива 7,5 месяцев.

Заключение

Расчетное значение мощности излучателя для дизеля Д-243 составило 1402 Вт. При коэффициенте полезного действия магнетрона порядка 80 % потребляемая мощность устройством для СВЧ обработки топлива составит 1750 Вт.

Затраты денежных средств на изготовление и монтаж устройства для обработки топлива волнами СВЧ диапазона для широко применяемого в агропромышленном комплексе дизельного двигателя

Д-243 трактора МТЗ-80 составили 23001 рублей.

Использование устройства обработки топлива в системе питания трактора МТЗ-80 позволило улучшить его топливную экономичность на 6,3 %, расчетная экономия денежных средств при годовом пробеге в 600 мото-часов составит 44880 руб. при сроке окупаемости устройства для СВЧ обработки топлива 7,5 месяцев.

Список источников

1. Воспламенение с помощью поверхностного СВЧ-разряда жидких углеводородов в условиях высокоскоростных воздушных потоков / В.М. Шибков, Л.В. Шибкова, А.А. Карачев, Р.С. Константиновский // Теплофизика высоких температур. 2010. № 1 (дополнительный). С. 23–34.
2. ГОСТ 305-2013. Межгосударственный стандарт. Топливо дизельное. Технические условия. – 10 с.
3. ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – 4 с.
4. Динамика средних потребительских цен на дизельное топливо по регионам. Тарифы Росстата 2008-2024 г. / https://lider1.ru/upload/ДТ_ИПЦ_тарифы_Росстат-ЛСТ_2008-2024_01.01.2024.pdf
5. Литвинова, С. 9 трендов – 2023. Анализируем главное в АПК за истекший год / ЩелковоАгрохим. Декабрь 2023. №11(53). URL: https://betaren.ru/news/9-trendov-2023-analiziruem-glavnoe-v-apk-zastekshiy-god/?journal_id=13932
6. Мукатова, М.Д., Чан Ньонг Тхи. Обоснование и разработка технологии производства биодизеля из жиросодержащих рыбных отходов / Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2012. № 2. – с.158-163
7. Оценка топливотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива / Р.В. Пуков, А.А. Симдянкин, И.А. Успенский и др. // Техника и оборудование для села. 2017. № 11. С. 12 – 17.
8. Патент № №2306448 F02M27/04 Способ обработки топлива и устройство для его осуществления / Скотин В.А., Степанов Ю.Б. заявл. 2005-04-07, опубл. 20.09.2007 (90)
9. Погорлецкий Д.С., Малыгин А.Б., Котыло А.В.

Вклад авторов:

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

Перспективы магнитной обработки углеводородных топлив на автотранспорте // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2013. № 3. С. 58–65.

10. Преимущества магнитной обработки дизельных топлив / Н.А. Пивоварова, Е.С. Акишина, Т.В. Сальникова и др. // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 2 (68). С. 7–15. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2019-2-7-15>.

11. Результаты экспериментального исследования устройства для энергонасыщения топлива на дизеле Д-243 / Г.З. Кайкацишвили, А.А. Симдянкин, Н.В. Бышов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 100. С. 396–410.

12. Руководство по энергетической статистике. Международное энергетическое агентство. 192 с. URL: https://rosstat.gov.ru/metod/manualrussian_web.pdf

13. Сорокин В.Е., Бачурин А.Н. Влияние СВЧ-обработки дизельного топлива на топливную экономичность и экологичность автотракторных двигателей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (108). С. 156 – 162. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-108-4-156-162>.

14. Сорокин, В. Е. Изменение характеристик дизельного топлива при его обработке волнами СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, А. А. Симдянкин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №1, С. 133-140 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.32.018>

15. Сорокин, В. Е. Учет в теоретических зависимостях изменения кинематической вязкости и коэффициента поверхностного натяжения дизельного топлива вследствие воздействия волн СВЧ диапазона / В. Е. Сорокин, А. Н. Бачурин, А. А. Симдянкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 196. – С. 101-114. – DOI 10.21515/1990-4665-196-011.

16. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р – 93 с.

17. IEA (2021). Net Zero by 2050. A roadmap for the global energy sector. Paris: International Energy Agency (EIA). URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

18. Patent EP 2 490 801 B1 B01J 19/12 (2006.01) H05B 6/80 (2006.01), A23L 3/01 (2006.01), A23L 3/22 (2006.01), A61L 2/00 (2006.01) A61L 2/12 (2006.01), A61L 2/24 (2006.01) Method for treating a fluid with microwave radiation/ Zadyraka Yu.V, Gritsinin S.I., Misakyan M.A., Kossyl I.A., Barkhudarou E.M. Date of publication of application: 29.08.2012, Bulletin 2012/35



References

1. *Vosplamnenie s pomoshch'yu poverhnostnogo SVCh-razryada zhidkih uglevodorodov v usloviyah vysokoskorostnykh vozdushnykh potokov* / V.M. Shibkov, L.V. Shibkova, A.A. Karachev, R.S. Konstantinovskij // *Teplofizika vysokih temperatur*. 2010. № 1 (dopolnitel'nyj). S. 23– 34.
2. GOST 305-2013. *Mezhgosudarstvennyj standart. Toplivo dizel'noe. Tekhnicheskie usloviya*. – 10 s.
3. GOST R 52777-2007. *Tekhnika sel'skohozyajstvennaya. Metody energeticheskoy ocenki*. – 4 s.
4. *Dinamika srednih potrebitel'skih cen na dizel'noe toplivo po regionam. Tarify Rosstat 2008-2024 g.* / https://lider1.ru/upload/DT_IPC_tarify_Rosstat-LST_2008-2024_01.01.2024.pdf
5. Litvinova, S. 9 trendov – 2023 Analiziruem glavnoe v APK za istekshij god / *ShchelkovoArgohim. Dekabr* 2023. №11(53). URL: https://betaren.ru/news/9-trendov-2023-analiziruem-glavnoe-v-apk-za-istekshiy-god/?journal_id=13932
6. Mukatova, M.D., Chan N'yunng Thi. *Obosnovanie i razrabotka tekhnologii proizvodstva biodizelya iz zhirosoderzhashchih rybnih othodov* / *Vestnik AGTU. Ser. Rybnoe hozyajstvo*. 2012. № 2. – s.158-163
7. *Ocenka toplivopotrebleniya dvigatelej pri ul'trazvukovoj obrabotke topliva* / R.V. Pukov, A.A. Simdyankin, I.A. Uspenskiy i dr. // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2017. № 11. S. 12 – 17.
8. Patent № №2306448 F02M27/04 *Sposob obrabotki topliva i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya* / Skotin V.A., Stepanov Yu.B. *zayavl.* 2005-04-07, *opubl.* 20.09.2007 (90)
9. Pogorleckij D.S., Malygin A.B., Kotylo A.V. *Perspektivy magnitnoj obrabotki uglevodorodnykh topliv na avtotransporte* // *Visnik Donec'koi akademii avtomobil'nogo transportu*. 2013. № 3. S. 58– 65.
10. *Preimushchestva magnitnoj obrabotki dizel'nykh topliv* / N.A. Pivovarova, E.S. Akishina, T.V. Sal'nikova i dr. // *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019. № 2 (68). S. 7–15. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2019-2-7-15>.
11. *Rezultaty eksperimental'nogo issledovaniya ustrojstva dlya energonasyshcheniya topliva na dizele D-243* / G.Z. Kajkacishvili, A.A. Simdyankin, N.V. Byshov i dr. // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 100. S. 396–410.
12. *Rukovodstvo po energeticheskoy statistike. Mezhdunarodnoe energeticheskoe agentstvo*. 192 s. URL: https://rosstat.gov.ru/metod/manualrussian_web.pdf
13. Sorokin V.E., Bachurin A.N. *Vliyanie SVCh-obrabotki dizel'nogo topliva na toplivnuyu ekonomichnost' i ekologichnost' avtotraktornykh dvigatelej* // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024. № 4 (108). S. 156 – 162. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-108-4-156-162>.
14. Sorokin, V. E. *Izmenenie harakteristik dizel'nogo topliva pri ego obrabotke volnami SVCh diapazona* / V. E. Sorokin, A. N. Bachurin, A. A. Simdyankin // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2024. T.16, №1, S. 133-140 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.32.018>
15. Sorokin, V. E. *Uchet v teoreticheskikh zavisimostyakh izmeneniya kinematicheskoy vyzkostki i koefficienta poverhnostnogo natyazheniya dizel'nogo topliva vsledstvie vozdejstviya voln SVCh diapazona* / V. E. Sorokin, A. N. Bachurin, A. A. Simdyankin // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2024. – № 196. – S. 101-114. – DOI 10.21515/1990-4665-196-011.
16. *Energeticheskaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 iyunya 2020 g.* № 1523-r – 93 s.
17. IEA (2021). *Net Zero by 2050. A roadmap for the global energy sector*. Paris: International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
18. Patent EP 2 490 801 B1 B01J 19/12 (2006.01) H05B 6/80 (2006.01), A23L 3/01 (2006.01), A23L 3/22 (2006.01), A61L 2/00 (2006.01) A61L 2/12 (2006.01), A61L 2/24 (2006.01) *Method for treating a fluid with microwave radiation*/ Zadyraka Yu.V., Gritsinin S.I., Misakyan M.A., Kossyl I.A., Barkhudarou E.M. *Date of publication of application*: 29.08.2012, *Bulletin* 2012/35

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

Сорокин Владислав Евгеньевич, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», vlad2010se@yandex.ru

Бачурин Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, декан инженерного факультета, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», bachurin62@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», ivan.uspensckij@yandex.ru



Юхин Иван Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», yuival@rambler.ru

Author information

Sorokin Vladislav E., graduate student of the department of operation of the machine and tractor fleet, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, vlad2010se@yandex.ru

Bachurin Aleksey N., Ph.D. Technical Sciences, Associate Professor, dean of the faculty of Engineering, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, bachurin62@mail.ru

Uspenskiy Ivan A., Doctor of of Technical Sci., Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sci., Professor, Head of the Department of Automotive and Tractor Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, yuival@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 02.08.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 02.08.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.151: 006.91
DOI: 10.36508/RSATU.2024.29.91.024К ВОПРОСУ СТАНДАРТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**Александр Владимирович Шемякин¹, Сергей Николаевич Борычев², Ирина Геннадьевна Шашкова³, Георгий Анатольевич Нуждин⁴, Михаил Георгиевич Нуждин⁵**^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия⁴ ООО НПФ «Техполиком», г. Москва, Россия⁵ Тульский государственный университет, г. Тула, Россия¹ university@rgatu.ru
² 89066486088@mail.ru
³ irina@rgatu.ru
⁴ nuzhdin.65@mail.ru
⁵ mishanuzhdin1@mail.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. Целью настоящего исследования являлось выявление, научное обоснование и подготовка методических рекомендаций по повышению качества подготовки специалистов метрологии для решения технических и технологических задач агропромышленного комплекса на основе изучения взаимосвязки требований действующих документов в сфере управления качеством и стандартизации с учетом компетентностного подхода.

Методология. Научно-аналитическое исследование выполняли в условиях действия ряда документов по стандартизации РФ, введенных соответствующими приказами Росстандарта в последние годы. В качестве объектов исследования выступали взаимосвязанные организационно-производственные системы агропромышленного комплекса, а также их отдельные элементы, связанные с проблематикой управления качеством.

Результаты. Элемент метрологического обеспечения как одна из важнейших составляющих организационно-производственной системы агропромышленного комплекса оказывает непосредственное влияние на конкурентоспособность и качество продукции. Кадровое обеспечение решения задач метрологии и стандартизации в подотраслях сельского хозяйства и смежных отраслей должно отвечать требованиям, необходимым для решения профессиональных задач, а профильные специалисты – иметь высокий уровень теоретических знаний и практических навыков. В рамках проведения исследований проанализирован ряд действующих стандартов, введенных в действие в последние десятилетия. Для проведения анализа были отобраны национальные стандарты РФ и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Выделяли для сравнительного анализа компетенции и комплекс требований к экспертам-метрологам в части метрологической экспертизы. Впоследствии системно анализировали согласованность этих требований и положений национальных стандартов государственной системы обеспечения единства измерений (ГСОЕИ). Полученные аналитические результаты используются при разработке, апробации и внедрении в учебный процесс и преподавание дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы взаимозаменяемости и технические измерения».

Заключение. Анализ национальных стандартов РФ в сфере ГСОЕИ, профстандарта «Специалист по метрологии» и других действующих в стране документов по стандартизации подтверждает согласованность их требований в части метрологической экспертизы. Из-за значительной роли метрологической экспертизы (МЭ) и необходимости обеспечения единства измерений на всех стадиях жизненного цикла агропромышленной продукции, в которых предусмотрена разработка технической документации и/или внесение изменений в нее. При разработке учебно-методических комплексов и рабочих программ дисциплин в рамках аграрного образования, в первую очередь при обучении по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки (УГСН) 35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство, рекомендовано изучение тематик, связанных не только с измерительными устройствами, но и с устройствами автоматического контроля. Выявлено, что практические навыки в сфере метрологической экспертизы существенно повышают конкурентоспособность и востребованность выпускников и специалистов. Поэтому в рабочие программы дисциплин «Метроло-



гия, стандартизация и сертификация», «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» необходимо включить тематики, связанные с метрологическим обеспечением сельскохозяйственных предприятий соответствующего профиля.

Ключевые слова: агропромышленная продукция, метрологическое обеспечение, метрологическая экспертиза технической документации, эксперт-метролог, национальный стандарт, профессиональный стандарт

Для цитирования: Шемякин А.В., Борычев С.Н., Шашкова И.Г., Нуждин Г.А., Нуждин М.Г. К вопросу стандартизации технологий и технических средств в агропромышленном комплексе // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №3. С.186-192. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.29.91.024>

Original article

TO THE ISSUE OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX
STANDARTISATION**Alexander V. Shemyakin¹, Sergej N. Borychev², Irina G. Shashkova³, Georgy A. Nuzhdin⁴, Mikhail G. Nuzhdin⁵**^{1,2,3} Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia⁴ Research and Production Company "Techpolicom" LLC, Moscow, Russia⁵ Tula State University, Tula, Russia¹ university@rgatu.ru
² 89066486088@mail.ru
³ irina@rgatu.ru
⁴ nuzhdin.65@mail.ru
⁵ mishanuzhdin1@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The purpose of this study was to analyze, establish and confirm the consistency of the current standardization documents requirements and develop recommendations for product quality management in terms of metrology specialists training and competence.

Methodology. Scientific and analytical experience was carried out in the context of a number of existing documents on standardization of the Russian Federation, put into effect by the relevant orders of Rosstandart in recent years. The objects of research were interrelated subsystems of the organizational and technical system of technological support for the creation of technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex.

Results. Metrological support in the agro-industrial complex, as one of the interconnected subsystems in the organizational and technical system of technological support for the creation of technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex, significantly determines the increase in the safety and competitiveness of products. Competent personnel in the agro-industrial complex must have a set of knowledge in the field of agriculture and practical skills in carrying out work necessary to solve professional problems. Therefore, in order to fulfill the requirements for managing the quality of agricultural products, metrological support and the required reliability at an agricultural enterprise, we analyzed a number of existing standards put into effect in recent decades to confirm the consistency of the requirements. National standards of the Russian Federation and recommendations for interstate standardization were selected for the analysis. A set of requirements for metrological experts in terms of metrological expertise was also allocated for comparative analysis. Subsequently, the consistency of these requirements and the provisions of national standards of the state system for ensuring the uniformity of measurements (GSOEI) was systematically analyzed. The analytical results obtained are used in the development, testing and implementation in the educational process and teaching of the disciplines «Metrology, Standardization and Certification», «Fundamentals of Interchangeability and Technical Measurements».

Conclusion. The analysis of the current documents on standardization, professional standards ("Metrology Specialist") and national standards of the Russian Federation in the field of the state system of technological support and ensuring the uniformity of measurements confirmed the consistency of their requirements in terms of metrological expertise. Due to the significant role of metrological expertise in the field of compliance with metrological requirements, rules and norms in the technical documentation in the field of ensuring the uniformity of measurements at all stages of the life cycle of agro-industrial products, which provide for the development of technical documentation and/or amendments to it in the relevant work programs, it is recommended to include topics with mandatory coverage of issues related to measuring instruments and automatic control devices. It is also advisable to include the topic "Main areas of activity in the field of metrological support of an agricultural enterprise" in the relevant work programs. In addition, it was revealed that practical skills in carrying out work on OP are urgently needed to solve professional tasks.



Key words: agro-industrial products, metrological support, metrological examination of technical documentation, expert metrologist, national standard, professional standard.

For citation: Shemyakin A.V., Borychev S.N., Shashkova I.G., Nuzhdin G.A., Nuzhdin M.G. To the issue of technologies and technical means in the agro-industrial complex standardization // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol.16, No.3, P.186-192. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.29.91.024>.

Введение и цель работы

В организационно-производственных системах агропромышленного комплекса действуют взаимосвязанные подсистемы, причем технологические и другие процессы, реализуемые в их рамках, весьма специфичны [1]. Целью настоящего исследования являлось выявление, научное обоснование и подготовка методических рекомендаций по повышению качества подготовки специалистов метрологии для решения технических и технологических задач агропромышленного комплекса на основе изучения взаимоотношения требований действующих документов в сфере управления качеством и стандартизации с учетом компетентностного подхода.

Особенности достижения указанной цели в системах управления организационно-производственных процессов агропромышленного комплекса и решений, сопровождающих их реализацию на практике – одна из принципиальных трудностей в силу различия исходных данных и имеющихся в распоряжении ресурсов [2]. Например, соотношение планового и реального срока технологической подготовки или освоения новой прогрессивной технологии, или, скажем, неоднозначная терминология в вопросах оптимизации стоимости или повышения гибкости – общая проблема при технологическом обеспечении. В аспекте стандартизации все это в комплексе – и оптимизация, и повышение гибкости, и сокращение сроков подготовки производства – есть прямое свидетельство неиспользованных резервов и, соответственно, успех в этом вопросе может быть обеспечен использованием одного или нескольких из следующих методов: моделированием, цифровизацией, метрологическим мониторингом [3].

Сформированная и результативно действующая система технологической подготовки обязательно создает все условия для взаимодействия различных категорий специалистов – технологов, метрологов, экологов и других. А также – она включает в себя метрологическое обеспечение производства и испытаний продукции [4]. Определение термина продукция дано ФЗ от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Это результат деятельности, имеющий материальную или вещественную форму, причем он предназначен для дальнейшего использования в каких-либо целях, например, в хозяйственных. Характеристикой конкретной продукции в какой-то степени может служить каталожный лист продукции (КЛП). В реквизите 12 должно быть указано наименование и обозначение продукции, то есть идентификация некоторой, но вполне определенной маркой и/или новым типом ее исполнения и/или сортом. А в реквизите 30.1 должна быть указана область применения продукции и/или основное ее предна-

значение. Если конкретную продукцию произвели в целях реализации за пределами предприятия, то, с одной стороны, эта запись должна быть все-сторонней и исчерпывающей, а с другой – есть регламентированное требование о ее краткости и отсутствии дублирования собственно наименования этой конкретной продукции.

На этапе подготовки производства должны быть выполнены работы, обеспечивающие технологическую готовность. При подготовке полного комплекта документации на конкретную продукцию и материалов по технологическому обеспечению создания продукции используют и технические условия (ТУ), и каталожный лист продукции (КЛП). Каталогный лист продукции необходимо зарегистрировать в территориальных органах Росстандарта в установленном порядке по правилам, даже если на данную продукцию ранее он не был представлен. Кроме этого, допускается представлять и стандарт организации, и техническое описание, и технологическую инструкцию, и чертеж [5]. В поле КЛП, отведенном для реквизита 27, – «Форма подтверждения соответствия», необходимо указать либо «Добровольная», либо «Декларирование» или «Сертификация». Форму обязательного подтверждения соответствия можно определить, проанализировав документы по стандартизации на эту конкретную продукцию, и на ее аналоги, как отечественные, так, возможно, и иностранного производства. Затем целесообразно проверить самостоятельно или в уполномоченной организации по актуальному на текущую дату перечню, не подпадает ли эта конкретная продукция под декларирование соответствия, а также – не подлежит ли она обязательной сертификации [6]. Анализ и оценка правильности установления, применения и соблюдения в комплекте материалов по технологическому обеспечению создания продукции правовых основ и трактовок норм и требований по метрологии – немаловажный фактор проводимой метрологической экспертизы. Строго говоря, метрологическая экспертиза с точки зрения стандартизации, в свою очередь, – неотъемлемая составная часть метрологического обеспечения создания технологий, машин и оборудования для агропромышленного комплекса [7].

Вследствие важности этих работ в любой момент жизненного цикла в совокупности с преобладающим влиянием человеческого фактора в организационно-технических, метрологических и технологических моментах и провели аналитическое сравнение динамики требований к компетентности соответствующих специалистов в целях рассмотрения и изучения их корреляции.

Материалы и методы исследования

Научно-аналитическое исследование выполняли в условиях действия ряда документов по

стандартизации РФ, введенных соответствующими приказами Росстандарта в последние годы. В качестве объектов исследования выступали взаимосвязанные организационно-производственные системы агропромышленного комплекса, а также их отдельные элементы, связанные с проблематикой управления качеством. Метрологическое обеспечение принято выделять по характеру объекта в процессе производства [8].

Результаты исследований и их обсуждение

С одной стороны, ТУ, являясь документом на продукцию, в соответствии с ГОСТ 2.102, являются и частью конструкторской документации (КД) и содержат набор требований к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке. Этот набор не должен противоречить требованиям стандартов различного уровня, распространяющихся на изделие. В ТУ требования стандартов заменяют ссылками на них. С другой стороны, КД по ГОСТ 2.102, в которую и входят ТУ, однозначно относятся к видам документов, подлежащих метрологической экспертизе [7].

Рассмотрим в качестве примера первый элемент в содержании МЭ – оценка правильности и рациональности набора контролируемых параметров. Все разделы ТУ комплексно связаны между собой. В заключительном разделе ТУ по ГОСТ 2.114—2016 необходимо устанавливать права и обязанности изготовителя по гарантиям. В соответствии с частью 4 статьи 33 Федерального закона от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 14.02.2024) при закупках могут быть установлены требования к остаточному сроку годности, например, «не менее ¼ гарантийного срока».

Остаточный срок годности (службы) устанавливает при закупке по 44-ФЗ категорий товаров, имеющих срок использования. Поэтому в обсуждаемом разделе ТУ целесообразно указывать продолжительность гарантийного срока в самых малых единицах измерения времени при возможности, лучше всего – в днях (сутках).

В разделе ТУ «Указания по эксплуатации, хранению и транспортированию» необходимо указывать условия хранения, обеспечивающие сохранность, в том числе температурный и влажностный режим хранения, требования к месту хранения изделий (навес, крытый склад, отапливаемое помещение и т. д.), к защите изделий от влияния внешней среды (влаги, вредных испарений и др.).

В части транспортирования следует указывать допустимые механические, температурные и другие воздействия при транспортировании, климатические условия и параметры транспортирования (допустимую дальность, скорость и т. п.) и специальные требования к изделиям при транспортировании (необходимость защиты от внешних воздействующих факторов, от ударов при погрузке и выгрузке). Особого внимания заслуживают правила обращения с изделиями после транспортирования при низких либо высоких температурах.

Поэтому, например, и в разделе «Гарантии изготовителя», и в разделе «Указания по эксплуатации, хранению и транспортированию» необходимо указать одинаковые пределы температуры и

влажности. Если в разделе ТУ «Указания по эксплуатации, хранению и транспортированию» регламентировано: «Хранение и транспортирование материала, упакованного в соответствии с пунктом 2.4.2, осуществляется при температуре не выше 17° С и влажности не более 65 %»; то и в разделе ТУ «Гарантии изготовителя» необходимо также указать эту же предельную температуру (17° С). Очевидно, что в диапазонах температур, близких к указанной критической температуре, гарантийный срок хранения может быть существенно короче. Наоборот, при снижении температуры относительно указанного диапазона в определенных случаях возможно увеличение этого срока, например:

«Гарантийный срок хранения материала со дня изготовления:

- при температуре не выше минус 8° С – 12 месяцев;
- при температуре от минус 8 до плюс 8° С – 6 месяцев;
- при температуре от плюс 8 до плюс 17° С – 3 месяца».

И здесь при проведении МЭ важно обращать внимание на правильность определения и фиксации температурных интервалов: недопустимо регламентировать температурные интервалы с разрывами по температурной шкале:

- «Гарантийный срок хранения материала со дня изготовления:
- при температуре не выше минус 8° С – 12 месяцев;
 - при температуре от минус 7 до плюс 8° С – 6 месяцев;
 - при температуре от плюс 9 до плюс 28° С – 3 месяца».

Очевидно, что в подобных ситуациях появляется возможность отсутствия гарантийных обязательств при хранении материала при температуре минус 7,5° С, и/или при температурах плюс 8,2-8,9° С.

Отметим, что правила обращения с изделиями целесообразно регламентировать после транспортирования с учетом имеющегося при этом температурного режима. Например, в разделе ТУ «Указания по эксплуатации, хранению и транспортированию» полезно указать, что «Во избежание растрескивания материала, упаковку после хранения в холодильнике не вскрывать, пока не произойдет полный прогрев до номинальной температуры рабочего помещения». Либо сразу установить минимальное время нахождения при номинальной температуре рабочего помещения не менее, скажем, 12 часов до начала работ по вскрытию упаковки.

Аналогично проводят МЭ по этому вопросу и раздела ТУ «Методы контроля». Вот пример второго или третьего подпункта этого раздела:

«Испытания должны проводиться при температуре (21±2)° С и влажности воздуха (80±5)%. Если образцы материала находятся в холодильнике, то они должны быть до начала испытаний выдержаны при номинальной температуре рабочего помещения не менее 12 ч».

Точно такая же ситуация и в случае использо-



вания высоких температур. Например, в этом же разделе ТУ «Методы контроля»:

Во-первых, предусмотрено время вылеживания перед вырезкой образцов для испытаний:

«Образцы стеклопластика для испытаний изготавливать прямым формованием восьмислойной заготовки. Заготовку поместить между антиадгезионными прокладками, выдерживающими нагрев до температуры 180° С. Полученный пакет поместить между обогреваемыми плитами пресса и провести формование по режиму:

– сомкнуть плиты пресса до непосредственного контакта;

– нагреть пакет до (120±5)° С со скоростью 2° С/мин;

– выдержать пакет под давлением 0,1 МПа в течение 0,5 ч;

– поднять давление до 0,5 МПа;

– поднять температуру до (175±5)° С со скоростью 2° С/мин и выдержать пакет под давлением 0,5 МПа в течение 3 ч;

– охладить пакет до 40° С под давлением, снять давление и выгрузить пакет.

Изготовление образцов для испытаний из отформованного стеклопластика проводить алмазным кругом не ранее, чем через 12 ч после завершения процесса формования».

Во-вторых, предусмотрено время вылеживания непосредственно перед началом проведения испытаний:

«Образцы материала складывают в кассету. Для контроля за температурой в середину между образцами помещают термопару типа ТХА по ГОСТ Р 8.585 или аналогичную по свойствам термопару. Кассету помещают под рычажный пресс, дают давление 1,5-2,0 кгс/см² и загружа-

ют в термощкаф. Выдерживают при температуре (175±5)° С в течение 3 ч. Отсчет времени ведется с момента достижения заданной температуры. Скорость подъема температуры в шкафу до (175±5)° С от 1,5 до 2,0° С/мин. По окончании выдержки образцов отключают обогрев и охлаждают образцы при открытой дверце термощкафа, не снимая давления, до температуры не выше 40° С. После чего кассету извлекают из термощкафа. Испытание образцов проводят не менее чем через 10 ч после их охлаждения».

В этом же первом элементе МЭ необходимо рассмотреть целесообразность замены качественных требований количественными. Кроме этого, продукция должна проходить только необходимый и достаточный контроль, необоснованное увеличение количества проверяемых параметров недопустимо. Всего же предусмотрено и регламентировано десять элементов в содержании МЭ [7]. Поэтому вполне понятно, что сотрудник (эксперт-метролог) или члены экспертной комиссии (группы) должны обладать целым рядом сопутствующих компетенций, что необходимо учитывать при подготовке специалистов. В связи с этим, а также в целях конкурентоспособного развития предприятий агропромышленного комплекса в части подготовки и освоения производства продукции требуемого уровня качества, надежности и оптимальной стоимости в условиях постоянного повышения сложности и быстрой сменяемости новых поколений техники, остро востребованы профессионалы на всех уровнях выполнения работ, не исключая, конечно же, и область метрологического обеспечения. Комплекс требований к экспертам-метрологам за последние 10 лет неоднократно уточнялся (табл.)

Таблица – Требования к эксперту-метрологу, утвержденные и введенные в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Требование	РМГ 129—2013 Дата введения 01.07.2015	ГОСТ Р 58971—2020 Дата введения 01.01.2021	ГОСТ Р 8.1023—2023 Дата введения 01.10.2023
По образованию	Эксперт-метролог должен иметь высшее техническое образование, соответствующее профессиональной подготовке (дополнительное профессиональное образование по соответствующей специализации)	Эксперт-метролог должен иметь высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура). При непрофильном ВО – профпереподготовка в сфере метрологии. Уровень 6 и выше квалификации по ПС 40.012 «Специалист по метрологии» (утв. Приказом Минтруда России от 21.04.2022 № 229н)	Эксперт-метролог должен иметь высшее техническое образование в сфере метрологии или дополнительное профессиональное образование по программе профпереподготовки «Специалист по метрологии» (на базе высшего технического образования) либо ученую степень по техническим наукам



Продолжение таблицы

По опыту	Не менее чем трехлетний производственный стаж работы в области обеспечения единства измерений	Не менее трех лет в области обеспечения единства измерений при наличии высшего образования уровня бакалавриата; и не менее двух лет — при наличии высшего образования уровня специалитета, магистратуры.	Опыт работы по проведению МЭ не менее трех лет
По особым условиям допуска к работе	Базовая компьютерная подготовка	Прохождение обучения по ОТ и ПБ. Прохождение подготовки и аттестации в области промышленной безопасности	Навыки работы с ТД, включая оценку соответствия требований в ТД метрологическим требованиям, установленным в нормативных документах.
По другим характеристикам	Систематическое участие в профильных экспертизах, научно-практических, обучающих и других подобных мероприятиях. Прохождение курсов ПК не реже 1 раза в 3 года по профилю деятельности. Постоянное саморазвитие	Прохождение курсов ПК не реже 1 раза в 5 лет по профилю деятельности	Прохождение курсов ПК не реже 1 раза в 5 лет в области метрологической экспертизы

Анализ динамики комплекса требований к экспертам-метрологам подтвердил, что совокупно указанные требования обеспечивают функционирование системы метрологического обеспечения. Подтверждено, что установленные минимальные требования к экспертам в целом обеспечивают их готовность к проведению работ по метрологической экспертизе. В то же время очевидно, что дальнейшее повышение эффективности деятельности системы метрологического обеспечения агропромышленного комплекса и смежных отраслей невозможно, или очень сложно осуществимо, без развития у экспертного сообщества целого ряда профессиональных компетенций, непосредственно связанных со спецификой отрасли. Именно поэтому в системе подготовки кадров для АПК должна быть заложена значительная составляющая, связанная с изучением особенностей метрологического обеспечения подотраслей сельского хозяйства, а в системе подготовки специалистов метрологов широкого профиля необходимо задуматься об их частичном профилировании с учетом быстро растущих аграрного сектора и перерабатывающей промышленности, которые в последние годы становятся одними из «локомотивов» отечественной экономики.

Заключение

Анализ национальных стандартов РФ в сфере ГСОЕИ, профстандарта «Специалист по метроло-

гии» и других действующих в стране документов по стандартизации подтверждает согласованность их требований в части метрологической экспертизы. Из-за значительной роли метрологической экспертизы (МЭ) и необходимости обеспечения единства измерений во всех стадиях жизненного цикла агропромышленной продукции, в которых предусмотрена разработка технической документации и /или внесение изменений в нее. При разработке учебно-методических комплексов и рабочих программ дисциплин в рамках аграрного образования, в первую очередь при обучении по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки (УГСН) 35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство, рекомендовано изучение тематик, связанных не только с измерительными устройствами, но и с устройствами автоматического контроля. Выявлено, что практические навыки в сфере метрологической экспертизы существенно повышают конкурентоспособность и востребованность выпускников и специалистов. Поэтому в рабочие программы дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» необходимо включать тематики, связанные с метрологическим обеспечением сельскохозяйственных предприятий соответствующего профиля.

Список источников

1. ГОСТ Р 50995.0.1—96. Технологическое обе-



спечение создания продукции. Основные положения. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997. 16 с.

2. Чернышев А.Д., Костенко М.Ю., Безносюк Р.В., Рембалович Г.К., Ликучев А.И. Исследование способов хранения комбикормов. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 170. С. 273–281.

3. Шемякин А.В., Борычев С.Н., Шашкова И.Г., Рембалович Г.К., Романова Л.В., Мартынушкин А.Б., Терентьев В.В. Организация и управление на автотранспорте в условиях цифровой экономики. Рязань, 2022.

4. ГОСТ Р 15.301—2016. СРППП. Продукция производственно-технического назначения. Москва: Стандартинформ, 2016. 15 с.

5. ПР 1323565.1.002—2018 «Правила заполнения и представления каталожных листов продукции» Москва: Стандартинформ, 2018. 19 с.

6. Постановление Правительства РФ от

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

23.12.2021 N 2425 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия, внесении изменений в постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. N 2467 и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ». URL: <https://online.consultant.ru/riv/cgi/online.cgi?req=doc&rnd=lcDmQ&base=LAW&n=405516&dst=100005&field=134#4QnRlgTGXwVcTjpp>.

7. ГОСТ Р 8.1024—2023. ГСОЕИ. Метрологическая экспертиза технической документации. Основные положения. Москва: Российский институт стандартизации, 2023. 28 с.

8. Трегубов В.И., Благовещенский Д.И., Нуждин Г.А., Ларина М.В. Метрологический мониторинг изделий, получаемых ротационной вытяжкой // Известия Тульского государственного университета. Сер. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ. 2017. № 1. С. 193–200.

References

1. GOST R 50995.0.1—96. *Tekhnologicheskoe obespechenie sozdaniya produkcii. Osnovnye polozeniya.* M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1997. 16 s.

2. Chernyshev A.D., Kostenko M.Yu., Beznosyuk R.V., Rembalovich G.K., Likuchev A.I. *Issledovanie sposobov hraneniya kombikormov // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2021. № 170. S. 273–281.

3. Shemyakin A.V., Borychev S.N., Shashkova I.G., Rembalovich G.K., Romanova L.V., Martynushkin A.B., Terent'ev V.V. *Organizatsiya i upravlenie na avtotransporte v usloviyah cifrovoj ekonomiki. Rязan', 2022.*

4. GOST R 15.301—2016. *SRPPP. Produkciya proizvodstvenno-tekhnicheskogo naznacheniya.* M.: Standartinform, 2016. 15 s.

5. PR 1323565.1.002—2018 «*Pravila zapolneniya i predstavleniya katalozhnyh listov produkcii.*» M.: Standartinform, 2018. 19 s.

6. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.12.2021 N 2425 «Ob utverzhenii edinogo perechnya produkcii, podlezhashchej obyazatel'noj sertifikatsii, i edinogo perechnya produkcii, podlezhashchej deklarirovaniyu sootvetstviya, vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva RF ot 31 dekabrya 2020 g. N 2467 i priznanii utrativshimi silu nekotoryh aktov Pravitel'stva RF».* URL: <https://online.consultant.ru/riv/cgi/online.cgi?req=doc&rnd=lcDmQ&base=LAW&n=405516&dst=100005&field=134#4QnRlgTGXwVcTjpp>.

7. GOST R 8.1024—2023. *GSOEI. Metrologicheskaya ekspertiza tekhnicheskoy dokumentatsii. Osnovnye polozeniya.* – M.: Rossijskij institut standartizatsii, 2023. 28 s.

8. Tregubov V.I., Blagoveshchenskij D.I., Nuzhdin G.A., Larina M.V. *Metrologicheskij monitoring izdelij, poluchaemyh rotacionnoj vytyazhkojm // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Tekhnicheskie nauki.* Tula: Izd-vo TulGU. 2017. № 1. S. 193–200.

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, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», university@rgatu.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 89066486088@mail.ru

Шашкова Ирина Геннадьевна, д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой бизнес-информатики и прикладной математики, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», irina@rgatu.ru



Нуждин Георгий Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, ООО НПФ «Техполиком», nuzhdin.65@mail.ru

Нуждин Михаил Георгиевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», mishanuzhdin1@mail.ru

Author information

Shemyakin Alexander V. *Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, university@rgatu.ru*

Borychev Sergey N., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction of Engineering Structures and Mechanics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 89066486088@mail.ru*

Shashkova Irina G., *Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Business Informatics and Applied Mathematics, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, irina@rgatu.ru*

Nuzhdin George A., *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, NPF Techpolicom LLC, nuzhdin.65@mail.ru*

Nuzhdin Mikhail G., *Master's student, Tula State University, mishanuzhdin1@mail.ru*

Статья поступила в редакцию 13.08.2024; одобрена после рецензирования 08.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 13.08.2024; approved after reviewing 08.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.