

ISSN 2677-2094

12+

Том 16, №2, 2024

10.36508/ISSN2677-2094.2024.51.98.001

ВЕСТНИК

Брянского государственного
агротехнологического
университета имени
П.А. Костычева



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

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

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

Научно-производственный журнал

Издается с 2009 года
Выходит один раз в квартал
Том 16, № 2, 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 №1609
Дата выхода в свет 28.06.2024

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 # 2, 2024

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

"RSATU Herald" EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

S.N. Borychev,

Doctor of Technical 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 Engineering Sciences, Professor, Academician of the RAS

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

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

Yu.Kh. Shogenov, Doctor of Engineering 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 Biology 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 Agricultural 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, A.I. Ryazantsev, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor
A.P. Saveliev, Doctor of Engineering 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 Engineering 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. №1596
Order No.1604
Date of publication. 28.06. 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

Вахонина Е.А. Исследование прополиса Рязанской области	5
Захарова О.А., Евдокимова О.В. Качество воды р. Рака при проведении оросительной мелиорации и ее современное состояние	15
Исламова Ч.М., Хохряков И.Н., Фатыхов И.Ш., Корепанова Е.В., Гореева В.Н. Урожайность и качество зерна ячменя Камашевский в зависимости от нормы высева и обработки посевов регуляторами роста	24
Карапетян А.К., Чехранова С.В., Даниленко И.Ю., Вуевский Н.О., Елизаров Д.Ю. Повышение молочной продуктивности коров при использовании в рационах альтернативных источников белка	36
Колесникова Т.А., Куликова М.А. Исследование динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свиноферм в ходе реагентной обработки	42
Онкаев А.В., Успенский И.А., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Пчельников И.В. Исследование влияния дезинфекции химическими растворами на энергетические свойства зернового материала	49
Сайтханов Э.О., Семенов В.Г., Горохов И.П., Шемякин В.Б. Оценка эффективности современных средств дезинфекции при их нанесении на обрабатываемую поверхность с помощью пенокомплекта для мойки высокого давления оборудованной пенокомплексом	58
Сайтханов Э.О., Горохов И.П. Сравнительная оценка современных химических средств дезинфекции, применяемых в ветеринарии, по их физико-химическим свойствам	68
Самусенко Л.Д., Мамаев А.В. Цифровая модель биоэнергетического прогнозирования продолжительности использования коров	77
Сеничев Е.И., Тевченков А.А. Урожайность и формирование элементов структуры урожая ярового ячменя при отвальной и минимальной обработке почвы	84
Федотова А.С., Турицына Е.Г. Гематологические, биохимические и иммунологические показатели крови при действии малых поглощенных доз радиации	90

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ананьин Д.С., Лузгин Н.Е., Утолин В.В., Ульянов В.М., Грунин Н.А. Приготовление сахаромедовой подкормки на пасеке	100
Грачев А.В., Неверов Е.Н., Горелкина А.К. Метод использования цифровых технологий в разработке систем управления теплицей на предприятии АПК	110
Зиновьев А.К., Рембалович Г.К., Шемякин А.В., Костенко М.Ю. Качество предпосадочной обработки клубней азрозолям	118
Игнатов А.В., Сафонов В.В., Чекмарев В. В., Никитин Д. А., Rogatovskiy К. И. Совершенствование элементов систем параллельного вождения при сельскохозяйственных работах	125
Липатова М.А., Голиков А.А., Дмитриев А.С., Борычев С.Н. Аспекты совершенствования картофелеуборочной техники	133
Мартынова Н.Б., Балабанов В.И., Журавлева Л.А. Укладчик капельной ленты с тормозным устройством	140
Мацюк Д.А., Алексаков Ю.Ф., Голев Б.Ю., Рудой Д.В., Мальцева Т.А. Анализ конструкций и особенности аналитического расчета лопастей и кожухов центробежного вентилятора системы очистки зерноуборочных комбайнов	147
Оковитая К.О., Нурдин А.В., Суржко О.А. Расчёт теплообменного аппарата для субстрата биогазовой установки	156
Плотников И. Б., Короткий И. А., Плотников К. Б., Осинцев А. М. Определение энергетических характеристик процессов криоконцентрирования творожной сыворотки	164
Пчёлкин А.С., Шемякин А.В., Борычев С.Н., Шогенов Ю.Х., Рембалович Г.К. Сравнительный анализ выпускной головки экструдера с конфуззором и прямооточной головки	172
Слободскова А.А., Семина Е.С., Латышенко Н.М., Максименко О.О. Вопросы совершенствования электроснабжения в агропромышленном комплексе	178
Старовойтов С.В., Саид М., Успенский И.А., Долгова А.Н. Погружные вращающиеся биофильтры с мобильным загрузочным материалом	185
Ушаков О.В. Костенко М.Ю. Описание дисперсной среды для производства гуминовых удобрений	192



Content

AGRICULTURAL SCIENCES

Vakhonina E.A. Study of propolis in the Ryazan region	5
Zakharova O.A., Evdokimova O.V. Water quality of the Raka river during irrigation reclamation and its current state	15
Islamova Ch. M., Khokhryakov I.N., Fatykhov I. Sh., Korepanova E.V., Goreeva V.N. Productivity and quality of barley grain Kamashevsky depending on the seeding rate and crop treatment by growth regulators	24
Karapetyan A.K., Chehranova S.V., Danilenko I.Yu., Vuevsky N.O., Elizarov D.Yu. Increasing dairy productivity of cows when using alternative protein sources in their diets	36
Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Study of the dynamics of the content of biogenic elements in the sediment of liquid waste from pig farms during reagent treatment	42
Onkaev A.V., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Pchelnikov I.V. Investigation of the effect of disinfection with chemical solutions on the energy properties of grain material	49
Saitkhanov E.O., Semenov V.G., Gorokhov I.P., Shemyakin V.B. Evaluation of the effectiveness of modern disinfectants when applied to the treated surface using a high-pressure washer equipped with a foam kit	58
Saitkhanov E.O., Gorokhov I.P. Comparative assessment of modern chemical disinfectants used in veterinary medicine according to their physico-chemical properties	68
Samusenko L.D., Mamaev A.V. A digital model of bioenergetic forecasting of the duration of cow use	77
Senichev E.I., Tevchenkov A.A. Spring barley yield and yield structure elements formation under moldboard and minimum tillage	84
Fedotova A.S., Turitsyna E.G. Hematological, biochemical, and immunological blood parameters under the influence of small absorbed doses of radiation	90

TECHNICAL SCIENCES

Ananyin D.S., Luzgin N.E., Utolin V.V., Ulyanov V.M., Grunin N.A. Preparation of sugar and honey feeding at the apiar	100
Grachev A.V., Neverov E.N., Gorelkina A.K. Method of using digital technologies in the development of digital greenhouse control systems at agricultural enterprise	110
Zinoviev A.K., Rembalovich G.K., Shemyakin A.V., Kostenko M.Yu. Quality of pre-planting treatment of tubers with aerosol	118
Ignatov A.V., Safonov V.V., Chekmarev V.V., Nikitin D.A., Rogatovsky K.I. Improvement of the elements of the parallel driving system during agricultural works	125
Lipatova M.A., Golikov A.A., Dmitriev A.S., Borychev S.N. Aspects of improving potato harvesting equipment	133
Martynova N.B., Balabanov V.I., Zhuravleva L.A. Drip tape layer with brake device	140
Matsyuk D.A., Aleksakov Yu.F., Golev B.Yu., Rudoy D.V., Maltseva T.A. Analysis of designs and peculiarities of analytical calculation of blades and shrouds of radial fan of grain harvester cleaning system	147
Okovitaya K.O., Nuzhdin A.V., Surzhko O.A. Calculation of a heat exchanger for biogas plant substrate	156
Plotnikov I.B., Korotkiy I.A., Plotnikov K.B., Osincev A.M. Determination of the energy characteristics of processes cryoconcentration of curd whey	164
Pchelkin A.S., Shemyakin A.V., Borychev S.N., Shogenov Yu. K., Rembalovich G.K. Theoretical study of thermal processes in the extrusion of corn grain	172
Slobodskova A.A., Semina E.S., Latyshenok N.M., Maksimenko O.O. Issues of improving power supply in the Agro-industrial complex	178
Starovoytov S.V., Saied M.A., Uspensky I.A., Dolgova A.N. Submersible rotating biofilters with mobile loading material	185
Ushakov O.V., Kostenko M.Yu. Description of a dispersed medium for the production of humic fertilizers	192



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, № 2, с.5-14
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 2, pp. 5-14

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.178
DOI: 10.36508/RSATU.2024.21.58.002

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПОЛИСА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Елена Александровна Вахонина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пчеловодства», Рыбное, Россия

landych899@gmail.com

Аннотация.

Проблема и цель. Цель работы – исследовать физико-химические показатели прополиса разных районов Рязанской области, проанализировать качество прополиса, как сырья для получения биологически активных веществ. Точный состав прополиса варьируется в зависимости от вида растений, сезона сбора, географии, изменений климата и видов медоносных пчел в месте сбора. Изучение химического состава прополиса в зависимости от географического места сбора и растительных источников необходимо для исследования биологических свойств прополиса, применения в медицинской практике, совершенствования стандартов, стандартизации прополиса разного видового происхождения, приготовления экстрактов прополиса стандартизированных, необходимости согласованных методик анализа и выражения результатов для прополиса, для использования в фармацевтике, питании и косметике.

Методология. Исследуемые образцы прополиса проанализированы по показателям в соответствии с НТД: массовая доля механических примесей; массовая доля воска; массовая доля флавоноидных соединений в пересчете на рутин, кверцетин, нарингенин; суммарное содержание полифенольных соединений, модифицированный метод Фолина-Чокальтеу; общее содержание флавоноидных соединений по ГОСТ 28886-90; антиокислительная активность (патент 21 70930); окисляемость; йодное число; массовая доля сырой золы; массовая доля минеральных примесей.

Результаты. В исследовании дана оценка физико-химических показателей образцов прополиса некоторых районов Рязанской области: Рязанского, Рыбновского, Кадомского, Кораблинского, Садовского, Сараевского, Рязского, Шацкого. Прополис разных районов Рязанской области проанализирован по нормативам ГОСТ 28886-19. Содержание механических примесей в прополисе районов Рязанской области соответствует требованиям стандарта или незначительно их превышает, что можно учесть при технологической переработке прополиса. Прополис Рязанской области показал высокие значения флавоноидных соединений, определенных по ГОСТ 28886-19 (пределы колебаний от 14,71 до 88,5 %), а также высокое содержание групп флавоноидных соединений в пересчете на рутин (пределы колебаний от 0,6 до 5,3 %), в пересчете на кверцетин (пределы колебаний от 2,4 до 16,37 %), в пересчете на нарингенин (пределы колебаний от 6,1 до 9,0), и суммарное содержание полифенольных соединений (пределы колебаний от 8,31 до 35,3 %), что говорит о содержании большого количества биологически активных соединений. Прополис Рязанской области обладает очень высокой антиоксидантной активностью, это связано с его химическим составом, присутствием большого количества биологически активных веществ.

Заключение. Полученные данные о высоком содержании биологически активных соединений в прополисе Рязанской области дают возможность использовать его для переработки в пищевой, фар-



мацевтической и нутрицевтической промышленности. Необходимы химические исследования большого количества образцов прополиса, чтобы охватить все аспекты качества прополиса для его стандартизации и разработки методик определения качества. Присутствие механических примесей и воска в прополисе сверх нормативов ГОСТа можно учесть при технологической переработке путем увеличения количества прополиса для приготовления экстрактов водных, спиртовых, концентрированных.

Ключевые слова: прополис, физико-химические показатели, флавоноидные соединения, антиокислительная активность

Для цитирования: Вахонина Е.А. Исследование прополиса Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, № 2, С.5-14 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.21.58.002>

Original article

STUDY OF PROPOLIS IN THE RYAZAN REGION

Elena A. Vakhonina

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Beekeeping Research Centre», Rybnoye, Russia

landych899@gmail.com

Abstract.

Problem and purpose. Purpose of the work: to study the physicochemical parameters of propolis from different regions of the Ryazan region, to analyze the quality of propolis as a raw material for the production of biologically active substances. The exact composition of propolis varies depending on the source of the plant, the season it was harvested, geography, climate change, and the species of honey bees where it was collected. The study of the chemical composition of propolis depending on the geographic region of collection and plant sources is necessary for the study of the biological properties of propolis, application in medical practice, improvement of standards, standardization of propolis, different species of origin, preparation of standardized propolis extracts, the need for consistent methods of analysis and expression of results for propolis. For use in pharmaceuticals, nutrition and cosmetics.

Methodology. The studied samples were analyzed according to indicators in accordance with the scientific and technical documentation: mass fraction of mechanical impurities, mass fraction of wax, mass fraction of flavonoid compounds in terms of rutin, quercetin, naringenin, total content of polyphenolic compounds, modified Folin-Ciocalteu method, total content of flavonoid compounds according to GOST 28886 -90, antioxidant activity (patent 21 70930), oxidability, iodine number, mass fraction of raw ash, mass fraction of mineral impurities.

Results. The study assessed the physicochemical parameters of propolis samples from some districts of the Ryazan region, Ryazan, Rybnovsky, Kadomsky, Korablinsky, Sasovo, Saraevsky, Ryazhsky, Shatsky. Propolis from different districts of the Ryazan region was analyzed according to GOST 28886-19 standards. The content of mechanical impurities in propolis from the districts of the Ryazan region meets the requirements of the standard or slightly exceeds it, which can be taken into account during the technological processing of propolis. Propolis from the Ryazan region showed high values of flavonoid compounds, determined according to GOST 28886-19 (range of fluctuations from 14.71 to 88.5%), as well as high content of groups of flavonoid compounds in terms of rutin (range of fluctuations from 0.6 to 5.3%), in terms of quercetin (range of fluctuations from 2.4 to 16.37%), in terms of naringenin (range of fluctuations from 6.1 to 9.0), and the total content of polyphenolic compounds (range of fluctuations from 8.31 to 35.3%), which indicates the content of a large number of biologically active compounds. Propolis from the Ryazan region has very high antioxidant activity, this is due to the chemical composition of propolis and the presence of a large number of biologically active substances.

Conclusion. The obtained data on the high content of biologically active compounds in propolis from the Ryazan region make it possible to use it for processing in the food, pharmaceutical and nutraceutical industries. Chemical studies of a large number of propolis samples are needed to cover all aspects of propolis quality, to standardize it and to develop methods for determining the quality of propolis. The presence of mechanical impurities and wax in propolis in excess of GOST standards can be taken into account during the technological processing of propolis by increasing the amount of propolis for the preparation of aqueous, alcoholic, and concentrated extracts.

Key words: propolis, physicochemical parameters, flavonoid compounds, antioxidant activity

For citation: Vakhonina E.A. Study of propolis in the Ryazan region // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol. 16, No. 2, P. 5-14. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.21.58.002>



Введение

Доказано, что пчелы собирают прополис с почек различных растений – березы (береза бородавчатая (*Betula verrucosa*), береза пушистая (*Betula pubescens*)), тополя (тополь черный (*populus nigra*)), осины (осина (*Populus tremula*)), ольхи (ольха серая (*Alnus incana*)), ивы, конского каштана (каштан конский (*Aesculus hippocastanum*)); хвойных: ели (ель обыкновенная, или ель европейская (*Picea abies*)), пихты, сосны (сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*)), лиственницы, а также сливы, черешни, подсолнечника, травы.

Хвойно-широколиственные лесные массивы расположены в северной части Рязанской области, занимающей центральную часть Русской равнины; зона лесостепей занимает южную часть региона, к ней относятся Шилковский, Шацкий, Кадомский, Сасовский, Спасский, Ермишинский, Касимовский районы, расположенные к востоку от рек Цна и Ока.

Широко распространены широколиственные леса на территории Сасовского, Спасского, Ермишинского, Кадомского, Касимовского, Шилковского, Шацкого, и районов, которые расположены к востоку от рек Цна и Ока.

В пределах Касимовского и Рыбновского районов присутствуют остепненные сложные сосняки с участием южных лесостепных видов, можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis*).

Леса с участием ели обыкновенной (*Picea abies*) встречаются в восточной части Шилковского района, вдоль правого берега Мокши, в Шацком районе; ельники и елово-широколиственные леса встречаются небольшими участками в Клепиковском, Касимовском, Кадомском районах.

В широколиственных лесах произрастают клен платановидный (*Acer platanoides*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен полевой (*Acer campestre*), клен татарский (*Acer tataricum*).

Широколиственные леса представлены дубо-липняками, произрастающими в Рязанском, Пронском, Скопинском, Чучковском, Путятинском, Шацком районах. В состав этих широколиственных лесов входят клен платановидный (*Acer platanoides*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен полевой (*Acer campestre*), клен татарский (*Acer tataricum*).

В мелколистных массивах леса (32 %) на территории Рязанской области произрастают различные виды березы: белая (*Betula alba*), береза повислая (*B. pendula*), береза приземистая (*B. humilis*). 10 % мелколистных массивов лесов Рязанской области состоят из осины (*Populus tremula*), ольхи серой (*Alnus incana*), ивы пепельной (*Salix cinerea*), ивы ушастой (*S. aurita*), ивы фаликолистной (*S. phyllicifolia*).

Лесная зона сменяется лесостепной зоной (северной границей), со злаково-разнотравной растительностью луговой степи [1].

Исследования, определяющие влияние географических и растительных источников прополиса на его химический состав, являются ценным источником информации для изучения его

биологических свойств.

Географический район сбора определяет ботаническое происхождение и химический состав чилийского прополиса. Общее содержание полифенолов, а также группы отдельных соединений и их концентрации могут модифицировать антибактериальные свойства экстракта [2].

Исследования подтвердили изменчивость состава прополиса в зависимости от географического региона сбора и растительных источников. Обнаружена корреляция между химическим составом и антиоксидантной активностью различных образцов прополиса.

Образцы прополиса, богатые соединениями с сильной антиоксидантной активностью, проявляют самые высокие антиоксидантные свойства; установлена связь между химическим составом прополиса и его антиоксидантной активностью [3].

Содержание фенольных соединений, антиоксидантная активность прополиса – важные критерии оценки его качества и биологического потенциала экстрактов бразильского прополиса, особенно с учетом большого биоразнообразия Бразилии.

Несмотря на такое химическое разнообразие, все виды бразильского прополиса проявляли значительную противомикробную активность; ответственными соединениями являются фенольные составляющие прополиса. Благодаря ценным свойствам и высокому биологическому потенциалу прополис можно рассматривать как важный источник природных антиоксидантных соединений [4].

В работе изучены общие фенольные профили и антиоксидантные способности 13 видов чилийского прополиса из разных географических регионов – Северо-Восточной Европы, Юго-Западной Европы, тропической зоны Южной Америки.

ВЭЖХ-УФ анализ показал, что п-кумаровая и феруловая кислоты присутствовали во всех образцах прополиса. Все прополисы также демонстрировали количественные значения сумм нарингенин+кверцетин, апигенин+кемпферол и САРЕ+галангин. Флавоноиды пиноцембрин, катехин, фенетиловый эфир кофейной кислоты (САРЕ) и галангин были обнаружены в более высоких концентрациях, чем фенольные кислоты [5].

Исследование проведено для оценки антиоксидантной активности in vitro соединений прополиса различного происхождения. Исследования подтвердили изменчивость состава прополиса в зависимости от географического региона сбора и растительных источников. Была обнаружена корреляция между химическим составом и антиоксидантной активностью различных образцов прополиса. Антиоксидантные анализы показали, что образцы прополиса, богатые соединениями с сильной антиоксидантной активностью, проявляют самые высокие антиоксидантные свойства. Образцы из Румынии демонстрировали разнообразие, показывая разницу в антиоксидантной активности отдельных образцов.

В исследовании установлено, что антиоксидантная активность образцов прополиса связана с содержанием фенольных соединений. В про-



полисе из Турции оказалось наибольшее количество т-коричной кислоты, кверцетина, хризина и пиноцембрина. Он богат феруловой кислотой и апигенином и поэтому проявляет самую высокую активность по удалению радикалов DPPH (2,2-дифенилпикрилгидразил). Наибольшее количество галла и р-кумаровой кислоты, а также апигенина, вероятно, влияет на самую высокую антиоксидантную активность польского прополиса.

Исследование показывает, что антиоксидантная активность прополиса связана с его натуральным происхождением, а также с содержанием в нем полифенолов. Сравнение антиоксидантной активности прополиса и известных антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота, показало, что все образцы прополиса проявляют мощную антиоксидантную активность. Полученные результаты показали, что польский прополис похож на прополис из разных провинций Румынии, а турецкий и уругвайский – совершенно разные, что обусловлено разными растениями [3].

Турецкие ученые исследовали прополис 39 географических регионов Турции в отношении флавоноидов, фенольных, тритерпеновых и летучих соединений, цитотоксичности, ингибирования iNOS, противовирусного и антиоксидантного потенциала [6].

Исследования показали, что на функциональные свойства прополиса и содержание в нем биоактивных соединений напрямую влияет географический регион, сезон и время сбора урожая. Озеленение окружающей среды может быть спроектировано естественным образом для улучшения свойств прополиса без ущерба для пчелиных семей. По нашим результатам, были выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) между общим содержанием фенолов и флавоноидов и общей антиоксидантной способностью различных типов образцов прополиса. Эти различия могут быть результатом климатических условий, разнообразия флоры вокруг улья и времени сбора прополиса. В разных видах прополиса из разных географических регионов было количественно идентифицировано 33 различных фенольных соединений. Прополис из Саудовской Аравии, Омана, Китая и Болгарии представлен более высоким содержанием клетчатки. Египетский прополис показал многообещающую антиоксидантную и противомикробную активность, отражающую высокую активность против пищевых патогенов и токсигенных грибов.

Исследуемые типы прополиса в настоящем исследовании показали низкую зольность, что может дать возможность коммерциализации прополиса в виде порошка. Виды прополиса содержат преимущественно полифенольные соединения, такие как коричная кислота, бензойная кислота, розманол, хлорогеновая кислота, нарингенин, кверцетин, циннамил, п-кумаровая кислота, ароматические кислоты и их эфиры.

Бразильский сорт прополиса имеет высокое содержание жира, что придает ему более воскообразный вид. Прополис представляет собой ли-

пофильное соединение, 30 % которого составляет воск. Липофильное соединение этого прополиса заслуживает дальнейшего изучения как хороший источник ненасыщенных жирных кислот.

Выявили содержание клетчатки в цветном бразильском прополисе, пищевая клетчатка имеет потенциальное применение в качестве натуральных добавок к различным продуктам питания и кормам [7].

Количество флавоноидных соединений в образцах прополиса предгорных территорий Краснодарского края выше в 1,2 раза по сравнению с образцами прополиса степной зоны. Количество ненасыщенных соединений, которые определяют показатель окисляемости у прополиса, собранного в предгорной зоне, в 56 раз выше, чем у прополиса степной зоны Краснодарского края. Окисляемость прополиса предгорных территорий в 56 раз выше, чем окисляемость прополиса степной зоны края. В предгорных районах преобладает широколиственный смешанный лес (дуб, клен, орешник); в степной зоне, которая занята сельскохозяйственными угодьями, меньше растений для сбора прополиса. Образцы прополиса с предгорных территорий края имеют мгновенную окисляемость, имеют высокую антиокислительную активность в связи с высоким содержанием биологически активных ненасыщенных соединений [8].

Исследования показали существенные различия по содержанию фенольных кислот и аминокислот в зависимости от вида растения и источников прополиса умеренной зоны: тополя черного, осины и березы бородавчатой.

Почки различных видов тополя в прополисе умеренной зоны служат источником кофейной кислоты, черешки тополя черного служат источником гистидина. Почки различных видов березы выделяют фенилаланин. Бензойная кислота присутствует не во всех образцах прополиса умеренной зоны. Исследование химического состава с учетом природных источников прополиса и их географического расположения имеют практическую ценность для эффективного получения биологически активных веществ в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности, стандартизации прополиса [9,10].

Антиокислительные свойства прополиса зависят от места сбора в улье, времени и флористического происхождения [11].

Обнаружена сильная корреляция между смолой, общим количеством фенольных соединений, флавонами/флавонолами и антиоксидантной активностью. Физико-химические свойства, минеральный состав и биологическая активность марокканского прополиса зависят от его географического и ботанического происхождения. Необходима тщательная химическая характеристика большого количества образцов, чтобы охватить все аспекты качества прополиса [12].

Образцы прополиса были проанализированы на содержание золы, влаги и белка. Физико-химические свойства прополиса существенно различались ($p < 0,05$) и показали самое высокое содер-



жание бальзама (47,66 %), белка (9,41 %) и воска (22,9 %) у пенджабского прополиса [13, 14].

Различные образцы прополиса из восьми регионов Бразилии, собранных беззольными пчелами, имели высокую и низкую зольность. Пчелы видов *Melipona* собирали прополис с высоким содержанием глины и, соответственно, высокой зольностью [15].

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлся прополис, собранный в Рыбновском, Рязанском, Шацком, Кадомском, Сасовском, Сараевском, Кораблинском и Рязском районах.

Физико-химические исследования образцов прополиса проводилось в 2019-2023 гг. в лаборатории ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» химико-биологических исследований.

Собирают прополис в основном вручную. Пчеловоды соскабливают прополис пасечной стамеской с фальцев ульев, плечиков рамок, утеплительных холстиков, у летковых отверстий и различных щелей в ульях. Увеличить выход прополиса в 3-4 раза позволяет применение специальных двухслойных холстиков, изготовленных из капроновой сетки с размером ячеек 4 мм, которые размещают в пчелиной семье над гнездом и в зоне леткового отверстия. Прополис с холстиков извлекают механическим путем на станке СИП-УП, или экстрагированием растворителем (этиловый спирт, ацетон, хлороформ и др.) [16].

В Гродненском государственном аграрном университете разработаны вкладыш для сбора прополиса и улей для получения прополиса Установлено, что наиболее интенсивно пчелы вырабатывают прополис во второй половине июля-первой половине августа, перед подготовкой к зимовке. Внедрение улья для получения прополиса в производство позволяет значительно увеличить сбор прополиса [17].

Определение содержания механических примесей в процентах, воска в процентах, флавоноидных соединений в процентах, окисляемости, йодного числа проводили по ГОСТ 2886-19 Прополис. Определение антиокислительной активности проводили по патенту 2170930. Определение массовой доли сырой золы, массовой доли минеральных примесей проводили по ГОСТ 28887-19 Пыльца.

Исследование содержания различных групп флавоноидных соединений (флаваны, флавононы, флавонолы) проводили по «Руководству по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. Р 4.1.1672-0, 2004». Полифенольные соединения в образцах прополиса определяли количественно, в процентах, по ГОСТ 55488-2013 «ПРОПОЛИС Метод определения полифенолов». Исследование содержания массовой доли золы и массовой доли минеральных примесей проводили по ГОСТ 32483-2013 Метод определения массовой доли золы.

Результаты исследований и их обсуждение

Максимальное содержание механических при-

месей в прополисе обнаружено в Сараевском 21,41±1,53 % и Шацком районах 21,52±3,05 %, их содержание превышает нормативы ГОСТ 28886 (норма по ГОСТ 20,0 %) на 7,05 % и 7,6 %. Минимальное содержание механических примесей в прополисе в Кораблинском районе 16,7±1,42 %, прополис Рыбновского, Рязанского, Рязского района соответствует требованиям стандарта. Прополис Кадомского и Сасовского районов незначительно превышает нормативы ГОСТ 28886 на 3,35 и 3,4 % соответственно.

Содержание воска в среднем значении в прополисе разных районов Рязанской области колеблется от 16,11 % в Шацком до 19,32% в Рязском районе.

Средние значения количества воска соответствуют требованиям ГОСТ 28886-19 (25 %). В отдельных образцах прополиса Кадомского района содержание воска превышает нормативный показатель на 2,32 %, Сараевского района – на 1,12 %, Сасовского района – на 13,32 % и Кораблинского района – на 9,04 %.

Антиокислительная активность прополиса в образцах из районов Рязанской области составила в среднем от 6,28 мг/г (Рязанский район) до 12,53 мг/г (Кораблинский район).

Антиокислительная активность прополиса Рязанского района составила 6,28±1,51 с колебанием по образцам от 4,3 до 9,24 мг/г; прополис Рыбновского района показал антиокислительную активность 8,25±0,88 мг/г с колебанием по образцам от 4,3 до 9,24 мг/г, Кадомского – 9,61±1,38 мг/г с колебанием по образцам от 4,6 до 15,1 мг/г. Прополис Сараевского и Кораблинского районов показал максимальную антиокислительную активность 11,88±1,96 и 12,53±1,93 мг/г, с колебанием по образцам от 6,2 до 15,9 в Сараевском районе и от 10,5 до 16,4 мг/г в Кораблинском районе.

Показатель окисляемости характеризует содержание химических веществ с ненасыщенными связями. Чем меньше показатель окисляемости, тем больше ненасыщенных соединений находится в исследуемом продукте. Наименьший показатель окисляемости определен в прополисе Шацкого района – 8,71±7,1 с колебанием по образцам от 1,2 с до 30,0 с. Средние значения показателя окисляемости составляют: 8,75 с (Шацкий район), 15,24 с (Рыбновский район), 18,0 с (Рязанский район), 12,88 с (Рязский район), 18,82 с (Кораблинский район), 19,43 с (Сасовский район). Эти значения не превышают нормативы ГОСТ (20,0 с). Средние значения показателя окисляемости прополиса Сараевского 21,4 с и Кадомского районов 27,78 с превышают норму стандарта на 7,0 % и 38,9 % соответственно. Ненасыщенные соединения (терпеноиды, 10-окси-2-деценная кислота, фенольные ароматические соединения, кофейная кислота, феруловая кислота) содержатся в растворимой части прополиса и определяют качество прополиса и его биологическую активность. Смолистая часть прополиса представлена терпеноидными соединениями (смоляные кислоты, смоляные спирты, эфиры смоляных кислот и



спиртов), имеющими двойные связи, способствующими окислению.

Содержание сырой золы и минеральных примесей определяли в образцах прополиса трех районов: Рыбновского, Шацкого и Сасовского. Количество сырой золы составило $0,78 \pm 0,05$ % в прополисе Шацкого района с колебанием по образцам от 0,69 до 0,84 %. В прополисе Рыбновского района содержание сырой золы составило $0,99 \pm 0,08$ % с колебанием по образцам от 0,61 до 1,38 %. Прополис Сасовского района содержит сырой золы $0,88 \pm 0,15$ % с колебанием по образцам от 0,22 до 0,77 %.

Среди постоянных компонентов, присутствующих во всех образцах прополиса, выявлены кислые и ненасыщенные соединения. Для определения ненасыщенных соединений используют

методику определения йодного числа. Йодное число характеризует количество ненасыщенных соединений, которые способны связывать йод и другие окислители.

Йодное число в образцах прополиса районов Рязанской области составило от $55,25$ г $J_2/100$ г до $76,3$ г $J_2/100$ г. Прополис из северных областей России характеризуется более высоким содержанием ненасыщенных соединений, чем прополисы южных регионов.

Из таблицы 1 следует, что йодное число прополиса из исследованных районов соответствует стандарту (норма по ГОСТ – не менее 35), значительно превышаются технические требования стандарта в Рыбновском, Шацком, Кораблинском, Рязанском, Кадомском, Сасовском, Сараевском и Рязском районах – в 1,58-2,17 раза.

Таблица 1 – Физико-химические показатели прополиса, 2012-2022 г

Место заготовки образца	Механические примеси, %	Воск, %	Флавоноидные и др. фенольные соединения, % по ГОСТ 28886-90	Антиокислительная активность, мг/г	Окисляемость, с	Йодное число, г $J_2/100$ г	Сырая зола, %	Минеральные примеси, %
Рыбновский район, n=14								
M ± m	18,45±1,39	19,01±1,19	45,69±4,18	8,25±0,84	15,24±3,26	71,16±4,46	0,99±0,081	0,65±0,06
Пределы колебаний	11,53-30,1	7,3-24,32	25,72-6,55	5,5-10,72	2,0-33,0	59,5-84,4	0,61-1,38	0,29-1,03
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	5,23	4,46	15,66	1,88	12,21	9,97	0,27	0,21
Шацкий район, n=5								
M ± m	21,52±3,05	16,11±0,98	73,4±8,48		8,75±7,1	70,13±0,75	0,78±0,05	0,58±0,04
Пределы колебаний	14,16-7,81	13,5-17,93	55,6-88,5		1,2-30,0	68,9-71,5	0,69-0,84	0,51-0,64
σ (сигма)	6,1	1,96	16,96		14,17	1,3	0,08	0,06
Рязанский район, n=4								
M ± m	18,1±2,19	17,48±2,43	39,07±4,53	6,28±1,51	18,0±2,35	75,88±0,49		
Пределы колебаний	11,6-20,8	13,4-24,5	26,91-47,8	4,3-9,24	11,0-21,0	74,5-76,8		
σ (сигма)	4,38	4,87	9,06	2,61	4,69	0,97		
Кадомский район, n=10								
M ± m	20,67±1,55	18,76±1,15	47,13±6,15	9,61±1,38	27,78±2,83	68,55±4,67		
Пределы колебаний	14,45-28,6	15,62-5,58	14,71-4,16	4,6-15,1	19,0-45,0	47,3-90,3		
σ (сигма)	4,9	3,63	19,46	4,16	8,95	14,77		



Продолжение таблицы 1

Сасовский район, n=5								
M ± m	20,68±2,3	19,19±2,21	63,87±8,32		19,43±6,15	76,3±9,26	0,88±0,15	0,48±0,16
Пределы колебаний	14,98-29,6	13,54-8,33	48,45-88,4		10,0-48,6	45,09-97,0	0,22-0,77	0,22-0,77
σ (сигма)	5,64	5,4	18,59		15,07	20,69	0,27	0,28
Сараевский район, n=5								
M ± m	21,41±1,53	18,67±3,14	46,34±9,98	11,88±1,96	21,4±2,14	71,88±5,65		
Пределы колебаний	18,91-7,26	10,01-5,28	25,24-79,9	6,2-15,9	16,0-29,0	58,4-91,4		
σ (сигма)	3,42	7,01	22,31	4,38	4,77	12,64		
Кораблинский район, n=5								
M ± m	16,7±1,42	18,28±2,67	36,96±6,16	12,53±1,93	18,84±2,94	68,21±5,45		
Пределы колебаний	12,35-0,84	13,73-7,26	25,06-0,68	10,5-16,4	10,0-28,0	47,8-76,7		
σ (сигма)	3,17	5,98	13,78	3,35	6,58	12,18		
Рязский район, n=5								
M ± m	17,83±1,94	19,32±1,77	54,99±3,02		12,88±2,76	55,25±1,4		
Пределы колебаний	13,77-24,4	13,6-23,12	48,0-63,4		2,8-18,6	50,76-58,4		
σ (сигма)	4,34	3,96	6,76		6,19	3,13		

Флавоноиды являются основными соединениями прополиса, поскольку они отвечают за основные фармакологические свойства. К ним относятся флавоны (лютеолин, хризин, апигенин, изовитексин, изоориентин), флаваноны (пиноцембрин, или 5,7-дигидроксифлаванон и его производные, и нарингенин), флаванолы (гарбанзол и алнустинол).

Определение флавоноидных соединений в пересчете на рутин, кверцетин проводится с помощью спектрофотометра при длине волны 400 нм и 440 нм. Флавоноидные соединения прополиса вступают с хлоридом алюминия в реакцию комплексообразования между ионом алюминия Al(III) и карбоксильной и гидроксильной группами флавоноида. В исследуемых образцах прополиса разных районов Рязанской области количество флавоноидных соединений в пересчете на рутин составило от $1,37 \pm 0,78$ % (Кораблинский район) и $1,79 \pm 0,53$ % (Кадомский район), $1,73 \pm 0,81$ % (Сараевский район) до $2,45 \pm 0,29$ % (Рыбновский район), $2,86 \pm 0,35$ (Шацкий район) и $3,03 \pm 1,33$ (Сасовский район).

Максимальное содержание флавоноидных соединений в пересчете на кверцетин определили в прополисе Кораблинского района $10,18 \pm 2,37$ %, в прополисе Сараевского, Кадомского и Шацкого районов оно составило $7,28 \pm 1,38$ %; $7,16 \pm 1,36$ % и $7,01 \pm 0,91$ % соответственно. Минимальное содержание флавоноидных соединений в пересчете на кверцетин определили в прополисе Рыбновского района, оно составило $6,39 \pm 0,95$ %.

Основными представителями флаванонов являются нарингенин, гесперетин и эриодиктиол, а

также к этой группе относятся гомозериодиктиол, пиноцембрин, пиностробин, ликвиритигенин, изокуранетин. Содержание флавоноидных соединений группы флаванонов в пересчете на нарингенин провели в образцах прополиса Шацкого и Рыбновского районов. Оно составило $7,53 \pm 0,71$ % и $6,87 \pm 0,77$ % соответственно.

Общее содержание фенольных соединений определяли с использованием фенольного реагента Фолина-Чокальтеу. Для определения флавононов используется спектрофотометрия при длине волны 495 нм с образованием комплексов в результате реакции с 2,4-динитрофенилгидразином и образовании окрашенных фенолгидразонов. В качестве стандарта используют галловую кислоту.

Полифенолы (включая флавоноиды, фенольные кислоты и их эфиры) благодаря их доказанной способности ингибировать определенные ферменты, имитировать некоторые гормоны и нейротрансмиттеры и удалять свободные радикалы считаются основными фармакологически активными молекулами прополиса. Концентрация фенольных соединений может существенно различаться в зависимости от происхождения образцов, и такие различия влияют на биологическую активность прополиса и, следовательно, на его клинические свойства. Анализ этих компонентов имеет большое значение [17]. Определение суммарного содержания полифенольных соединений провели в прополисе Рыбновского района, оно составило $14,28 \pm 2,18$ % с колебанием по образцам от 8,31 % до 35,3 %.



Таблица 2 – Содержание флавоноидных и фенольных соединений в прополисе, определенных разными способами

№ п/п	Флавоноидные и др. фенольные соединения, % по ГОСТ 28886-90	Массовая доля флавоноидных соединений (в пересчете на рутин) в перге по ГОСТ Р 53408-2009	Производные флавана, в пересчете на кверцетин	Производные флаванов, в пересчете на нарингенин	Суммарное содержание полифенольных соединений
Рыбновский район, n=14					
М ± m	45,69±4,18	2,45±0,29	6,39±0,95	n=10 6,87±0,77	n=10 14,28-2,18
Пределы колебаний	25,72-76,55	0,6-4,0	2,4-14,97	0,65-9,0	8,31-35,3
σ (сигма, стандартное отклонение) дисперсия – сигма в квадрате)	15,66	1,09	3,56	2,44	7,23
Шацкий район					
М ± m	73,4±8,48	2,86±0,35	7,01±0,91	7,53±0,71	
Пределы колебаний	55,6-88,5	2,3-3,5	5,2-8,09	6,1-8,4	
σ (сигма)	16,96	0,6	1,58	1,25	
Сараевский район					
М ± m	51,54±8,36	1,73±0,81	7,28±1,38		
Пределы колебаний	25,24-79,9	0,77-4,95	5,56-11,41		
σ (сигма)	22,12	1,8	2,77		
Сасовский район					
М ± m	59,37±8,14	3,03±1,33			
Пределы колебаний	36,86-88,4	0,68-5,3			
σ (сигма)	19,95	2,31			
Кадомский район					
М ± m	47,13±6,15	1,79±0,53	7,16±1,36		
Пределы колебаний	14,71-74,16	0,5-5,65	3,36-12,9		
σ (сигма)	19,46	1,58	3,58		
Кораблинский район					
М ± m	35,14±6,69	1,37±0,78	10,18±2,37		
Пределы колебаний	24,0-60,68	0,5-3,71	4,83-16,37		
σ (сигма)	14,96	1,56	4,74		

Заключение

В исследовании дана оценка физико-химических показателей образцов прополиса некоторых районов Рязанской области – Рязанского, Рыбновского, Кадомского, Кораблинского, Сасовского, Сараевского, Рязского, Шацкого.

Содержание механических примесей в про-

полисе районов Рязанской области соответствует требованиям стандарта или незначительно их превышает, что можно учесть при технологической переработке прополиса. Присутствие механических примесей и воска в прополисе сверх нормативов ГОСТа можно учесть при технологической переработке прополиса путем увеличения

количества прополиса для приготовления экстрактов водных, спиртовых, концентрированных.

Прополис представляет собой липофильное соединение, 30 % которого составляет воск, который является источником ненасыщенных жирных кислот, что заслуживает дальнейшего изучения [16].

Прополис обладает очень высокой антиоксидантной активностью, это связано с химическим составом прополиса, присутствием большого количества биологически активных веществ.

Прополис Рязанской области показал высокие значения флавоноидных соединений, определенных по ГОСТ 28886-19 (пределы колебаний от 14,71 до 88,5 %), а также высокое содержание групп флавоноидных соединений в пересчете на рутин, в пересчете на кверцетин, в пересчете на нарингенин и суммарное содержание полифенольных соединений.

Исследуемые типы прополиса в настоящем исследовании показали низкую зольность, что может дать возможность применения прополиса в виде порошка.

Необходимы химические исследования большого количества образцов прополиса, чтобы охватить все аспекты качества прополиса для его стандартизации, с целью применения в пищевой, фармацевтической и нутрицевтической промышленности.

Список источников

1. Природа Рязанского края. Монография / В.А. Кривцов и др. / Под ред. В.А. Кривцова, Ряз. гос. пед. ун-т им. С.А. Есенина. - Рязань, 2004. 257 с. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37752605>
2. Alvear M. et al. Geographic Area of Collection Determines the Chemical Composition and Antimicrobial Potential of Three Extracts of Chilean Propolis //Plants. 2021. Т. 10. №. 8. С. 1543. – URL: <https://doi.org/10.3390/plants10081543>
3. Kurek-Górecka A. et al. Comparison of the antioxidant activity of propolis samples from different geographical regions //Plants. 2022. Т. 11. №. 9. С. 1203. – URL: <https://doi.org/10.3390/plants11091203>
4. Machado B. A. S. et al. Chemical composition and biological activity of extracts obtained by supercritical extraction and ethanolic extraction of brown, green and red propolis derived from different geographic regions in Brazil //PloS one. 2016. Т. 11. №. 1. С. e0145954. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145954>
5. Osés S. M. et al. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: Needs for analytical harmonization //Antioxidants. 2020. Т. 9. №. 1. С. 75. – URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9010075>
6. Sarikahya N. B. et al. Chemical composition and biological activities of propolis samples from different geographical regions of Turkey // Phytochemistry Letters. 2021. Т. 44. С. 129-136. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.06.008>
7. Shehata M. G. et al. Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions //Annals of Agricultural Sciences. 2020. Т. 65. №. 2. С. 209-217. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2020.12.001>
8. Козуб М. А. Изучение физико-химических свойств прополиса с пастек Краснодарского края //Составители: Научно-издательский центр «Мир науки». 2017. С. 29-33– URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/propolis-kak-biologicheskii-aktivnyy-produkt>
9. Кайгородов Р. В., Суворова С. А. Биохимические особенности растительных источников прополиса умеренной природной зоны //Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2013. – №. 3. – С. 65-68. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-osobennosti-rastitelnyh-istochnikov-propolisa-umerennoy-prirodnoy-zony>
10. Суханова Л. В., Канарский А. В. Прополис как биологически активный продукт //Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №. 4. С. 198-203. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/propolis-kak-biologicheskii-aktivnyy-produkt>
11. Вахонина Т. В. Пчелиная аптека //СПб.: Лениздат. 1995. С. 240.
12. El Menyiy N. et al. Influence of geographic origin and plant source on physicochemical properties, mineral content, and antioxidant and antibacterial activities of Moroccan Propolis //International Journal of Food Science. 2021. Т. 2021. С. 1-12. – URL: <https://doi.org/10.1155/2021/5570224>
13. Pant K. et al. Characterization and discrimination of Indian propolis based on physicochemical, techno-functional, thermal and textural properties: A multivariate approach //Journal of King Saud University-Science. 2021. Т. 33. №. 4. С. 101405. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101405>
14. Русакова Т.М., Бурмистрова Л.А., Будникова Н.В., Вахонина Е.А., Мартынова В.М., Степанцева Г.К. Определение золы в продуктах пчеловодства. Апитерапия сегодня, 25-26 апреля, 2014г, г. Рыбное, сб.17. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27234932>
15. Regnier L., Salatino M. L. F., Salatino A. Parameters of the gross composition of propolis from Brazilian Meliponini //Journal of Apicultural Research. 2023. С. 1-9. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2216328>
16. Shehata M. G. et al. Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions //Annals of Agricultural Sciences. 2020. Т. 65. №. 2. С. 209-217. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2020.12.001>
17. Gómez-Caravaca A. M. et al. Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees //Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. – 2006. – Т. 41. – №. 4. – С. 1220-1234. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.002>

References

1. Priroda Ryazanskogo kraja. Monografiya / V.A. Krivcov i dr. / Pod red. V.A. Krivcova, Ryaz. gos. ped. un-t im. S.A. Esenina. - Ryazan', 2004. 257 s. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37752605>



2. Alvear M. et al. Geographic Area of Collection Determines the Chemical Composition and Antimicrobial Potential of Three Extracts of Chilean Propolis //Plants. 2021. T. 10. №. 8. S. 1543. – URL: <https://doi.org/10.3390/plants10081543>

3. Kurek-Górecka A. et al. Comparison of the antioxidant activity of propolis samples from different geographical regions //Plants. 2022. T. 11. №. 9. S. 1203. – URL: <https://doi.org/10.3390/plants11091203>

4. Machado B. A. S. et al. Chemical composition and biological activity of extracts obtained by supercritical extraction and ethanolic extraction of brown, green and red propolis derived from different geographic regions in Brazil //PloS one. 2016. T. 11. №. 1. S. e0145954. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145954>

5. Osés S. M. et al. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: Needs for analytical harmonization //Antioxidants. 2020. T. 9. №. 1. S. 75. – URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9010075>

6. Sarikahya N. B. et al. Chemical composition and biological activities of propolis samples from different geographical regions of Turkey // Phytochemistry Letters. 2021. T. 44. S. 129-136. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2021.06.008>

7. Shehata M. G. et al. Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions //Annals of Agricultural Sciences. 2020. T. 65. №. 2. S. 209-217. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.12.001>

8. Kozub M. A. Izuchenie fiziko-himicheskikh svoystv propolisa s pasek krasnodarskogo kraja //Sostaviteli: Nauchno-izdatel'skij centr «Mir nauki». 2017.S. 29-33– URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/propolis-kak-biologicheskii-aktivnyy-produkt>

9. Kajgorodov R. V., Suvorova S. A. Biohimicheskie osobennosti rastitel'nyh istochnikov propolisa umerennoj prirodnoj zony //Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2013. – №. 3. – S. 65-68. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-osobennosti-rastitel'nyh-istochnikov-propolisa-umerennoj-prirodnoj-zony>

10. Suhanova L. V., Kanarskij A. V. Propolis kak biologicheskii aktivnyj produkt //Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. №. 4. S. 198-203. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/propolis-kak-biologicheskii-aktivnyy-produkt>

11. Vahonina T. V. Pchelinyaya apteka //SPb.: Lenizdat. 1995. S. 240.

12. El Menyiy N. et al. Influence of geographic origin and plant source on physicochemical properties, mineral content, and antioxidant and antibacterial activities of Moroccan Propolis //International Journal of Food Science. 2021. T. 2021. S. 1-12. – URL: <https://doi.org/10.1155/2021/5570224>

13. Pant K. et al. Characterization and discrimination of Indian propolis based on physico-chemical, techno-functional, thermal and textural properties: A multivariate approach //Journal of King Saud University-Science. 2021. T. 33. №. 4. S. 101405. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101405>

14. Rusakova T.M., Burmistrova L.A., Budnikova N.V., Vahonina E.A., Martynova V.M., Stepanceva G.K. Opredelenie zoly v produktah pchelovodstva. Apiterapiya segodnya, 25-26 aprelya, 2014g, g. Rybnoe, sb.17. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27234932>

15. Regnier L., Salatino M. L. F., Salatino A. Parameters of the gross composition of propolis from Brazilian Meliponini //Journal of Apicultural Research. 2023. S. 1-9. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2216328>

16. Shehata M. G. et al. Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions //Annals of Agricultural Sciences. 2020. T. 65. №. 2. S. 209-217. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.12.001>

17. Gómez-Caravaca A. M. et al. Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees //Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. – 2006. – T. 41. – №. 4. – S. 1220-1234. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.002>

Информация об авторах

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

Author Information

Vakhonina Elena A., Science Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FSC of Beekeeping", landych899@gmail.com

Статья поступила в редакцию 11.03.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 11.03.2024; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т. 16, №2, с. 15-23
Vestnik RGATU, 2023, Vol.16, №2, pp. 15-23

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 556.53
DOI: 10.36508/RSATU.2024.34.13.003

КАЧЕСТВО ВОДЫ Р. РАКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Ольга Алексеевна Захарова¹✉, Ольга Валерьевна Евдокимова²

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

² ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Минздрава РФ, г. Рязань, Россия

¹ ol-zahar-ru@yandex.ru

² o.evdokimova@rzgmu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Сегодня практически не учитывается сброс загрязняющих веществ со сточными водами, их накопление в приемниках, технологические и экономические параметры производства и сооружений их очистки. Все вышеназванное в совокупности с природными факторами (подстилающие грунты, дальность объектов от реки и др.) вызывает загрязнение поверхностных вод, контроль качества которых необходимо проводить. Цель исследований – изучить ретроспективу качества воды р. Рака и современное ее состояние в зоне влияния свиного комплекса и пруда-накопителя с целью разработки рекомендаций по сохранению качества окружающей среды.

Методология. Исследования проведены в 1995, 2003 и 2022 годах. Объект – река Рака. Пробы воды отбирались в соответствии с ГОСТом. Исследовались гидрохимическое и бактериологическое состояние воды р. Рака. Методы исследований традиционные с математической обработкой результатов.

Результаты. В вегетационный (май-сентябрь) и межвегетационный (апрель, октябрь) периоды качество воды в реке не отвечало нормативам в 1995 году при проведении орошения сточными водами. Концентрация аммиака, нитратов и нитритов в воде с мая по сентябрь превышала ПДК в 60-80 раз. Содержание растворенного O₂ было ниже допустимого на 5 %. Было установлено высокое содержание хлоридов и сульфатов. В межвегетационный период концентрация токсикантов чуть снижалась за счет разбавления, но оставалась высокой вследствие наличия подпитки из переполненного пруда-накопителя. Коэффициент самоочищения речной воды минимальный. В 2003 г. при введении циклического орошения, подразумевавшего полив сточными водами 1 раз в 4 года научно обоснованной нормой гидрохимические показатели за счет небольшого снижения концентрации биогенных веществ улучшились в среднем в два раза. Современное состояние вод р. Рака характеризуется как загрязненное вблизи свиного комплекса и пруда-накопителя, но при дальнейшем движении по течению воды наблюдается разбавление концентрации токсикантов. Коэффициент самоочищения воды 12 %. Изменился гидрохимический состав речной воды за счет большего поступления со сточными водами поллютантов химического происхождения. Аналогичные изменения прослеживаются и в отношении содержания в речной воде микроорганизмов. С мая по конец августа 1995 г. в водах выявлено большое количество микроорганизмов, что не позволило к весне будущего года снизить концентрацию, самоочищения воды не произошло. Но и в 2003 году превышение норматива отмечалось по количеству лактозоположительной кишечной палочки (70000), E. coli - 13000. В 2022 г. санитарное состояние заметно улучшилось, что, на наш взгляд, есть следствие изменения химического состава: микрофлоры поступает меньше, а химических загрязнителей больше, в результате чего наблюдается губительное действие последних. Болезнетворные микроорганизмы в водах не обнаружены во все годы исследований.

Заключение. Поверхностные воды р. Рака, протекающей вблизи свиного комплекса и пруда-накопителя в меж- и вегетационный периоды представляют определенную опасность. Концентрация биогенных элементов, поступающих в реку, сохраняется высокой. Из-за уменьшения поголовья свиней и роста концентрации химикатов в коммунально-бытовых сточных водах, поступающих в очистные сооружения из п. Искра, наблюдается химический прессинг при некотором снижении биологического в 2 раза и более. Введение после ремонтных работ в строй второй очереди биологической очистки несколько улучшит показатели качества воды, однако необходимо коренным образом менять под-

ход к проблеме утилизации сточных вод и возродить надзорные мероприятия.

Ключевые слова: речная вода, качество, пруд-накопитель, фермы, прогноз

Для цитирования: Захарова О.А., Евдокимова О.В. Качество воды р. Рака при проведении оросительной мелиорации и ее современное состояние // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т.16, №2. С.15-23 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.34.13.003>

Original article

WATER QUALITY OF THE RAKA RIVER DURING IRRIGATION RECLAMATION AND ITS CURRENT STATE

Olga A. Zakharova¹, Olga V. Evdokimova

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ryazan, Russia

¹ ol-zahar-ru@yandex.ru

² o.evdokimova@rzgmu.ru

Abstract

Problem and purpose. Today, the discharge of pollutants with wastewater, their accumulation in receivers, technological and economic parameters of production and treatment facilities are practically not taken into account. All of the above, together with natural factors (underlying soils, distance of objects from the river, etc.) causes pollution of surface waters, the quality of which must be monitored. The purpose of the research was to study the retrospective water quality of the Raka river and its current state in the zone of influence of the pig farm and storage pond in order to develop recommendations for preserving the quality of the environment.

Methodology. The studies were conducted in 1995, 2003 and 2022. The object was the Raka river. Water samples were taken in accordance with GOST. The hydrochemical and bacteriological state of the river water was studied. Research methods were traditional with mathematical processing of results.

Results. During the growing season (May-September) and non-growing season (April, October) the water quality in the river did not meet the standards in 1995 when irrigation was carried out with wastewater. The concentration of ammonia, nitrates and nitrites in water from May to September exceeded the MPC by 60-80 times. The content of dissolved O₂ was 5% below the permissible level. High levels of chlorides and sulfates were found. During the non-growing season, the concentration of toxicants slightly decreased due to dilution, but remained high due to the presence of recharge from an overflowing storage pond. The coefficient of self-purification of river water was minimal. In 2003, with the introduction of cyclic irrigation, which meant watering with wastewater once every 4 years at a scientifically based rate, hydro chemical indicators improved by an average of two times due to a slight decrease in the concentration of nutrients. The current state of the Raka river water was characterized as polluted near the pig farm and storage pond, but with further movement along the water flow, a dilution of the concentration of toxicants was observed. The coefficient of self-purification of water was 12%. The hydro chemical composition of the river water changed due to a greater intake of pollutants of chemical origin with wastewater. Similar changes can be traced in relation to the content of microorganisms in the river water. From May to the end of August 1995, a large number of microorganisms were detected in the waters, which did not allow the concentration to be reduced by the spring of next year; self-purification of the water did not occur. But even in 2003, an excess of the standard was noted in the number of lactose-positive *Escherichia coli* (70,000), *E. coli* - 13,000. In 2022, the sanitary condition improved significantly, which, in our opinion, was a consequence of a change in the chemical composition: less microflora was supplied, and less chemicals were supplied. There were more pollutants, as a result of which the harmful effects of the latter were observed. No pathogenic microorganisms were found in the waters during all years of research.

Conclusion. Surface waters of the Raka river occurring near the pig farm and the storage pond during the inter- and growing seasons pose a certain danger. The concentration of nutrients entering the river remains high. Due to a decrease in the number of pigs and an increase in the concentration of chemicals in municipal wastewater entering treatment facilities from the village of Iskra, chemical pressure is observed with a slight decrease in biological pressure by 2 times or more. The commissioning of the second stage of biological treatment after repair work will somewhat improve water quality indicators, but it is necessary to change radically the approach to the problem of wastewater disposal and revive supervisory measures.

Key words: river water, quality, storage pond, farms, forecast

For citation: Zakharova O.A., Evdokimova O.V. Water quality of the Raka river during irrigation reclamation and its current state // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 2. P.15-23 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.34.13.003>

Введение

На территории Рязанской области с 1975 г. функционирует «Рязанский свиноплекс», ранее имевший название «Искра» с содержанием 108 тыс. голов ежегодного откорма. Зона влияния свиноплекса распространяется на значительные расстояния [6]. В.К. Найденко [9] указывает в работе, что степень этого влияния определяется по совокупности воздействия каждого входящего в свиноплекс объекта: свинарников, очистных сооружений, кормозаготовительных сооружений, цехов по хранению твердой фракции и других объектов [8]. Так, к примеру, неприятные запахи сероводорода, аммиака и других соединений ощутимы за 10 км от свиноплекса, что объясняется турбулентным движением воздуха и переносом его на значительные расстояния. Микробное загрязнение воздуха распространяется в виде полидисперсных аэрозолей [5]. Конечно, почва испытывает большую нагрузку вследствие седиментации токсикантов. Способ удаления навоза – гидромыв, при котором норма расхода воды на одно животное составляет 25 л/сут., в том числе 12 л на поение и 13 л на технические нужды [7, 9].

Разделение навоза на твердую и жидкую фракции происходит на очистных сооружениях. Твердая фракция поступает для складирования на карантинные площадки, жидкая после очистки отправляется по подземному трубопроводу в пруд-накопитель сточных вод. Причем во время второй ступени биологической очистки к свиноплексам вливаются коммунально-бытовые воды поселка Искра, что нарушает их безопасность. Водопотребление и водоотведение свиноплекса есть основной негативный фактор воздействия на окружающую среду. Учитывая взаимосвязь всех составляющих, в конечном итоге, проникая через толщу почвы, токсиканты поступают в поверхностные воды.

Вблизи свиноплекса протекает р. Рака, которая и явилась объектом наших исследований. Конечно, вода необходима для нормального роста и развития живых организмов, но при возрастании концентрации веществ до определенного предела, когда нарушается ее самоочищение, вода становится опасной [1]. Все воды конкретной территории взаимодействуют в результате обмена посредством гидравлической связи [2]. В нашей зоне действует периодическая гидравлическая связь между ними, что вызывает неоднозначный режим подземного стока (рис. 2). Поверхностные и грунтовые воды конкретной территории образуют единый сплошной поток, качественные характеристики которого изменяются в зависимости от загрязнения всех сред [4, 6, 7].

Цель исследований – проанализировать качество воды р. Рака в условиях проведения оросительной мелиорации и современное ее состояние.

В статье приводятся данные за многолетний авторский срок исследований. Обоснованием для сравнения явилось различие в хозяйственной деятельности человека: в 1995 году при проведении орошения сточными водами свиноплекса на площади 790 га, 2003 году – при внедрении циклического орошения сточными водами, 2022 году – современное состояние речной воды после прекращения поливов в 2007 году.

В 2003 году при внедрении на полях орошения сточными водами циклического полива концентрация основных загрязняющих веществ снизилась вследствие научнообоснованной оросительной нормы 350 м³/га, установленной экспериментальным путем, и двухлетним перерывом в их подаче после четырех лет поливов (рис. 1). В 2002 г. получен патент П. № 2192738 БИ № 32 «Способ орошения с использованием животноводческих стоков».

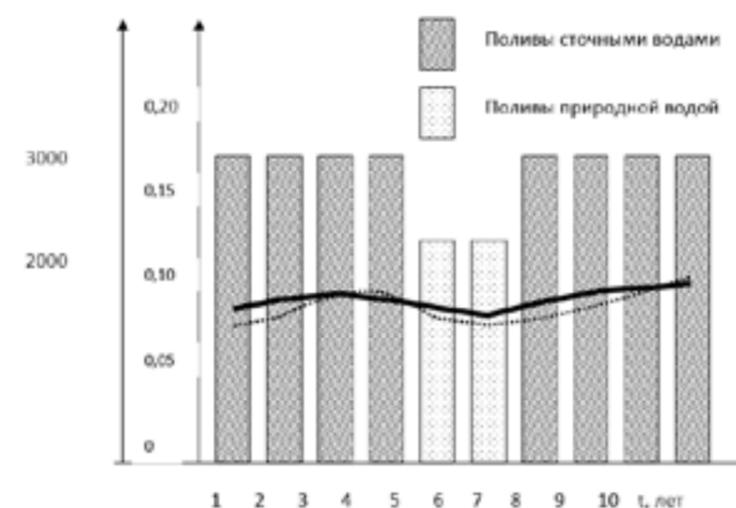


Рис. 1 – Схема циклического орошения сточными водами
Fig. 1 – The scheme of cyclic irrigation with wastewater



Река Рака типично равнинная, правый приток р. Оки. Исток – у с. Малинищи, устье – с. Вышгород. Длина 42 км, площадь водосборного бассейна 229 км². Помимо данного водотока, гидрологическая сеть вблизи свиного комплекса представлена ручьем Обеденка и балкой Большой Луг [2, 5].

Объекты и методы исследований

Объект исследования – поверхностные воды р. Рака. Образцы воды, по ГОСТ Р 59024-2020, отбирались в 300 м ниже, 300 м выше по течению и вблизи от свиного комплекса в меж- и вегетационный периоды в 1 м от береговой линии на глубине 0,5 м. Объем взятой пробы, помещенной в одноразовый стеклянный сосуд с плотно закрывающейся пробкой, составлял 1 дм³. В течение суток образцы воды доставлялись в лабораторию. Проведены лабораторные анализы воды по общеизвестным методикам, изложенным в работах отечественных исследователей [1, 2, 3]. Отбор проб воды р. Рака производился батометром Молчанова ГР-18 вблизи свиного комплекса, в 300 м ниже и

300 м выше по течению в вегетационный (август) и межвегетационный (апрель, октябрь) периоды и в течение часа пробы доставлялись в лабораторию ВНИИГиМ.

В речной воде сульфаты определялись методом химического титрования с трилоном Б по ГОСТ 31940-2012. Санитарно-бактериологическое исследование образцов речной воды проведено методом разведения с посевами на питательные среды для обнаружения БГКП, E. coli, энтерококков [9]. Результаты были соотнесены с данными ГОСТ 24849-2014 «Вода. Методы санитарно-бактериологического полевых условий». Достоверность результатов анализа устанавливалась при определении рядов динамики в программе Statistika 2010.

Результаты исследований

В таблице 1 приведены результаты исследований гидрохимического состояния вод реки Рака в вегетационный период, в таблице 2 – в межвегетационный период (октябрь).

Таблица 1 – Гидрохимическая характеристика вод р. Рака в вегетационный период

Показатели	1995 год			2003 год			2022 год		
	выше	выше	ниже	вблизи	ниже	вбли- зи	ниже	вблизи	ниже
	полей орошения и свиного комплекса			свиного комплекса			свиного комплекса		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Температура, °C	6°	6°	8°	5°	6°	6°	5°	5°	6°
2. Запах, балл	1	1	2	1	1	1	1	1	1
3. Характер	специфический			специфический			специфический		
4. Примеси	отсутствуют			отсутствуют			отсутствуют		
5. Цветность, °	26°	26°	26°	22°	26°	22°	20°	22°	22°
6. Цвет	желтый			желтый			желтый		
7. Осадок	отсутствует			отсутствует			отсутствует		
8. Прозрачность, см	25	25	22	22	22	22	20	20	20
9. Жесткость общая, мг-экв/дм ³	5,6	5,6	6,0	7,0	6,0	7,0	6,0	6,6	6,0
10. Сухой остаток, мг/дм ³	720	720	760	710	710	740	710	710	700
11. Cl ⁻ , мг/дм ³	205	205	280	210	180	195	180	105	140
12. SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	80	80	85	88	85	88	85	84	85
13. NH ₃ ⁻ , мг/дм ³	2,01	2,07	3,09	1,34	1,77	1,59	1,18	1,26	1,05
14. NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,02	0,02	0,80	0,08	0,04	0,10	0,10	0,09	0,09
15. NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,4	0,4	2,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1

Таблица 2 – Гидрохимическая характеристика вод р. Рака в межвегетационный период

Показатели	осень, 1995 год			осень, 2003 год			осень, 2022 год		
	выше	выше	ниже	вблизи	ниже	вбли- зи	ниже	вблизи	ниже
	полей орошения и сви- но-комплекса			свиного комплекса			свиного комплекса		
1	2	2	4	3	4	3	4	3	4
1. Температура, °C	6°	6°	8°	4°	4°	5°	4°	4°	5°



Продолжение таблицы 2

2. Запах, балл	1	1	2	1	1	1	1	1	1
3. Характер	специфический			специфический			специфический		
4. Примеси	отсутствуют			отсутствуют			отсутствуют		
5. Цветность, °	26°	26°	26°	22°	20°	20°	20°	20°	20°
6. Цвет	желтый			желтый			желтый		
7. Осадок	отсутствует			отсутствует			отсутствует		
8. Прозрачность, см	25	25	22	22	22	22	20	20	20
9. Жесткость общая, мг-экв/дм ³	5,6	5,6	6,0	7,6	6,0	7,6	6,0	7,6	6,0
10. Сухой остаток, мг/дм ³	720	720	760	850	760	850	770	880	780
11. Cl ⁻ , мг/дм ³	205	205	210	205	230	219	220	295	290
12. SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	80	95	92	82	85	84	92	98	96
13. NH ₃ ⁻ , мг/дм ³	1,96	2,50	2,47	1,55	1,68	1,90	1,56	1,59	1,59
14. NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,02	0,08	0,09	0,01	0,07	0,07	0,02	0,05	0,02
15. NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,3	0,8	0,5	0,1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2

Гидрохимические показатели включали запах, который вызван летучими пахнущими веществами, образованными при биохимическом разложении органических веществ. На запах оказывали влияние температура воды, pH, микроорганизмы, гидрологические условия и другие факторы. По критерию интенсивности запаха воды характеризовались очень слабой интенсивностью запаха и на протяжении всех лет исследований оценка его интенсивности равна 1. Только в 1995 году при проведении орошения сточными водами запах усиливался до 2 баллов, то есть был слабой интенсивностью. Такой критерий запаха, равный 2 баллам, говорит об обнаружении запаха потребителем. Различают «истинный цвет», обусловленный только растворенными веществами, и «кажущийся» цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных (размером менее 1 мкм, 1 мкм = 0,001 мм) взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной pH.

Цветность – показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений – определялась сравнением окраски испытуемой воды с эталонами. Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов. Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 20 градусов. Цветность природных вод была выше норматива и достигала 22-26 градусов. Высокая цветность воды, как правило, связана с присутствием в ней ионов железа и/или органических примесей и оказывает отрицательное влияние на эстетические ощущения, здоровье человека и животных.

Прозрачность характеризуется наличием цвета и мутности. В наших исследованиях прозрачность воды р. Рака определялась посредством помещения диска Секки и соответствовала градации от

прозрачной до сильно мутной.

Жесткость воды есть свойство, зависящее от концентрации растворенных солей Ca и Mg. В воде р. Рака этот показатель не превышал 7 мг-экв/дм³, что соответствовало уровню средней жесткости.

В годы проведения гидротехнической мелиорации из-за большого объема образующихся сточных вод на свином комплексе и недостаточного объема пруда-накопителя, куда поступали стоки от очистных сооружений, речная вода не отвечала требованиям СанПиН и ГОСТ: в 1995 г. аммиака содержалось около 11,5, нитратов – 9,8, нитритов – 3,8 мг/дм³, что выше нормы в 60-80 раз.

Осенью, после прекращения поливов сточными водами, концентрация химических веществ в речной воде чуть снижалась из-за разбавления, однако к весне процесс самоочищения не наступал и при регулярном орошении сточными водами показатель <1.

Анализ данных 2003 года показал заметное снижение концентрации загрязняющих веществ, что объясняется оптимальной оросительной нормой и двухлетним перерывом в подаче сточных вод на поля орошения, уменьшением поверхностного стока и дальнейшим разбавлением концентрации химических соединений. В 2003 году количество аммиачной формы азота установлено на 26 % ниже, нитратной – на 34 %, нитритной – на 26 % по сравнению с годами регулярного полива сточными водами, хотя значения превышали нормативные на 10-20 %. В межвегетационный период концентрация рассматриваемых соединений оставалась также высокой 1,68; 0,07 и 0,5 мг/дм³.

Современное состояние значительно изменилось вследствие прекращения орошения сточными водами. Но образовалась проблема утилизации сточных вод. Сейчас биологическая очистка ремонтируется, а сточные воды поступают в пруд-накопитель, откуда идет подпитка нижележащих

горизонтов и выход токсикантов в поверхностные и грунтовые воды. Так, концентрация основных загрязнителей в виде аммиачного, нитратного и нитритного азота достигла величин более низких по сравнению с 1995 и 2003 гг. Вблизи свинокомплекса содержание разных форм азота установлено соответственно 1,59; 0,05 и 0,4 мг/дм³, то есть их концентрация выше нормативов. По прозрачности воды соответствовали градации.

Изменился гидрохимический состав речной воды за счет большего поступления со сточными водами поллютантов химического происхождения. Численность жителей в п. Искра возросла до 2406 чел. (+4 %), увеличилось количество мелких предприятий, а поголовье свиней уменьшилось более чем в 2 раза, что и объясняет изменение гидрохимического статуса сточных вод с биогенного на техногенный характер.

Если проследить динамику содержания взвешенных частиц, то сильный прессинг наблюдался в годы орошения сточными водами в меж- и вегетационный периоды. Из-за слабого протекания процесса самоочищения воды значения по этому показателю не снижались ниже 18 мг/дм³. рН поверхностных вод составлял 7,9 в прошлые годы и 7,0 в настоящее время.

Растворенный O₂ по нормативу должен составлять не ниже 4,0 мг/дм³, поэтому для проживающих в реке организмов недостаток кислорода был ощутим. Показатели БПК₅ и ХПК, то есть биологическая и химическая потребности кислорода свидетельствовали о дефиците O₂. Окисляемость составляла более 10 мг O₂/дм³.

В природных водах обнаружены сульфаты. Они представлены сульфат-ионами SO₄²⁻, которые способны вызвать у человека раздражение желудочно-кишечного тракта, пищевые отравления и заболевания [1]. К тому же, присутствие ионов других элементов ведет к образованию с ними труднорастворимых солей, что ухудшает качество поверхностных вод. В речной воде они не занимают лидирующего места по загрязнителям, но их наличие свидетельствует о загрязненности речной воды и невозможности использования ее в питьевом назначении. Учитывая изменение поголовья свиней на комплексе и снижение доли поступающих на очистные сооружения сточных вод, и в то же время повышение доли химических загрязнителей в коммунально-хозяйственных сточных водах п. Искра, знание о содержании и динамике сульфатов в поверхностных водах необходимо.

Концентрация сульфатов формируется, в основном, составом коммунально-бытовых сточных вод п. Искра, которые на второй ступени биологической очистки сливаются со сточными водами свинокомплекса и уже в смешанном виде поступают в пруд-накопитель. Наибольшее содержание сульфатов установлено в 2022 году, что свидетельствует о наличии химического прессинга на данном отрезке водотока. Так, в 1995 году лидирующими токсикантами являлись загрязнения биогенного происхождения, а в 2022 году – химического.

В вегетационный период наблюдался максимум концентрации сульфатов. В 2003 году при внедрении технологии циклического орошения сточными водами оросительной нормой не выше 350 м³/га с двухлетним перерывом в подаче через 4 года концентрация сульфатов была самой низкой весной: выше, ниже по течению и вблизи свинокомплекса по сравнению с 1995 годом на 3; 2 и 1 %. В 2022 году, наоборот, концентрация сульфатов возросла и в теплый период была выше по сравнению с 2003 годом на 8, 11 и 10 % соответственно. Осенью количество сульфатов чуть снижалось, а весной в результате схода снега и наличия поверхностного стока концентрация токсиканта увеличивалась. Амплитуда данных в вегетационные периоды 1995, 2003 и 2022 года составила от 80 до 95 мг/дм³.

Среднегодовая концентрация сульфатов в 1995 году была равна 89 мг; в 2003 году – 84 мг; в 2022 году – более 95 мг/дм³.

Аналогичная ситуация прослеживается и в содержании в речной воде хлоридов, которые приносят вред организму человека при ее употреблении в виде негативного воздействия на органы желудочно-кишечного тракта, мочеполовой и кровеносной систем и др. И хотя концентрация хлоридов в природных водах ниже санитарной нормы, однако контроль их содержания необходимо вести.

Так, суммарное загрязнение хлоридами в 1995 году составило чуть более 208 мг, 2003 году – уже 218 мг, то есть на 5 % больше, а в 2022 году – более 268 мг, то есть на 23 % больше по сравнению с 1995 и 2003 годами.

Несмотря на протяженность р. Рака в 42 км и площадь водосборного бассейна 229 км², разбавления загрязняющего вещества не наблюдается и скорость процесса самоочищения речной воды был минимален и равен 2.

Санитарное состояние объекта исследований характеризовалось в 1995 году как сильно грязное вследствие обнаружения в пробах речной воды микроорганизмов, значительно превышавших по численности допустимые величины. Такое загрязнение не могло обеспечить быстрого самоочищения речной воды: коэффициент самоочищения равен 5. Помимо высокой контаминации, были обнаружены сальмонеллы в количестве 2-5 в дм³.

После схода снега и поступления талых вод по уклону с полей орошения концентрация в речной воде рассматриваемых прокариотов возрастала.

Осенью, в сентябре-ноябре, санитарное состояние водотока не улучшалось, хотя концентрация микроорганизмов снижалась. Превышение в это время года установлено только по двум палочковидным бактериям.

Отбор проб воды и ее анализ в 2003 г. выявил небольшое снижение количества микробов, что связано с внедрением циклического орошения сточными водами на 300 га сельскохозяйственных угодий. Коэффициент самоочищения вод равен 8.

В 2022 г. санитарное состояние заметно улучшилось, что, на наш взгляд, есть следствие изменения химического состава: микрофлоры поступа-

ет меньше, а химических загрязнителей больше, в результате чего наблюдается губительное действие последних. По отношению к рН воды, показатель которого чуть ближе стал к нейтральной, группа микроорганизмов осталась прежней – нейтрофилы. Коэффициент самоочищения вод приближался к 12. Вирулентные виды не обнаружены.

Приведенные результаты исследований достаточно интересны. Нами осуществлен анализ данных численности микроорганизмов в исследуемые годы по отношению к изменению химического состава вод, в частности концентрации хлоридов и сульфатов, с использованием метода выборок с соблюдением принципа рандомизации и метода рядов динамики [5], что отображено на рисунке 2. Именно ряд динамики позволил определить скорость развития процесса загрязнения речной воды вблизи свинокомплекса и пруда-накопителя. Нами последовательно были расположены статистические показатели, изменения которых характеризуют данный процесс во времени.

В 2023 году для оценки качества воды в реке Рака был поставлен лабораторный опыт с тест-культурой – семенами редиса. Результаты опыта показали от слабого до среднего воздействия речной воды на прорастание семян тест-культуры (отклонение в росте зародышевого корешка 0,8-1,0±0,2 см и зародышевого стебелька 1,1-1,3±0,4 см, рис. 3).



а – контроль



б – опыт

Рис. 3 – Проростки семян редиса в лабораторном опыте на токсичность речной воды

Fig. 3 – Radish seedlings in a laboratory experiment on the toxicity of river water

Приказ N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с испр. на 22 августа 2023 года), действует

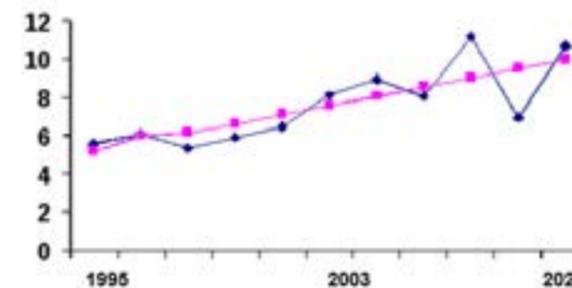


Рис. 2 – График рядов динамики процесса самоочищения

Fig. 2 – The time series graph of the self-cleaning process

— Исходный ряд динамики
— Выровненный ряд динамики

с 2016 г. В соответствии с ним нами дана оценка современного состояния речной воды на август 2023 года (рис. 4).

Кривая показателей качества воды р. Рака отображает ее суммарное загрязнение и хорошо иллюстрирует приведенные в таблицах 1 и 2 данные. Четко прослеживается спад концентрации токсичных веществ и неблагоприятных процессов в 2003 году при внедрении технологии циклического орошения сточными водами. После прекращения поливов сточными водами при ведении мониторинговых исследований в 2022 году содержание загрязняющих веществ не соответствовало нормативам и кривая стала расти.

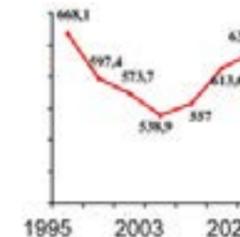


Рис. 4 – Кривая показателей качества воды р. Рака по годам исследований

Fig. 4 – The Raka river water quality curve by years of the research

Установлено превышение концентрации допустимых значений, максимум выявлен по аммиаку и аммоний-иону +88 и +68 раз соответственно, то есть вода р. Рака опасна при ее питьевом назначении и для купания, можно использовать воду только на технические нужды.

При рассмотрении динамики накопления загрязняющих веществ в поверхностных водах прослеживается рост концентрации от весны до лета с небольшим спадом осенью, когда происходит их разбавление и отмечен минимальный приход по сравнению с теплым периодом года.

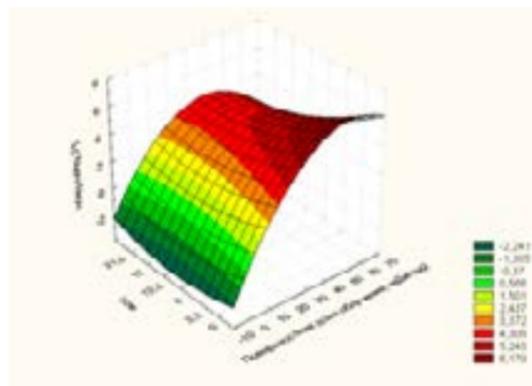


Рис. 5 – Динамика роста концентрации сульфатов в речной воде в теплый период года и небольшой спад осенью

Fig. 5 – Dynamics of growth in the concentration of sulfates in the river water during the warm period and a slight decline in autumn

В качестве примера нами проанализировано содержание сульфатов в речной воде от тепло-го времени года до холодного, октября. При использовании воды с повышенным содержанием сульфатов может быть раздражение желудочно-кишечного тракта, нарушение пищеварения, проявление аллергии [10]. Со снижением поголовья свиней на комплексе химический прессинг по сравнению с биологическим возрос. На рисунке 5 хорошо прослеживается рост концентрации сульфатов, представленных анионом SO_4^{2-} , что отобразено от темно-зеленого до красного цвета. К октябрю концентрация сульфатов снижается, что на графике показано нижним колебанием верхнего листа поверхности отклика.

Заключение

На основе результатов исследований можно утверждать – качество воды р. Рака в период проведения оросительной мелиорации и после прекращения поливами сточными водами варьировало по многим показателям в значительных пределах и по многим не соответствовало санитарной норме. Так, органолептические показатели, включающие запах, температуру, цветность и другие, свидетельствовали о незначительных отклонениях, а химический состав вод, отображенный присутствием сульфатов, хлоридов, имел высокие значения по этим показателям. Разница между годами и вегетационными и межвегетационными периодами составляла от 3 % по сульфатам до 3% по хлоридам. Однако превышения нормативов выявлено. Цветность воды была превышена на 30%.

Обобщаем вышесказанное: поверхностные воды р. Рака, протекающей вблизи свиного комплекса и пруда-накопителя в меж- и вегетационный периоды представляют определенную опасность. Концентрация биогенных элементов, поступающих в реку, значительно снизилась. Из-за уменьшения поголовья свиней и роста концентрации химикатов в коммунально-бытовых сточных во-

дах, поступающих в очистные сооружения из п. Искра, наблюдается химический прессинг. Это выражено снижением концентрации аммиачного, нитратного и нитритного азота в 2-7 раз, но, несмотря на это, превышение допустимых значений осталось. Оценка качества речной воды в августе 2023 года подтвердила неблагоприятное состояние вод р. Рака, потому что выявлено превышение допустимых величин по всем показателям. Введение после ремонтных работ в строй второй очереди биологической очистки несколько улучшает показатели качества воды, однако необходимо коренным образом менять подход к проблеме утилизации сточных вод и возродить надзорные мероприятия.

Список источников

1. Антипов, М.А. Оценка качества подземных вод и методы их анализа / М.А. Антипов. - Санкт-Петербург: Проспект науки, 2013. - 134 с.
2. Арустамов, Э.А. Загрязнение подземных вод стало актуальной экологической проблемой / Э.А. Арустамов, И.В. Левакова // Вестник Евразийской науки, 2019. - №6. – С. 33-38. <https://esj.today/PDF/40NZVN619.pdf> (доступ свободный).
3. Базыкин, В.И. Минимизация негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду / В.И. Базыкин, А.В. Трифанов // Международный научно-исследовательский журнал, 2018. - № 10 (76). – С. 22-29.
4. Беляев, С.Д. Технологические нормативы и целевые показатели качества поверхностных вод / С.Д. Беляев // Водное хозяйство России, 2015. - №6. - С.18-27.
5. Захарова, О.А. Ресурсосберегающая технология восстановления деградированных почв / О.А. Захарова. - Рязань, РГТУ, 2004. -262 с. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
6. Кочетова, Ж.Ю. Оценка влияния типового свиноводческого комплекса на загрязнение деponирующих сред прилегающих территорий / Ж. Ю. Кочетова, С. С. Маслова // Геополитика и экодинамика регионов, 2021. – Том 7. - №2. – С.231-240.
7. Методы проведения санитарно-микробиологических исследований /Под общ.ред. О.В. Евдокимовой.-Рязань: РГМУ, 2022. – 128 с.
8. Мусаев, Ф.А. Бактериальные сообщества в почве сельскохозяйственного назначения / Ф.А. Мусаев, О.А. Захарова. - Рязань, РГТУ, 2014. – 205 с. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
9. Найденко, В.К. Уменьшение негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду / В.К. Найденко // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства, 2015. - №8. – С. 201-212. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25282295>
10. Селезнев, В.А. Сезонная изменчивость сульфатных ионов в воде реки Волга / В.А. Селезнев // Вестник МГТУ, 2021. - Т. 24, № 2. – С. 56-57. URL: http://kolanord.ru/html_public/periodika/Vestnik-MGTU/Vestnik-MGTU_Tom24_2021_N2/57/#zoom=z

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Antipov, M.A. Ocenka kachestva podzemnykh vod i metody ih analiza/ M.A. Antipov. - Sankt-Peterburg: Prospekt nauki, 2013. - 134 s.
2. Arustamov, E.A. Zagryaznenie podzemnykh vod stalo aktual'noj ekologicheskoy problemoy / E.A. Arustamov, I.V. Levakova // Vestnik Evrazijskoy nauki, 2019. - №6. – S. 33-38. <https://esj.today/PDF/40NZVN619.pdf> (dostup svobodnyj).
3. Bazykin, V.I. Minimizaciya negativnogo vozdejstviya svinovodcheskih predpriyatij na okruzhayushchuyu sredyu / V.I. Bazykin, A.V. Trifanov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 2018. - № 10 (76). – S. 22-29.
4. Belyaev, S.D. Tekhnologicheskie normativy i celevye pokazateli kachestva poverhnostnykh vod / S.D. Belyaev // Vodnoe hozyajstvo Rossii, 2015. - №6. - S.18-27.
5. Zaharova, O.A. Resursosberegayushchaya tekhnologiya vosstanovleniya degradirovannykh pochv / O.A. Zaharova. - Ryazan', RGATU, 2004. -262 s. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
6. Kochetova, Zh.Yu. Ocenka vliyaniya tipovogo svinovodcheskogo kompleksa na zagryaznenie deponiruyushchih sred prilgayushchih territorij / Zh. Yu. Kochetova, S. C. Maslova // Geopolitika i ekogeodinamika regionov, 2021. – Tom 7. - №2. – S.231-240.
7. Metody provedeniya sanitarno-mikrobiologicheskikh issledovaniy /Pod obshch.red. O.V. Evdokimovoj.-Ryazan': RGMU, 2022. – 128 s.
8. Musaev, F.A. Baktelial'nye soobshchestva v pochve sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / F.A. Musaev, O.A. Zaharova. - Ryazan', RGATU, 2014. – 205 s. URL: <https://f.eruditor.one/file/2118438/>
9. Najdenko, V.K. Umen'shenie negativnogo vozdejstviya svinovodcheskih predpriyatij na okruzhayushchuyu sredyu / V.K. Najdenko // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkciy rastenievodstva i zhivotnovodstva, 2015. - №8. – S. 201-212. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25282295>
10. Seleznev, V.A. Sezonnaya izmenchivost' sul'fatnykh ionov v vode reki Volga / V.A. Seleznev // Vestnik MGTU, 2021. - T. 24, № 2. – S. 56-57. URL: http://kolanord.ru/html_public/periodika/Vestnik-MGTU/Vestnik-MGTU_Tom24_2021_N2/57/#zoom=z

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

Захарова Ольга Алексеевна, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.Костычева», ol-zahar-ru@yandex.ru

Евдокимова Ольга Валерьевна, канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой микробиологии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Минздрава РФ, evdokimova@rzgmu.ru

Author information

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

Evdokimova Olga V., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Microbiology, Ryazan State Medical University Named after Academician I.P. Pavlov of the Ministry of Health of Russia, evdokimova@rzgmu.ru

Статья поступила в редакцию 28.02.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 28.02.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с. 24-35
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 24-35

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 633.16:631.5
DOI: 10.36508/RSATU.2024.17.38.004

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА КАМАСHEВСКИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА

Чулпан Марсовна Исламова¹, Иван Николаевич Хохряков², Ильдус Шамилевич Фатыхов³, Елена Витальевна Корепанова⁴, Вера Николаевна Гореева⁵

^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск, Россия

¹ Chulpanislamova_85@mail.ru
² hohryacow.iwan@gmail.com
³ fatykhovildus@mail.ru
⁴ k_evital@mail.ru
⁵ goreeva_v_n@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Почвенные и климатические факторы окружающей среды Среднего Предуралья благоприятны для получения в регионе высокой урожайности продовольственного зерна с высокими технологическими качествами. При этом урожайность и качество ярового ячменя все еще остаются относительно невысокими и не стабильны по периодам вегетации. Отсюда, в современных условиях отводится большая роль изысканию приоритетных направлений для роста продуктивности ярового ячменя. Одним из возможных путей решения поставленной задачи является установление оптимальных норм высева современных сортов и использование регуляторов роста. Цель исследований – определить реакцию ярового ячменя Камашевский на норму высева и обработку посевов регуляторами роста урожайностью и качеством зерна.

Методология. Экспериментальные исследования с яровым ячменем Камашевский были проведены на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах, наиболее характерных для Среднего Предуралья, по схеме полевого опыта, где в качестве фактора А была взята норма высева от 3,5 до 5,5 млн штук всхожих семян на 1 га с шагом в 1 млн и фактора В – применение регулятора роста (Моддус; Рэгги; Антивылегал).

Результаты. На формирование урожайности зерна ячменя относительно высокую долю влияния – 60 % имеют абиотические условия. Норма высева влияет на данный показатель на 20 %, использование регуляторов роста – на 14 %. Наибольшую урожайность зерна ячменя сорта Камашевский – 3,50 т/га обеспечивало использование регулятора роста Рэгги. Преимущество по данному показателю составило 0,49 т/га относительно варианта без обработки и на 0,09 т/га и 0,17 т/га относительно других изучаемых регуляторов роста Моддус и Антивылегал. При нормах высева 4,5 млн и 5,5 млн шт./га всхожих семян получена большая урожайность, которая существенно не различалась между собой. Относительно большая натура зерна (645 г/л) была установлена при воздействии регулятора роста Рэгги. Применение регуляторов роста Рэгги и Антивылегал приводило к снижению пленчатости на 0,3 %. Зерно, полученное при завышенной норме высева 5,5 млн шт./га всхожих семян, отличалось пониженной натурой зерна на 20 г/л и повышенной пленчатостью на 1,5 % сравнительно с соответствующими показателями при высева с нормой 4,5 млн.

Заключение. В условиях Среднего Предуралья для получения высокой урожайности зерна и улучшения его качества яровой ячмень сорт Камашевский рекомендуется высевать с нормой высева 4,5 млн штук всхожих семян на 1 га и опрыскивать посева в фазе начала выхода в трубку регулятором роста Рэгги.

Ключевые слова: ячмень, норма высева, регулятор роста, урожайность, структура урожайности, натура зерна, пленчатость



Для цитирования: Исламова Ч. М., Хохряков И. Н., Фатыхов И. Ш., Корепанова Е. В., Гореева В. Н. Урожайность и качество зерна ячменя Камашевский в зависимости от нормы высева и обработки посевов регуляторами роста // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.24-35 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.17.38.004>

Original article

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BARLEY GRAIN KAMASHEVSKY DEPENDING ON THE SEEDING RATE AND CROP TREATMENT BY GROWTH REGULATORS

Chulpan M. Islamova¹, Ivan N. Khokhryakov², Ildus Sh. Fatykhov³, Elena V. Korepanova⁴, Vera N. Goreeva⁵

^{1,2,3,4,5} Udmurt State University, Izhevsk, Russia

¹ Chulpanislamova_85@mail.ru
² hohryacow.iwan@gmail.com
³ fatykhovildus@mail.ru
⁴ k_evital@mail.ru
⁵ goreeva_v_n@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The soil and climatic conditions of the Middle Urals make it possible to obtain high yields of food grains with high technological qualities in the region. At the same time, the yield and quality of spring barley still remain relatively low and not stable over the years. Therefore, methods of increasing the yield of spring barley are currently being searched for, and one of the ways to solve this problem is to establish optimal seeding rates for modern varieties and use growth regulators. The purpose of the research is to determine the reaction of Kamashovsky spring barley to the seeding rate and the treatment of crops with growth regulators, yield and grain quality.

Methodology. On sod-podzolic medium loamy soils of the Middle Urals, a field experiment with Kamashovsky spring barley was conducted according to the following scheme: Factor A - Seeding rate 1) 3.5 million pcs. germinating seeds/ha; 2) 4.5 million units. germinating seeds/ha (k); 3) 5.5 million pieces. germinating seeds/ha. Factor B – Growth Regulators 1) Without treatment (k); 2) Moddus; 3) Reggae; 4) Anti-aging.

Results. Abiotic conditions have a relatively high share of influence on the formation of barley grain yield of 60%. The seeding rate affects this indicator by 20 %, and the use of growth regulators by 14 %. The highest yield of Kamashovsky barley grain of 3.50 t/ha was provided by the use of Reggae growth regulator. The advantage in this indicator was 0.49 t/ha relative to the untreated variant and by 0.09 t/ha and 0.17 t/ha, respectively, of the other studied growth regulators Moddus and Antiviral. At seeding rates of 4.5 million and 5.5 million pieces. A large yield was obtained from germinating seeds per 1 ha, which did not differ significantly from each other. A relatively large grain size (645 g/l) was obtained when treated with Reggae growth regulator. The use of Reggae growth regulators and Antifreeze led to a decrease in filminess by 0.3%. An increase in the seeding rate to 5.5 million contributed to a decrease in grain size by 20 g/l and an increase in film content by 1.5 % compared with the same indicator at a seeding rate of 4.5 million pieces. germination of seeds per 1 ha.

Conclusion. In the conditions of the Middle Urals, in order to obtain high grain yields and improve its quality, spring barley of the Kamashovsky variety is recommended to be sown with a seeding rate of 4.5 million pieces of germinating seeds per 1 hectare and to process crops in the phase of the beginning of release into the tube with a Reggae growth regulator.

Key words: barley, seeding rate, growth regulator, yield, yield structure, grain type, filminess.

For citation: Islamova Ch. M., Khokhryakov I. N., Fatykhov I. Sh., Korepanova E. V., Goreeva V. N. Productivity and quality of barley grain Kamashovsky depending on the seeding rate and crop treatment by growth regulators // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No.2., P.24-35 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.17.38.004>

Введение

Яровой ячмень в растениеводстве страны имеет огромное продовольственное, кормовое и техническое значение. Среди зерновых культур ячмень, как сельскохозяйственная культура, получил одно из лидирующих мест в мировом производстве зерна [1], в России площадь его посевов составляет 9 млн га [2], в Удмуртской Республике

– 111 тыс. га [3]. Почвенные и климатические факторы окружающей среды Среднего Предуралья благоприятны для получения в регионе высокой урожайности продовольственного зерна с высокими технологическими качествами. Однако урожайность и качество данной культуры все еще остаются относительно невысокими и сильно колеблются по годам [4]. Поэтому в настоящее время ведется



поиск приемов повышения урожайности ярового ячменя. Одним из возможных путей решения поставленной задачи является установление оптимальных норм высева современных сортов и использование регуляторов роста. В технологии возделывания полевых культур основополагающим элементом является норма высева, которая устанавливает важный элемент структуры посева, такой как количество продуктивных растений [5]. От количества высеваемых семян на установленной площади в большей степени зависит получение планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. Необходимо отметить непостоянство величины нормы высева. На данный элемент технологии возделывания оказывают влияние постоянно меняющиеся факторы, такие как особенности используемого сорта, величина доз применяемых минеральных удобрений, почвенное плодородие, особенности климатической зоны и в целом культура земледелия. Оптимально установленная норма высева благоприятно сказывается на прохождении растениями фаз роста и развития в онтогенезе, поэтому многие ученые отдают предпочтение в своих научных изысканиях данному вопросу [6-9].

Важные проблемы, связанные с повышением продуктивности растений, улучшением качества продукции, устойчивостью к заболеваниям, поднятием стрессоустойчивости, снижением полеглости стеблестоя, осыпаемостью зерна на корню, снижением веществ опасных для жизни и здоровья живых организмов, можно решить с помощью воздействия регуляторами роста [10-11]. При анализе источников научной литературы обозначается, что опрыскивание посевов колосовых зерновых культур регуляторами роста приводит к улучшению следующих параметров: увеличение прочности соломины, снижение рисков полегания растений при значительном возрастании урожайности, повышение устойчивости культуры к неблагоприятным факторам окружающей среды [12-13]. Несмотря на это, источники научной литературы свидетельствуют о том, что экспериментальные исследования по использованию данных препаратов в технологии возделывания ячменя Камашевский практически отсутствуют в Среднем Предуралье.

Цель исследований – определить реакцию ярового ячменя Камашевский на норму высева и обработку посевов регуляторами роста урожайностью и качеством зерна.

Задачи исследований:

1) определить урожайность и ее структурные элементы при сложившихся абиотических условиях, нормах высева и обработки посевов регуляторами роста;

2) установить долю влияния факторов, таких как «абиотические условия», «норма высева», «использование регуляторов роста» на урожайные свойства ячменя и элементы структуры урожайности;

3) определить влияние изучаемых элементов технологии на качественные показатели урожая.

Материалы и методы исследования

Для решения указанных задач в ИП «Хохряков Н.Н.» Шарканского района УР были проведены экспериментальные исследования в 2021–2023 гг. по следующей схеме полевого двухфакторного опыта, где в качестве фактора А была взята норма высева от 3,5 до 5,5 млн штук всхожих семян на 1 га с шагом в 1 млн и фактора В – применение регуляторов роста Моддус; Рэggi; Антивылегал.

Регуляторы роста растений: Моддус, КЭ (250 г/л тринексапак-этил) – 0,3 л/га; Рэggi, ВРК (750 г/л хлормекватхлорид) – 1 л/га; Антивылегал, ВРК (675 г/л хлормекватхлорид) – 1,5 л/га. В качестве контроля использовался вариант без обработки посевов. Рабочий раствор расходовали с нормой во всех вариантах 200 л на 1 га. Опрыскивание провели в фазе начала выхода в трубку.

Почва опытных участков была дерново-подзолистая среднесуглинистого гранулометрического состава и характеризовалась следующими агрохимическими показателями плодородия пахотного слоя: рНКСI – близкая к нейтральной–нейтральная (5,6-6,4), S – средняя (24,5-29,7 ммоль/100 г почвы), Нг – высокая (1,53-1,67 ммоль/100 г почвы), содержание органического вещества – высокое (3,1-3,2 %), подвижного P₂O₅ – повышенное (109-144 мг/кг почвы) и подвижного K₂O – низкое-очень высокое (61-262 мг/кг почвы).

Погодные условия периода вегетации в годы проведения полевых опытов отличались друг от друга и были типичны для условий Среднего Предуралья.

Вегетационный период 2021 г. характеризовался как засушливый с ГТК за вегетацию ячменя составил 1,02. Прохождение фенологических фаз роста и развития ярового ячменя Камашевский проходило, когда в мае, июне и июле температура воздуха в среднем за сутки была выше на 3,5° С, на 1,5° С, на 2,2° С соответственно по отношению к климатическим нормам. Атмосферные осадки, выпавшие в виде дождей в мае, июне и августе, имели отклонение в сторону уменьшения от среднестатистических данных на 26 мм, 30 мм, и 50 мм соответственно. Температура воздуха в июле была меньше на 0,4° С, а осадков выпало на 54 мм больше, чем норма.

В 2022 г. период вегетации проходил при теплой погоде. ГТК за вегетацию был равен 1,35, что классифицируется как умеренно засушливый год. В мае сложились климатические условия, характеризующиеся прохладной и относительно влажной погодой, когда средняя суточная температура воздуха отличалась меньшей на 3,0° С и количество выпавших осадков большей на 9 мм от средних многолетних. Июнь уступал по температурным условиям на 2,2° С, а июль и август превосходили на 0,5-2,9° С среднеемноголетние значения. Июнь отличался большим выпадением на 16 % осадков, июль и август – меньшим на 21-47 мм, чем климатическая норма.

ГТК за вегетационный период ячменя в 2023 г., равный 0,53, характеризовался, как очень засуш-



ливый. Апрель и май 2023 г. характеризовались повышенной на 3,2° С и 2,2° С соответственно температурой воздуха в сравнении с климатической нормой. Температурные условия следующего месяца вегетационного периода (июнь) были на 3,6° С ниже среднеемноголетнего значения. Начиная с июля по август снова наблюдали превышение среднесуточной температуры воздуха на 1,2-1,4° С. Условия увлажнения по месяцам вегетационного периода уступали норме: в апреле – на 22 мм, в мае – на 41 мм, в июне – на 45 мм, в июле – на 10 мм и в августе – на 21 мм. В целом вегетационный период в этом году был жарким и сухим.

Предшествующей культурой в севообороте у ярового ячменя Камашевский был яровой рапс. Система обработки почвы (после уборки предшественника и перед посевом) была проведена на основе зональной системы земледелия [14]. После уборки рапса почву обработали БДТ-3. Когда почва достигла физической спелости, провели однократное боронование БЗТС-1 с последующей культивацией КМН-8-4-С. Расчет доз удобрений проводили балансово-расчетным методом на получение планируемой урожайности 3 т/га – N40P10K20 кг д.в., внесенные под культивацию и при посевах.

Семена перед посевом протравливали фунгицидом Аттик (0,75 л/т) и микроудобрениями Agree's Форсаж (2 л/т) с расходом рабочей жидкости 10 л/т. Яровой ячмень сеяли обычным рядо-

вым способом пневматической сеялкой С-6ПМЗ на оптимальную глубину 3-4 см с нормой высева в соответствии со схемой опыта.

Для борьбы с малолетними и отдельными видами многолетних двудольных сорных растений при наступлении фазы кущения ячменя опрыскивали посеы баковой смесью гербицида Герсотил и мочевины (карбамида), где рабочий раствор расходовали с нормой 200 л/га. Прямое комбайнирование провели при наступлении полной спелости зерна. Для определения элементов структуры урожайности отбирали пробные снопы с площадью по каждой деланке. Экспериментальный полевой опыт закладывали, основываясь на методике опытного дела (Доспехов Б. А., 1985). Элементы структуры урожайности – по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [1989]. Определение натуры зерна – по ГОСТ 10840-2017, пленчатость – методом Омарова [15].

Результаты исследований и их обсуждение

Для выявления реакции ячменя сорта Камашевский на условия внешней среды, норму высева и регуляторы роста урожайностью зерна был проведен дисперсионный анализ (рис. 1). Выявлена относительно высокая доля действия на урожайность зерна «абиотических условий», что составило 60 %. Такой элемент технологии как «норма высева» повлиял на продуктивность зерна на 20 % и «применение регуляторов роста» – на 14 %.

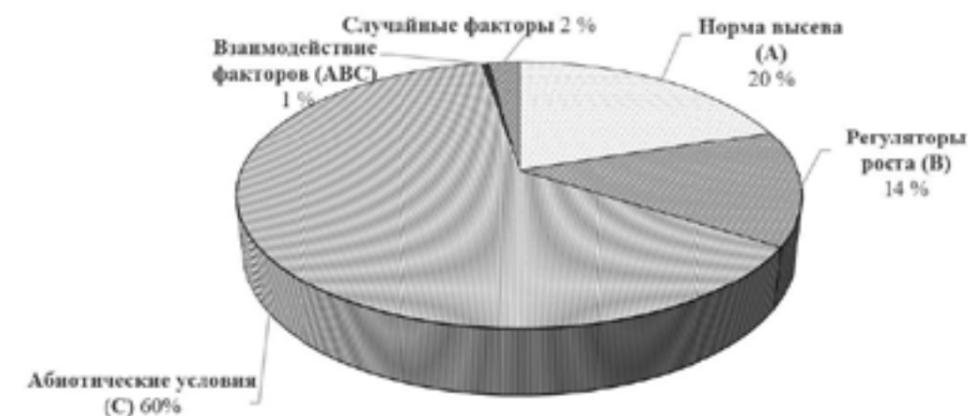


Рис. 1 – Доля влияния абиотических условий, норм высева и регуляторов роста на урожайность зерна ячменя Камашевский, %

Fig. 1 – The share of the influence of abiotic conditions, seeding rates and growth regulators on the yield of barley Kamashhevsky, %

В результате исследований было выявлено, что урожайность ячменя изменяется под действием изучаемых факторов – нормы высева семян и опрыскивания посевов регуляторами роста (табл. 1).

Урожайность зерна ячменя в 2021 г. в зависимости от регуляторов роста существенно увеличилась на 0,35-0,54 т/га по отношению к урожайности в варианте без обработки. Преимущество по урожайности 0,54 т/га относительно варианта без обработки и 0,12-0,19 т/га – от других препаратов имело применение в технологии возделывания ячменя регулятора роста Рэggi (НСР05 гл. эфф. по фактору В – 0,08 т/га). Проведение посева с нормой 4,5 млн и 5,5 млн шт./га всхожих семян сформировывало более высокую 3,68 т/га и 3,71 т/га урожайность зерна, что на 0,69 т/га и 0,72 т/га соответственно превышало урожайность при высевах с количеством 3,5 млн шт./га всхожих семян (НСР05 гл. эфф. по фактору А – 0,12 т/га).

Использование регуляторов роста в 2022 г. обеспечило существенное увеличение урожайности зерна в вариантах с разными нормами высева:



на 0,42-0,61 т/га – при 3,5 млн, на 0,40-0,52 т/га – при 4,5 млн и на 0,26-0,57 т/га – при 5,5 млн (НСР₀₅ част. разл. по фактору В – 0,11 т/га). Наибольшую прибавку урожайности 0,57 т/га или на 14 % относительно варианта без обработки в среднем обеспечило применение регулятора роста Рэгги (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,06 т/га). Посев с нормой высева 3,5 млн шт./га всхожих семян значительно уступал на 0,77 т/га по урожайности зерна норме высева 4,5 млн шт./га всхожих семян. Наибольший урожай зерна с 1 га составил 4,12 т и 4,11 т, который сформировался при высеве с нормами 4,5 млн и 5,5 млн шт./га всхожих семян.

В вариантах с нормами высева 3,5 млн и 5,5 млн сформировалась в 2023 г. урожайность

Таблица 1 – Влияние нормы высева семян и обработки посевов регуляторами роста на урожайность зерна ячменя Камашевский, т/га

Норма высева семян, шт./га всхожих семян (А)	Регулятор роста (В)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее	
3,5 млн	Без обработки (к)	2,83	2,97	1,93	2,58	
	Моддус	3,09	3,44	2,30	2,94	
	Рэгги	3,20	3,58	2,27	3,02	
	Антивылегалч	2,86	3,39	2,21	2,82	
	Среднее	2,99	3,35	2,18	2,84	
4,5 млн (к)	Без обработки (к)	3,25	3,78	2,59	3,21	
	Моддус	3,78	4,22	2,98	3,66	
	Рэгги	3,92	4,30	3,05	3,76	
	Антивылегалч	3,76	4,18	2,91	3,61	
	Среднее	3,68	4,12	2,88	3,56	
5,5 млн	Без обработки (к)	3,32	3,78	2,66	3,25	
	Моддус	3,80	4,25	2,83	3,63	
	Рэгги	3,90	4,35	2,92	3,72	
	Антивылегалч	3,81	4,04	2,77	3,54	
	Среднее	3,71	4,11	2,79	3,54	
Среднее	Без обработки (к)	3,13	3,51	2,39	3,01	
	Моддус	3,55	3,97	2,70	3,41	
	Рэгги	3,67	4,08	2,74	3,50	
	Антивылегалч	3,48	3,87	2,63	3,33	
НСР ₀₅	главных эффектов	А	0,12	0,11	0,06	0,07
		В	0,08	0,06	0,05	0,04
	частных различий	А	0,24	0,21	0,13	0,15
		В	0,13	0,11	0,09	0,07

В среднем за исследуемые годы наибольшую урожайность зерна 3,50 т/га зерна ячменя сорта Камашевский обеспечил регулятор роста Рэгги, который имел преимущество по данному показателю на 0,49 т/га относительно варианта без обработки и на 0,09 т/га и 0,17 т/га соответственно в сравнении с урожайностью в вариантах с регуляторами роста Моддус и Антивылегалч (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 0,04 т/га). Недобор урожайности зерна, равный 0,72 т/га или

зерна существенно ниже на 0,70 т/га и 0,09 т/га соответственно относительно данного показателя в варианте 4,5 млн шт./га всхожих семян (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 0,06 т/га). Регуляторы роста положительно повлияли на урожайность зерна, существенно увеличив её на 0,23-0,35 т/га. Применение в технологии выращивания ячменя регуляторов роста Моддус и Рэгги имело преимущество, равное урожайности зерна 0,30 т/га и 0,35 т/га, соответственно, перед вариантом, взятым за контроль. Использование регулятора роста Антивылегалч снижало на 0,07-0,11 т/га урожайность зерна по отношению к урожайности, полученной при обработке посевов Рэгги и Моддус при НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 0,05 т/га.

20 %, наблюдали при занижении нормы высева до 3,5 млн шт./га всхожих семян в отношении к урожайности при высеве 4,5 млн шт./га (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,07 т/га). Посев с нормами высева 4,5 млн и 5 млн шт./га всхожих семян обеспечивал получение наибольшей урожайности зерна и при этом существенных отклонений между ними не наблюдалось.

К уборке сформировалось 220-393 шт./м² продуктивных растений и 396-535 шт./м² стеблей, на



густоту которых повлияли норма высева и обработка посевов регуляторами роста. С загущением посевов от 3,5 млн до 5,5 млн шт./га всхожих семян происходило увеличение густоты стояния продуктивных растений на 73-158 шт./м² (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 4 шт./м²) и на 70-94 шт./м² стеблей (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 4 шт./м²). На густоту продуктивных растений повлияло применение регуляторов роста Моддус, Рэгги, которые привели к увеличению на 12 шт. с 1 м² и 14 шт. с 1 м² данного элемента структуры урожайности относительно возделывания ячменя Камашевский

без обработки посевов регуляторами роста при НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 3 шт./м². Густота продуктивного стеблестоя была наибольшей при обработке посевов ячменя регулятором роста Рэгги, что было существенно выше на 42 шт./м² варианта без применения препаратов и на 14 и 16 шт./м² – при обработке регуляторами роста Моддус и Антивылегалч (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 7 шт./м²). Всхожесть семян в полевых условиях по изучаемым вариантам опыта существенно не отличалась (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние нормы высева семян и обработки посевов регуляторами роста на элементы структуры урожайности ячменя Камашевский, среднее 2021–2023 гг.

Норма высева семян, шт./га всхожих семян (А)	Регулятор роста (В)	Полевая всхожесть семян, %	Густота стояния продуктивных, шт./м ²		
			растений	стеблей	
3,5 млн	Без обработки (к)	82	220	396	
	Моддус	82	232	428	
	Рэгги	82	238	435	
	Антивылегалч	81	234	414	
	Среднее	81	231	418	
4,5 млн (к)	Без обработки (к)	82	296	463	
	Моддус	82	307	493	
	Рэгги	82	307	505	
	Антивылегалч	83	304	493	
	Среднее	82	304	488	
5,5 млн	Без обработки (к)	83	381	487	
	Моддус	84	393	511	
	Рэгги	83	393	535	
	Антивылегалч	83	388	517	
	Среднее	83	389	512	
Среднее	Без обработки (к)	82	299	449	
	Моддус	83	311	477	
	Рэгги	82	313	491	
	Антивылегалч	82	309	475	
НСР ₀₅	гл. эфф.	А	$F_{\phi} < F_{05}$	4	9
		В	$F_{\phi} < F_{05}$	3	7
	част. разл.	А	$F_{\phi} < F_{05}$	7	18
		В	$F_{\phi} < F_{05}$	5	12

В среднем наибольшую массу зерна с колоса 0,77 г имели растения в варианте с нормой высева 3,5 млн шт./га всхожих семян (табл. 3). Последующее завышение нормы высева до 4,5 млн и 5,5 млн шт./га всхожих семян отразилось в формировании более низкой на 0,01 г и 0,04 г продуктивности колоса ячменя соответственно при НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,01 г.

Применяемые в технологии возделывания регуляторы роста способствовали существенному возрастанию на 0,03-0,05 г продуктивности колоса в сравнении с выращиванием ячменя без использования их (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 0,01 г). Относительно контрольного варианта без

обработки наибольшую прибавку продуктивности колоса 0,05 г имели растения в вариантах с применением препаратов Моддус и Рэгги. Регулятор Антивылегалч по массе зерна с колоса уступал на 0,02 г этим препаратам.

Растения ярового ячменя сформировали в колосе 13,4-14,3 шт. зерен. Наибольшая озерненность 14,1 шт. соцветия получена при посеве с количеством семян 3,5 млн шт./га всхожих семян. Каждое последующее увеличение на 1 млн количества высеваемых семян давало более низкую озерненность колоса на 0,2 шт. и 0,3 шт. (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,1 шт.). Самую большую озерненность колоса 14,0 шт. и 14,1 шт. соответ-



ственно имели растения, обработанные регуляторами роста Моддус и Рэгги; существенное увеличение данного показателя составило 0,4 шт. и 0,5 шт. (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,2 шт.) в сравнении с таким же показателем в контрольном варианте без проведения обработки.

При высеве ячменя с нормой 3,5 млн и 4,5 млн шт./га всхожих семян образовались растения, у которых в колосе зерно имело массу 1000 шт. 54,9 г. Уплотнение посевов до 5,5 млн привело к уменьшению данного показателя на 1,2 г.

(НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,8 г). Все экспериментируемые регуляторы роста в изучаемых нормах посева существенно увеличили массу 1000 зерен: при норме посева 3,5 млн – на 1,9-2,0 г, 4,5 млн – на 1,9-2,6 г, 5,5 млн – на 1,5-1,6 г. (НСР₀₅ част. разл. по фактору В – 1,4 г), за исключением опрыскивания посевов препаратом Антивылегалч при 5,5 млн шт./га всхожих семян. По усредненным данным, несмотря на нормы посева, обработка посевов регуляторами роста привела к прибавке массы 1000 зерен на 1,7-2,0 г (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние нормы посева семян и обработки посевов регуляторами роста на показатели продуктивности колоса ячменя Камашевский, среднее 2021–2023 гг.

Норма посева семян, шт./га всхожих семян (А)	Регулятор роста (В)	Масса зерна колоса, г	Озерненность колоса, шт.	Длина	Масса 1000 зерен, г	
3,5 млн	Без обработки (к)	0,73	13,8	5,5	53,4	
	Моддус	0,79	14,3	5,7	55,3	
	Рэгги	0,79	14,3	5,8	55,4	
	Антивылегалч	0,77	14,0	5,7	55,4	
	Среднее	0,77	14,1	5,7	54,9	
4,5 млн (к)	Без обработки (к)	0,72	13,5	5,4	53,2	
	Моддус	0,77	14,1	5,5	55,1	
	Рэгги	0,77	14,1	5,6	55,8	
	Антивылегалч	0,76	13,8	5,7	55,5	
	Среднее	0,76	13,9	5,5	54,9	
5,5 млн	Без обработки (к)	0,70	13,4	5,2	52,7	
	Моддус	0,74	13,7	5,4	54,3	
	Рэгги	0,74	13,9	5,3	54,2	
	Антивылегалч	0,72	13,6	5,4	53,6	
	Среднее	0,73	13,6	5,3	53,7	
Среднее	Без обработки (к)	0,72	13,6	5,4	53,1	
	Моддус	0,77	14,0	5,5	54,9	
	Рэгги	0,77	14,1	5,6	55,1	
	Антивылегалч	0,75	13,8	5,6	54,8	
	Среднее	0,75	13,8	5,6	54,8	
НСР ₀₅	гл. эфф.	А	0,01	0,1	0,2	0,8
		В	0,01	0,2	0,1	0,8
	част. разл.	А	0,03	0,2	0,3	1,6
		В	0,02	0,3	0,2	1,4

Элемент структуры длина колоса уменьшалась с повышением количества высеваемых семян. Так, при норме посева 3,5 млн шт./га всхожих семян колос ячменя имел длину 5,7 см. Посев с нормой 4,5 млн и 5,5 млн приводил к достоверному снижению длины колоса на 0,2 см и 0,4 см

соответственно. Применяемые регуляторы роста способствовали увеличению данного показателя на 0,1-0,2 см.

Растения ячменя к уборке имели высоту 60,5-68,5 см, которая не изменялась от нормы посева семян (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние нормы посева семян и обработки посевов регуляторами роста на высоту растений ячменя Камашевский, среднее 2021–2023 гг.

Регулятор роста (В)	Норма посева семян, шт./га всхожих семян, А			Среднее (фактор В)
	3,5 млн	4,5(к) млн	5,5 млн	
Без обработки (к)	65,4	67,2	68,5	67,0
Моддус	60,5	60,5	61,6	60,9



Продолжение таблицы 4

Рэгги	61,4	60,7	61,8	61,3
Антивылегалч	61,0	61,4	62,3	61,6
Среднее (фактор А)	62,1	62,4	63,5	
НСР ₀₅	гл. эфф.		част. разл.	
Фактор А	F _ф < F ₀₅		F _ф < F ₀₅	
Фактор В	1,0		2,0	

Относительно высокие растения 65,4-68,5 см были в вариантах без обработки регуляторами роста. Применение регуляторов роста Моддус, Рэгги и Антивылегалч значительно снижало высоту растений на 6,2 см, 5,7 см и 5,5 см при НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 1,0 см. Однако различия между вариантами с регуляторами роста не было выявлено.

В исследованиях выявлено разное влияние изучаемых факторов на элементы структуры урожайности ячменя. На густоту продуктивных расте-

ний и стеблей большее действие – 86 % и 46 % – оказал фактор «норма посева». Абиотические условия внесли большой вклад при формировании полевой всхожести семян (63 %), озерненности колоса (82 %), массы 1000 зерен (68 %) и длины колоса (50 %). Использование регуляторов роста в технологии возделывания ячменя влияло на высоту растений (51 %), густоту стояния продуктивных стеблей (24 %) и продуктивность колоса (23 %).

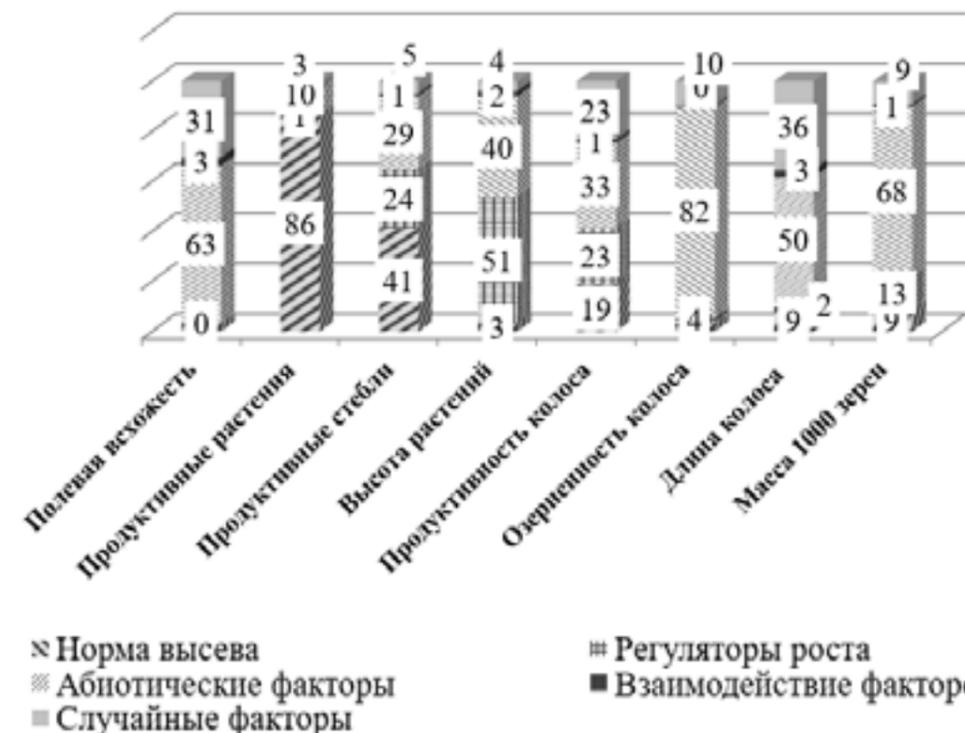


Рис. 2. – Вклад факторов на установление элементов структуры урожайности ячменя, %
Fig. 2. – The contribution of factors to the formation of elements of the structure of barley yield, %

Посев ячменя с разными нормами посева и обработка посевов регуляторами роста обеспечили формирование зерна с натурой 620-653 г/л и пленчатостью 9,5-11,4 % (табл. 5). В соответствии с ГОСТ 28672-2019 на продовольственное зерно ячменя первого класса, натура должна составлять не менее 630 г/л.

Урожай зерна во всех вариантах опыта отвечал требованиям 1 класса, кроме варианта с нормой

посева 5,5 млн без применения регулятора роста. При посеве с нормами 3,5 млн и 4,5 млн натура зерна сформировалась на одинаковом уровне 647 г/л и 648 г/л. Загущение посевов ячменя до 5,5 млн приводило к снижению массы 1 л зерна на 19-20 г (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 1 г/л). Опрыскивание посевов экспериментируемыми регуляторами роста способствовало образованию зерна с более высокой натурой массой на 16-18 г/л при посеве



с нормой 3,5 млн, на 7-12 г/л при норме 4,5 млн и на 8-12 г/л при норме 5,5 млн при НСР₀₅ част. разл. по фактору В – 2 г/л. По усредненным данным, несмотря на норму высевы, при опрыскивании посе-

вов регуляторами роста Рэгги, Моддус в урожае собрали зерно с большей натурной массой, равной 645 г/л (НСР₀₅ гл. эфф. по фактору В – 1 г/л).

Таблица 5– Влияние нормы высевы семян и обработки посевов регуляторами роста на качество зерна ячменя Камашевский, среднее 2021-2023 гг.

Норма высевы семян, шт./га всхожих семян (А)		Регулятор роста (В)	Натура, г/л	Пленчатость, %
3,5 млн		Без обработки (к)	635	9,9
		Моддус	651	9,6
		Рэгги	653	9,4
		Антивылегал	651	9,6
		Среднее	647	9,6
4,5 млн (к)		Без обработки (к)	640	9,8
		Моддус	652	9,5
		Рэгги	651	9,5
		Антивылегал	647	9,5
		Среднее	648	9,6
5,5 млн		Без обработки (к)	620	11,4
		Моддус	631	11,2
		Рэгги	632	11,0
		Антивылегал	628	11,0
		Среднее	628	11,1
Среднее		Без обработки (к)	632	10,3
		Моддус	645	10,1
		Рэгги	645	10,0
		Антивылегал	642	10,0
		НСР ₀₅	гл. эфф.	А
В	1			0,1
част. разл.	А		2	0,2
	В		2	0,2

Пленчатость ячменя в зависимости от изучаемых факторов колебалась от 9,4 до 11,4 %. Посев ярового ячменя Камашевский с нормами 3,5 млн и 4,5 млн шт./га всхожих семян способствовал формированию зерна с пленчатостью на одном уровне 9,6 %. Доля пленок зерна ячменя в загущенных посевах (5,5 млн) увеличивалась на 1,5 % при НСР₀₅ гл. эфф. по фактору А – 0,1 %. Опрыскивание регуляторами роста существенно снижало данный показатель во всех изучаемых нормах высевы: при 3,5 млн – на 0,3-0,5 %, при 4,5 млн – на 0,3 %, при 5,5 млн – на 0,2-0,4 % (НСР₀₅ част. разл. по фактору В – 0,2 %). Относительно количества высеваемых семян наибольшее снижение на 0,3 % пленчатости было при использовании регуляторов роста Рэгги и Антивылегал.

Заключение

На основании трехлетних исследований можно сделать выводы.

1. В среднем за 2021-2023 гг. выявлено влияние с высокой 60 %-й долей «абиотических ус-

ловий» на получение урожайности зерна ячменя. Реакция ячменя урожайностью зерна зависела на 20 % от нормы высевы семян и на 14 % от использования регуляторов роста.

2. Наибольшую урожайность зерна ячменя сорта Камашевский 3,50 т/га обеспечило использование регулятора роста Рэгги, который имел преимущество по данному показателю на 0,49 т/га относительно варианта без обработки и на 0,09 т/га и 0,17 т/га, соответственно, при обработке регуляторами роста Моддус и Антивылегал. Большая урожайность сформировалась при нормах высевы 4,5 млн и 5,5 млн шт./га всхожих семян, между которыми существенных различий не было. На густоту продуктивных растений и стеблей большее действие (86 % и 46 %) оказал фактор «норма высевы». Абиотические условия внесли большой вклад при формировании полевой всхожести семян (63 %), озерненности колоса (82 %), массы 1000 зерен (68 %) и длины колоса (50 %). Использование регуляторов роста в тех-



нологии возделывания ячменя влияло на высоту растений (51 %), густоту стояния продуктивных стеблей (24 %) и продуктивность колоса (23 %).

3. Относительно большая натура зерна (645 г/л) была получена при опрыскивании в фазе начала выхода в трубку препаратом Рэгги. Применение регулятора роста Рэгги и Антивылегал приводил к снижению пленчатости на 0,3 %. Зерно, полученное при завышенной норме высевы 5,5 млн шт./га всхожих семян, отличалось пониженной натурой зерна на 20 г/л и повышенной пленчатостью на 1,5 % сравнительно с соответствующими показателями при высеве с нормой 4,5 млн.

Список источников

1. Экологическая пластичность и адаптивность сортов ярового ячменя в абиотических условиях Среднего Предуралья / Б. Б. Борисов, Ч. М. Исламова, И. Ш. Фатыхов, Н. И. Мазунина // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 2(30). – С. 31-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44132292>

2. Любек, Н. И. Влияние агротехнологических приемов на продуктивность новой линии ярового ячменя Л-1505 / Н. И. Любек, М. В. Седаков // Международный научный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 39-50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36685731>

3. Влияние почвенно-климатических условий Удмуртской Республики на урожайность и химический состав зерна ячменя сорта Раушан / И. Ш. Фатыхов, Ч. М. Исламова, Б. Б. Борисов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 4(60). – С. 61-66. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44688177>

4. Программирование урожайности полевых культур в Уральском регионе Нечерноземной зоны России: Учебное пособие для студентов и аспирантов, обучающихся по укрупненной группе специальностей «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» / И. Ш. Фатыхов, Е. В. Корепанова, Ч. М. Исламова, В. Н. Гореева. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – 147 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44688567>

5. Тихонова, О. С. Влияние нормы высевы семян на качество зерна озимых зерновых культур в Среднем Предуралье / О. С. Тихонова, И. Ш. Фатыхов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4(24). – С. 14-16. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18293840>

6. Фатыхов, И. Ш. Урожайность овса Яков зависимости от предпосевной обработки семян и норм высевы / И. Ш. Фатыхов, В. Г. Колесникова, К. В. Захаров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 10, № 3(37).

– С. 156-162. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25396355>

7. Фатыхов, И. Ш. Ячмень / И. Ш. Фатыхов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 2(8). – С. 44-46. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19046533>

8. Технология возделывания ячменя Биос 1 на пивоваренные цели в Среднем Предуралье / И. Ш. Фатыхов, С. И. Коконев, В. Е. Калинин, В. А. Капеев // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 17-19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21171912>

9. Фатыхов, И. Ш. Расчёт нормы высевы ячменя Абава / И. Ш. Фатыхов, Г. Ф. Яковлева // Зерновые культуры. – 1993. – № 1. – С. 28-30. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19430858>

10. Rajala, A. Plant growth regulators to manipulate cereal growth in northern growing conditions // Academic dissertation // Academic dissertation. – Helsinki. – 2003. – p. 47. URL: <https://helda.helsinki.fi/items/804f3d5e-0c07-4af2-9986-52c8ed74b802>

11. Bingham, I. J. Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought / I. J. Bingham, V. B. McCabe. // Annals of applied biology. – 2006. – Vol. 149, – №-3. – P. 291–304. – URL: <https://pure.sruc.ac.uk/en/publications/commercially-available-plant-growth-regulators-and-promoters-modi>

12. Бруй, И. Г. Эффективность применения регулятора роста Мессидор, кс на посевах ячменя ярового / И. Г. Бруй, Д. Ф. Привалов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 92-96. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-regulyatora-rosta-messidor-ks-na-posevakh-yachmenya-yarovogo?ysclid=lnk9bxuq2300220983>

13. Скородумов, Н. Ю. Применение регуляторов роста на фоне предпосевных обработок почвы на посевах ячменя в Предуралье / Н. Ю. Скородумов, И. Н. Медведева, Н. Ю. Каменских // Актуальные вопросы современной науки. – 2014. – № 33. – С. 17-28. – URL: https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=713232&pubrole=100&show_refs=1&show_option=0

14. Фатыхов, И. Ш. Научные основы системы земледелия Удмуртской Республики: практическое руководство в 4 книгах / И. Ш. Фатыхов, Е. В. Корепанова. Том Книга 1. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 43 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26706208>

15. Степычева, Н. В. Введение в технологии продуктов питания: Лабораторный практикум / ГОУ ВПО Иван. гос. хим. - технол. ун-т. Иваново, 2007. – 48 с.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**References**

1. *Ekologicheskaya plastichnost' i adaptivnost' sortov yarovogo yachmenya v abioticheskikh usloviyakh Srednego Predural'ya* / B. B. Borisov, CH. M. Islamova, I. SH. Fatykhov, N. I. Mazunina // *Permskiy agrarnyy vestnik*. – 2020. – № 2(30). – S. 31-38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44132292>
2. Lyubek, N. I. *Vliyaniye agrotekhnologicheskikh priyemov na produktivnost' novoy linii yarovogo yachmenya L-1505* / N. I. Lyubek, M. V. Sedyakov // *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. – 2018. – Tom. 1, № 3. – S. 39-50. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36685731>
3. *Vliyaniye pochvenno-klimaticheskikh usloviy Udmurtskoy Respubliki na urozhaynost' i khimicheskiy sostav zerna yachmenya sorta Raushan* / I. SH. Fatykhov, CH. M. Islamova, B. B. Borisov [i dr.] // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – T. 15, № 4(60). – S. 61-66. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44688177>
4. *Programmirovaniye urozhaynosti polevykh kul'tur v Ural'skom regione Nechernozemnoy zony Rossii: Uchebnoye posobiye dlya studentov i aspirantov, obuchayushchikhsya po ukрупnennoy gruppe spetsial'nostey «Sel'skoye, lesnoye i rybnoye khozyaystvo»* / I. SH. Fatykhov, Ye. V. Korepanova, CH. M. Islamova, V. N. Goreyeva. – Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2020. – 147 s. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44688567>
5. Tikhonova, O. S. *Vliyaniye normy vyseva semyan na kachestvo zerna ozimnykh zernovykh kul'tur v Srednem Predural'ye* / O. S. Tikhonova, I. SH. Fatykhov // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – № 4(24). – S. 14-16. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18293840>
6. Fatykhov, I. SH. *Urozhaynost' ovsa Yakov zavisimosti ot predposevnoy obrabotki semyan i norm vyseva* / I. SH. Fatykhov, V. G. Kolesnikova, K. V. Zakharov // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvenno-go agrarnogo universiteta*. – 2015. – T. 10, № 3(37). – S. 156-162. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25396355>
7. Fatykhov, I. SH. *Yachmen'* / I. SH. Fatykhov // *Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2006. – № 2(8). – S. 44-46. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19046533>
8. *Tekhnologiya vozdel'yvaniya yachmenya Bios 1 na pivovarennyye tseli v Srednem Predural'ye* / I. SH. Fatykhov, S. I. Kokonov, V. Ye. Kalinin, V. A. Kapreyev // *Zernovoye khozyaystvo*. – 2005. – № 8. – S. 17-19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21171912>
9. Fatykhov, I. SH. *Raschot normy vyseva yachmenya Abava* / I. SH. Fatykhov, G. F. Yakovleva // *Zernovyye kul'tury*. – 1993. – № 1. – S. 28-30. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19430858>
10. Rajala, A. *Plant growth regulators to manipulate cereal growth in northern growing conditions / Academic dissertation // Academic dissertation*. – Helsinki. – 2003. – p. 47. URL: <https://helda.helsinki.fi/items/804f3d5e-0c07-4af2-9986-52c8ed74b802>
11. Bingham, I. J. *Commercially available plant growth regulators and promoters modify bulk tissue abscisic acid concentrations in spring barley, but not root growth and yield response to drought* / I. J. Bingham, V. B. McCabe. // *Annals of applied biology*. – 2006. – Vol. 149, – № 3. – P. 291–304. – URL: <https://pure.sruc.ac.uk/en/publications/commercially-available-plant-growth-regulators-and-promoters-modi>
12. Bruy, I. G. *Effektivnost' primeneniya regulatora rosta Messidor, ks na posevakh yachmenya yarovogo* / I. G. Bruy, D. F. Privalov // *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2022. – № 3. – S. 92-96. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-regulyatora-rosta-messidor-ks-na-posevah-yachmenya-yarovogo?ysclid=lnk9bxuq2300220983>
13. Skorodumov, N. YU. *Primeneniye regulyatorov rosta na fone predposevnykh obrabotok pochvy na posevakh yachmenya v Predural'ye* / N. YU. Skorodumov, I. N. Medvedeva, N. YU. Kamenskikh // *Aktual'nyye voprosy sovremennoy nauki*. – 2014. – № 33. – S. 17-28. – URL: https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=713232&pubrole=100&show_refs=1&show_option=0
14. Fatykhov, I. SH. *Nauchnyye osnovy sistemy zemledeliya Udmurtskoy Respubliki: prakticheskoye rukovodstvo v 4 knigakh* / I. SH. Fatykhov, Ye. V. Korepanova. Tom Kniga 1. – Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2015. – 43 s. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26706208>
15. Stepycheva, N. V. *Vvedeniye v tekhnologii produktov pitaniya: Laboratornyy praktikum / GOU VPO Ivan. gos. khim. - tekhnol. un-t. Ivanovo*, 2007. – 48 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

Исламова Чулпан Марсовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, Chulpanislamova_85@mail.ru

Хохряков Иван Николаевич, аспирант кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, hohryacow.iwan@gmail.com

Фатыхов Ильдус Шамилович, д-р с.-х. наук, профессор, Fatykhovildus@mail.ru

Корепанова Елена Витальевна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, k_evital@mail.ru

Горева Вера Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры растениеводства, земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, goreeva_v_n@mail.ru

Author information

Islamova Chulpan M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State University, Chulpanislamova_85@mail.ru

Khokhryakov Ivan N., postgraduate student of the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State University, hohryacow.iwan@gmail.com

Fatykhov Ildus Sh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Fatykhovildus@mail.ru

Korepanova Elena V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State University, k_evital@mail.ru

Goreeva Vera N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production, Agriculture and Breeding, Udmurt State University, goreeva_v_n@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2024; одобрена после рецензирования 16.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 20.02.2024; approved after reviewing 16.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034+636.2.087.7
DOI: 10.36508/RSATU.2024.59.41.005ПОВЫШЕНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В РАЦИОНАХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕЛКААнгела Кероповна Карапетыян¹, Светлана Викторовна Чехранова², Ирина Юрьевна Даниленко³, Никита Олегович Вуевский⁴, Дмитрий Юрьевич Елизаров⁵^{1,2,3,4,5} ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, Россия¹ a.k.karapetyan@bk.ru
² schekhranova@mail.ru
⁴ schekhranova@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Современная структура глобальной продовольственной системы приводит к неоптимальной доступности продовольствия, поскольку значительная часть ресурсов, используемых в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, может потребляться людьми. Поэтому на сегодняшний день необходимо осуществлять поиск альтернативных кормов, не отличающихся по питательности от традиционных кормовых источников. Целью исследования было определение влияния ввода люпина частично или полностью вместо сои полножирной на удой и состав молока у молочных коров.

Методология. В АО «АГРОФИРМА «ВОСТОК» (Николаевский район Волгоградской области) на дойных коровах проводился научно-хозяйственный опыт. Отобранных животных формировали в группы методом пар-аналогов. Условия содержания были идентичными у животных всех подопытных групп и соответствовали зооигиеническим параметрам. Отличительные особенности были только в рационах кормления: животные из контроля потребляли рацион (15 % сои от массы комбикорма), животные опытных групп 1, 2 и 3 потребляли рацион, в котором взамен сои частично или полностью был введен люпин (50, 75 и 100 % от массы сои в комбикорме коров из контрольной группы).

Результаты. Анализ химического состава сои и зерна люпина показал превосходство первого над вторым по следующим показателям: сырой протеин – на 1,7 %, сырой клетчатки – на 0,9 %, сырой золы – на 0,2 % и БЭВ – на 3,8 %, однако было выявлено меньшее содержание сырого жира на 6,7 %. Суточный удой (средний за опыт) у коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп по мере увеличения содержания люпина в рационе увеличивался на 0,47 кг, 1,13 кг и 1,74 кг в сопоставлении с контрольными животными, получавшими сою полножирную в составе рациона. На основании химического анализа молока было выявлено преимущество на 0,02-0,05 %, 0,03-0,04 %, 0,03-0,06 % и 0,02-0,03 % соответственно в концентрации жира, белка, лактозы и минеральных веществ у коров опытных групп по сравнению с контролем.

Заключение. Таким образом, наши результаты показали, что использование люпина в рационе дойных коров положительно отражается на количестве надоенного молока, при этом улучшая его питательную ценность.

Ключевые слова: люпин, соя полножирная, рацион, дойные коровы, среднесуточный удой, химический состав молока

Для цитирования: Карапетыян А.К., Чехранова С.В., Даниленко И.Ю., Вуевский Н.О., Елизаров Д.Ю. Повышение молочной продуктивности коров при использовании в рационах альтернативных источников белка // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2. С. 36-41 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.59.41.005>

Original article

INCREASING DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS WHEN USING ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES
IN THEIR DIETSAngela. K. Karapetyan¹, Svetlana V. Chehranova², Irina Yu. Danilenko³, Nikita O. Vuevsky⁴
Dmitriy Yu. Elizarov⁵

© Карапетыян А.К., Чехранова С.В., Даниленко И.Ю., Вуевский Н.О., Елизаров Д.Ю., 2024 г.

^{1,2,3,4,5} Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia¹ a.k.karapetyan@bk.ru
² schekhranova@mail.ru
⁴ schekhranova@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The current structure of the global food system leads to suboptimal food availability, since a significant part of the resources used in feeding farm animals and poultry can be consumed by humans. Therefore, today it is necessary to search for alternative feeds that do not differ in nutritional value from traditional feed sources. The aim of the study was to determine the effect of introducing lupin partially or completely instead of full-fat soy on milk yield and milk composition in dairy cows.

Methodology. In JSC AGROFIRMA VOSTOK (Nikolaevsky district, Volgograd region) Scientific and economic experience was conducted on dairy cows. The selected animals were formed into groups by the method of pairs of analogues. The conditions of detention were identical in animals of all experimental groups and corresponded to zoohygienic parameters. The distinctive features were only in the feeding rations: so the animals from the control consumed a diet (15% soy by weight of mixed feed). Animals of experimental groups 1, 2 and 3 consumed a diet in which lupin was partially or completely introduced instead of soy (50, 75 and 100% of the weight of soy in the feed of cows from the control group).

Results. The analysis of the chemical composition of soybeans and lupin grains showed the superiority of the first over the second in the following indicators: crude protein – by 1.7%, crude fiber – by 0.9%, crude ash – by 0.2% and BEV – by 3.8%, however, a lower crude fat content was found by 6.7%. Daily milk yield (average for the experiment) in cows of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups as the increase the content of lupin in the diet increased by 0.47 kg, 1.13 kg and 1.74 kg in comparison with control animals receiving full-fat soy as part of the diet. Based on the chemical analysis of milk, an advantage in 0,02-0,05 %, 0,03-0,04 %, 0,03-0,06 % and 0.02-0.03%, respectively, in the concentration of fat, protein, lactose and minerals in cows of the experimental groups compared with the control.

Conclusion. Thus, our results showed that the use of lupin in the diet of dairy cows has a positive effect on the amount of milk produced, while improving its nutritional value.

Key words: lupin, full-fat soy, diet, dairy cows, average daily milk yield, chemical composition of milk

For citation: Karapetyan A.K., Chehranova S.V., Danilenko I.Yu., Vuevsky N.O., Elizarov D.YU. Increasing dairy productivity of cows when using alternative protein sources in their diets // Herald of Rязan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 2, P. 36-41 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.59.41.005>

Введение

В связи со сложившейся в мире политической ситуацией, санкциями, установленными против Российской Федерации, одним из ключевых направлений обеспечения продовольственной безопасности считается развитие отрасли животноводства, ведущее к увеличению внутреннего производства [3, 8].

Повысить продуктивность животных и улучшить качество получаемой от них продукции возможно только за счет совокупности всех общеизвестных мероприятий (зоотехнических, ветеринарных и т.д.) [5, 9].

Однако, по нашему мнению, существенную роль в данном вопросе играет сбалансированное полноценное кормление животных [1, 6, 10].

Среди различных мероприятий, необходимых для роста молочной продуктивности коров, улучшение снабжения достаточным количеством качественных кормов занимает первое место, поскольку стоимость кормов составляет более 70 % всех затрат на производство молока [4, 7].

Дефицит источников кормового белка – серьезная проблема, и необходимо изыскать альтернативные источники, чтобы снизить зависимость от импортных белковых концентратов. С этой точки зрения зерно люпина может выступить альтернативным кормовым источником белков местного производства [2].

В данном виде зерна количество сырого протеина может колебаться от 28 до 42 % (в пересче-

те на сухое вещество), также содержатся в высокой концентрации углеводы и неперевариваемая клетчатка. Масло, содержащееся в семенах люпина, может играть важную питательную роль из-за жирнокислотного состава.

В связи с вышесказанным, считаем актуальным проведение исследований по включению в рацион коров зерна люпина сорта Деко, который характеризуется низким содержанием антипитательных факторов.

Целью исследования было определение влияния ввода люпина частично или полностью вместо сои полножирной на удой и состав молока у молочных коров.

Материалы и методы исследования

В АО «АГРОФИРМА «ВОСТОК» (Николаевский район Волгоградской области) на дойных коровах проводился научно-хозяйственный опыт. Отобранных животных формировали в группы методом пар-аналогов. Условия содержания были идентичными у животных всех подопытных групп и соответствовали зооигиеническим параметрам. Отличительные особенности были только в рационах кормления животных: коровы из контрольной группы получали основной рацион с соей полножирной (содержание ее в комбикорме составило 15 %), 1-й, 2-й и 3-й опытных групп – основной рацион, в котором взамен сои частично или полностью был введен люпин (табл. 1).



Таблица 1 – Схема проведения опыта на животных

Группа коров	Условия кормления	Продолж. периода (учетного)	Кол-во коров
контрольная	ОР (основной рацион) с соей полножирной	180 дней	10
1-опытная	ОР с замещением сои полножирной на зерно люпина (на 50 %)		10
2-опытная	ОР с замещением сои полножирной на зерно люпина (на 75 %)		10
3-опытная	ОР с полным замещением сои полножирной на зерно люпина (на 100 %)		10

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ химического состава сои и зерна люпина показал превосходство второго над первым по следующим показателям: сырой протеин – на

1,7 %, сырая клетчатка – на 0,9 %, сырая зола – на 0,2 % и БЭВ – на 3,8 %, однако было выявлено меньшее содержание сырого жира на 6,7 % (рис. 1).



Рис. 1 – Химический состав сои полножирной и зерна люпина, %
Fig. 1 – Chemical composition of full-fat soybeans and lupine grains, %

На основании проведенного анализа химического состава следует заключить, что по кормовому достоинству зерно люпина превосходит сою полножирную и может быть использовано в кормлении животных.

Ключевым показателем в интенсификации молочного скотоводства является молочная продуктивность коров, которая зависит от многих факторов (сбалансированность кормления, условия содержания).

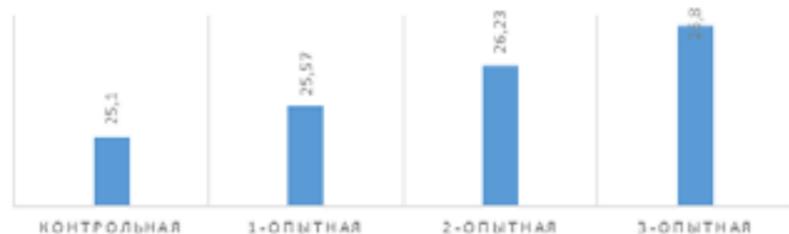


Рис. 2 – Удой (среднесуточный) коров четырех групп, кг
Figure 2 – Milk yield (average daily) of cows of four groups, kg

У коров опытной групп 1, 2 и 3 выработка молока по мере увеличения содержания люпина в рационе повышалась в среднем за сутки на 1,87 % (0,47 кг), 4,5 % (1,13 кг) и 6,93 % (1,74 кг) по сравнению с коровами из контроля, получавшими сою полножирную в составе рациона (рис. 2).

Таким образом, люпин в рационе коров может быть потенциальным альтернативным кормовым источником для улучшения показателей лактации. Лучший результат при этом отмечен в группе, где коровам скармливали комбикорм с полной заменой сои на люпин.

В рамках научно-хозяйственного опыта нами было определено в образцах молока подопытных коров содержание жира, белка, лактозы и золы. Результаты данных лабораторных исследований отражены в таблице 2.

На питательный профиль молока, полученного от коров, влияют стадия лактации, генетика животных и питание [13].

Специалистам по кормлению коров и специалистам по стандартизации молочных продуктов важно понимать последствия программ кормления для качества молока и вовремя принимать решения по их коррекции [11].



Таблица 2 – Результаты анализа химического состава коровьего молока, %

Показатель		Массовая доля, %			
		жира	белка	лактозы	золы
Подопытные группы	контрольная	4,01	3,23	4,64	0,69
	1-опытная	4,03	3,26	4,67	0,71
	2-опытная	4,06	3,27	4,68	0,71
	3-опытная	4,06	3,27	4,7	0,72

С помощью кормления коров можно изменить состав молока, однако взаимосвязь между компонентами корма и составом молока сложна. Наибольшие изменения могут быть вызваны в концентрации молочного жира. Особенно важными диетическими факторами являются количество грубых кормов, их соотношение с концентратами, углеводный состав концентратов, содержание липидов, потребление и частота приема пищи. Го-

раздо меньшие изменения возможны в концентрации молочного белка [12].

Отмечено увеличение массовой доли сухого вещества (СВ) и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в образцах молока коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с животными из контроля соответственно на 0,10 %, 0,15 % и 0,18 % и 0,08 %, 0,10 % и 0,13 % (рис. 3).

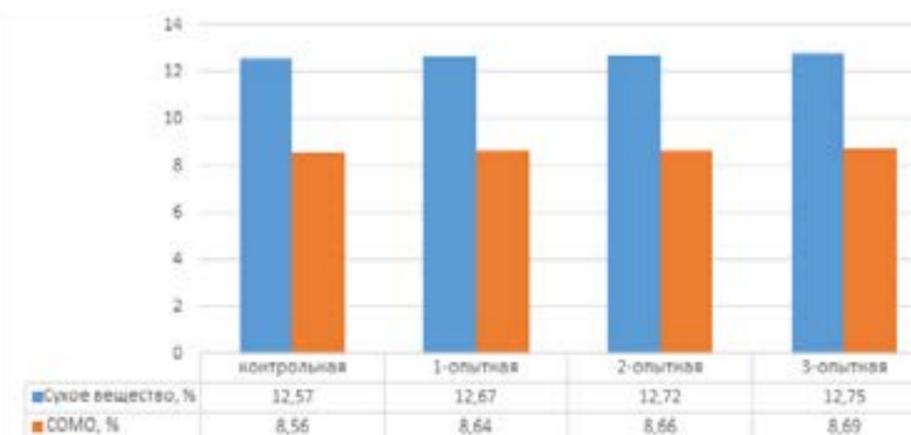


Рис. 3 – Содержание в молоке коров сухого вещества(СВ) и сухого обезжиренного молочного остатка(СОМО)

Fig. 3 – The content of dry matter (CB) and skimmed milk residue (SOMO) in cow's milk

Различный ввод в рацион коров люпина сорта «Деко» способствовал некоторому изменению массовой доли жира в молоке по сравнению с коровами, получавшими сою полножирную. Так, в молоке коров 1-й опытной группы содержание жира составило 4,03 %, 2-й опытной группы – 4,06 % и 3-й опытной группы – 4,06 %, что несколько больше в сравнении с коровами из контроля на 0,02 %, 0,05 % и 0,05 %.

По содержанию белка в молоке коров опытных групп были отмечены следующие изменения. Белка в молоке коров из контроля было 3,23 %, а в 1-й опытной группе – 3,26 %. Белка в молоке коров второй и третьей опытных групп было на одном уровне – 3,27 % и выше, чем в контроле на 0,04 %.

По мере увеличения количества вводимого зерна люпина в рацион коров (1-й, 2-й и 3-й опытных групп) наблюдалось некоторое увеличение молочного сахара в образцах молока на 0,03 %, 0,04 % и 0,06 % по сравнению с молоком, которое было получено от животных контрольной группы.

Согласно полученным данным, концентрация

в молоке коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп минеральных веществ была несколько выше в соотношении с животными из контроля на 0,03 %, 0,04 % и 0,06 %.

Выводы

На основании полученных результатов можно заключить следующее. В кормлении коров полная замена сои полножирной (15 % от массы комбикорма) на зерно люпина способствует увеличению надоев на 6,93 % и улучшению питательной ценности молока (жира на 0,05 %, белка – на 0,04 %, молочного сахара – на 0,13 %).

Список источников

1. Влияние ритмичного кормления на молочную продуктивность коров / Н. Н. Швецов, А. С. Звонарев, С. В. Чехранова, В. И. Коловоротная // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 394-401.

2. Использование люпина в комбикормах для свиноматок / А. К. Карапетян, С. И. Николаев, И. Ю. Даниленко [и др.] // Известия Нижневолжско-



го агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 339-345.

3. Моделирование процессов контроля качества готовой продукции при производстве микробиологических добавок для животных / Е. А. Бражник, В. Х. Меликиди, Г. Ю. Лаптев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2(58). – С. 295-306.

4. Оценка эффективности влияния ферментированного рапсового шрота на молочную продуктивность коров / И. К. Медведев, Н. П. Буряков, И. В. Менберг, А. В. Жевнеров // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 43-47.

5. Применение регламентированного кормления при выращивании телок / Н. Н. Швецов, М. Р. Швецова, Г. С. Походня [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 255, № 3. – С. 396-401.

6. Принципы организации производства экологически безопасной говядины / Н. Н. Забашта, Е. Н. Головки, Е. П. Лисовицкая, А. Н. Высокопоясная // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3(59). – С. 275-280.

7. Результаты скармливания фитонцидной хвойной добавки глубокостельным и новотельным коровам / В. П. Короткий, И. В. Бритвина, Ю. Л. Ошуркова [и др.] // Зоотехния. – 2023. – № 10. – С. 19-24.

8. Селекция мясного скота на повышение

эффективности использования корма / Е. Н. Усманова, Д. В. Зубоченко, П. С. Остапчук, Т. А. Кувейда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 4(68). – С. 270-286.

9. Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 1(69). – С. 360-368.

10. Эффективность использования низкотанинового зерна сорго в кормлении дойных коров / С. В. Чехранова, С. И. Николаев, В. И. Коловоротная [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 386-394.

11. Palmquist, D.L. Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition / D.L. Palmquist, A. Denise Beaulieu, D.M. Barbano // Journal of Dairy Science. - Volume 76. - Issue 6. - June 1993. - P. 1753-1771.

12. Sutton, J.D. Altering Milk Composition by Feeding / J.D. Sutton // Journal of Dairy Science. - Volume 72. - Issue 10. - 1989. – P. 2801-2814

13. Trend analysis and prediction of seasonal changes in milk composition from a pasture-based dairy research herd / E. Hayes, D. Wallace, C. O'Donnell, D. Greene, D. Hennessy, N. O'Shea, J.T. Tobin, M.A. Fenelon // Journal of Dairy Science. - Volume 106. - Issue 4. - 2023. – P. 2326-2337

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Vliyaniye ritmichnogo kormleniya na molochnyuyu produktivnost' korov / N. N. SHvecov, A. S. Zvonarev, S. V. CHekhranova, V. I. Kolovorotnaya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 2(70). – С. 394-401.

2. Ispol'zovanie lyupina v kombikormah dlya svinomatok / A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, I. YU. Danilenko [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 2(70). – С. 339-345.

3. Modelirovaniye processov kontrolya kachestva gotovoy produktsii pri proizvodstve mikrobiologicheskikh dobavok dlya zhivotnykh / E. A. Brazhnik, V. H. Melikidi, G. YU. Laptev [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2020. – № 2(58). – С. 295-306.

4. Ocenka effektivnosti vliyaniya fermentirovannogo rapsovogo shrota na molochnyuyu produktivnost' korov / I. K. Medvedev, N. P. Buryakov, I. V. Menberg, A. V. Zhevnerov // Kormoproizvodstvo. – 2023. – № 1. – С. 43-47.

5. Primeneniye reglamentirovannogo kormleniya pri vyrashchivaniy telok / N. N. SHvecov, M. R. SHvecova, G. S. Pohodnya [i dr.] // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy mediciny im. N.E. Baumana. – 2023. – Т. 255, № 3. – С. 396-401.

6. Principy organizatsii proizvodstva ekologicheski bezopasnoy govjadiny / N. N. Zabashta, E. N. Golovko, E. P. Lisovickaya, A. N. Vysokopoyasnaya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2020. – № 3(59). – С. 275-280.

7. Rezul'taty skarmlivaniya fitoncinoj hvoynoy dobavki glubokostel'nym i novotel'nym korovam / V. P. Korotkij, I. V. Britvina, YU. L. Oshurkova [i dr.] // Zootekhniya. – 2023. – № 10. – С. 19-24.

8. Selekcija myasnogo skota na povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya korma / E. N. Usmanova, D. V. Zubochenko, P. S. Ostapchuk, T. A. Kuevda // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2022. – № 4(68). – С. 270-286.



9. Fiziko-himicheskie pokazateli moloka, proizvedennogo v usloviyah promyshlennoj tekhnologii / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 1(69). – С. 360-368.

10. Effektivnost' ispol'zovaniya nizkotaninovogo zerna sorgo v kormlenii dojnykh korov / S. V. CHekhranova, S. I. Nikolaev, V. I. Kolovorotnaya [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2023. – № 2(70). – С. 386-394.

11. Palmquist, D.L. Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition / D.L. Palmquist, A. Denise Beaulieu, D.M. Barbano // Journal of Dairy Science. - Volume 76. - Issue 6. - June 1993. - P. 1753-1771.

12. Sutton, J.D. Altering Milk Composition by Feeding / J.D. Sutton // Journal of Dairy Science. - Volume 72. - Issue 10. - 1989. – P. 2801-2814

13. Trend analysis and prediction of seasonal changes in milk composition from a pasture-based dairy research herd / E. Hayes, D. Wallace, C. O'Donnell, D. Greene, D. Hennessy, N. O'Shea, J.T. Tobin, M.A. Fenelon // Journal of Dairy Science. - Volume 106. - Issue 4. - 2023. – P. 2326-2337

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

Карапетын Анжела Кероповна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», a.k.karapetyan@bk.ru

Чехранова Светлана Викторовна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», schekhranova@mail.ru

Вуевский Никита Олегович, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Даниленко Ирина Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», taranova_15@mail.ru

Елизаров Дмитрий Юрьевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Author information

Karapetyan Angela K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University, a.k.karapetyan@bk.ru

Chehranova Svetlana V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding and Breeding of farm Animals", Volgograd State Agrarian University, schekhranova@mail.ru

Vuevsky Nikita O., Postgraduate student of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University

Danilenko Irina Yu., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University, schekhranova@mail.ru

Yelizarov Dmitry Yu., postgraduate student of the Department "Feeding and Breeding of farm Animals", Volgograd State Agrarian University

Статья поступила в редакцию 19.02.2024; одобрена после рецензирования 12.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 19.02.2024; approved after reviewing 12.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 628.381.1
DOI: 10.36508/RSATU.2024.69.62.006ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСАДКЕ
ЖИДКИХ ОТХОДОВ СВИНОФЕРМЫ В ХОДЕ РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИТатьяна Андреевна Колесникова¹, Марина Анатольевна Куликова²^{1,2} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия¹ tanechka-ko1986@yandex.ru
² my7rysyk@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье приведены результаты исследования динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свинофермы в ходе реагентной обработки. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска возможных способов выделения биогенных элементов из жидких отходов свинофермы с обеспечением безопасности получаемых продуктов для использования их в качестве удобрений. Целью работы было изучение динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свиноферм при реагентной обработке с использованием известковой суспензии в качестве щелочного коагулянта и аммофоса в качестве подкисляющего реагента. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: определить структуру осадка, качественное и количественное содержание элементов в осадке различными методами (рентгенофлуоресцентная спектроскопия и с использованием атомно-адсорбционного спектрометра).

Методология. Для установления массовой доли питательных веществ проведен анализ на спектрометре атомно-адсорбционном «Квант-2мт». Рентгеноспектральный элементный анализ исследуемых образцов определяли с помощью сканирующего растрового электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 (режим: SE-детектор Эверхарта-Торнли, EHT=20кВ, WD=10 мм, с использованием дополнительной приставки Oxford «Inca Energy»).

Результаты. В результате реагентной обработки наблюдается увеличение в исследуемом образце содержания фосфора и калия. Отмечено уменьшение содержания азота в образце после обработки и разделения, связанное с переходом основной его части в жидкую фазу. В образцах присутствуют фосфаты кальциевых оснований, а также следы натрий-калиевых солей. В небольших количествах содержится кремний. Присутствие углерода связано с органическим происхождением исследуемых образцов.

Заключение. В результате реагентной обработки осадка жидких отходов свинофермы отмечена динамика содержания таких биогенных элементов, как азот, фосфор и калий. При этом количество азота значительно снижается с 8,59 % до 3,57 % за счет перехода его в жидкую фазу при разделении. Содержание калия и фосфора увеличивается, соответственно, с 0,13 % до 0,23 % и с 0,87 % до 4,1 %, как за счет образования солей, выпадающих в осадок, так и за счет дополнительного внесения этих элементов с реагентом (аммофос).

Ключевые слова: жидкие отходы, свинофермы, реагентная обработка, биогенные элементы, исследование, динамика

Для цитирования: Колесникова Т.А., Куликова М.А. Исследование динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свиноферм в ходе реагентной обработки // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2. С.42-48 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.69.62.006>

Original article

STUDY OF THE DYNAMICS OF THE CONTENT OF BIOGENIC ELEMENTS IN THE SEDIMENT OF
LIQUID WASTE FROM PIG FARM DURING REAGENT TREATMENTTatyana A. Kolesnikova¹, Marina A. Kulikova²

© Колесникова Т.А., Куликова М.А., 2024 г.

¹ tanechka-ko1986@yandex.ru
² my7rysyk@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article presents the results of a study of the dynamics of the content of nutrients in the sludge of liquid waste from a pig farm during reagent treatment. The relevance of the study is due to the need to find possible ways to isolate nutrients from liquid waste from a pig farm, ensuring the safety of the resulting products for use as fertilizers

Methodology. To establish the mass fraction of nutrients, an analysis was carried out using an atomic adsorption spectrometer "Kvant-2mt". X-ray spectral elemental analysis of the studied samples was determined using a scanning scanning electron microscope Carl Zeiss EVO 40 (mode: SE-Everhart-Thornley detector, EHT = 20 kV, WD = 10 mm, using an additional Oxford "Inca Energy" attachment)

Results. As a result of reagent treatment, an increase in the content of phosphorus and potassium in the sample under study (Fig. 2b) is observed. A decrease in the nitrogen content in the sample after processing and separation was noted, associated with the transition of its main part into the liquid phase. The samples contain phosphates of calcium bases, as well as traces of sodium-potassium salts. Contains silicon in small quantities. The presence of carbon is associated with the organic origin of the studied samples.

Conclusion. As a result of reagent treatment of liquid waste sludge from a pig farm, the dynamics of the content of such nutrients as nitrogen, phosphorus and potassium was noted. In this case, the amount of nitrogen is significantly reduced due to its transition to the liquid phase during separation. The content of potassium and phosphorus increases both due to the formation of salts that precipitate, and due to the additional introduction of these elements with the reagent (ammophos).

Key words. Liquid waste, pig farms, reagent treatment, nutrients, research, dynamics.

For citation: Kolesnikova T.A., Kulikova M.A. Study of the dynamics of the content of biogenic elements in the sediment of liquid waste from pig farms during reagent treatment // Herald of Rязan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 2, P.42-48 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.69.62.006>

Введение

В современном мире открываются новые возможности для производителей удобрений по получению органического вторичного сырья, повышается интерес к исследованиям технологий восстановления питательных веществ. Отходы становятся ресурсами при соответствующем управлении и обращении. Некоторые исследования выявили три основных потока отходов, которые потенциально можно было бы использовать для получения удобрений на биологической основе: навоз, осадки сточных вод и отходы пищевой промышленности. Из них жидкие отходы сельскохозяйственных животных представляет собой крупнейший поток отходов, а свиной навоз вызывает наибольшую экологическую озабоченность по поводу его безопасной утилизации [1].

Жидкие отходы свиноферм часто имеют низкое стехиометрическое соотношение N и P, поэтому при их использовании в качестве удобрений для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в них часто добавляется фосфор, что увеличивает риск его утечки в водоемы. Фосфор является невозобновляемым источником, и основная доля минеральных запасов фосфора находится лишь в нескольких странах. В этом контексте фосфор включен в список критически важного сырья [2].

Жидкие отходы, получаемые в результате интенсивного животноводства, оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Соединения азота и фосфора в отходах свиноферм загрязняют почву и водоемы. Хранящиеся жидкие

отходы выделяют запах, в первую очередь из-за анаэробного разложения белков. Отходы свиноферм представляют собой смесь фекалий, мочи и воды [3].

В большинстве стран почти все образующиеся жидкие отходы свиноферм возвращаются необработанными на сельскохозяйственные поля путем внесения, что может нанести вред окружающей среде из-за избытка питательных веществ, несбалансированного поступления макроэлементов и присутствия тяжелых металлов и гельминтов. Поэтому крайне важно найти возможные способы селективного отделения всех ценных компонентов – главным образом азота, фосфора и калия (NPK) – из жидких отходов свиноферм, обеспечивая при этом безопасность получаемых продуктов для содействия использованию отходов в качестве вторичного сырья для получения качественных удобрений, способных конкурировать с коммерческими.

С целью извлечения питательных веществ из жидких отходов свиноферм используются как физические, так и химические процессы. Однако, высокое содержание воды в жидких отходах свиноферм является одним из основных препятствий для эффективного повторного использования питательных веществ. При разделении жидких отходов свиноферм образуются жидкая фаза, богатая аммонийным азотом (NH₄⁺-N) и калием (K), и твердая фракция, богатая органическим веществом, фосфором и относительно богатая азотом. Концентрация фосфора и органических веществ в твердой фракции улучшает управление питатель-

ными веществами и облегчает экспорт избыточных питательных веществ в районы с их дефицитом.

После разделения жидкую фракцию можно применять в качестве более сбалансированного по питательным веществам удобрения на сельскохозяйственных полях. Низкая общая концентрация твердых веществ в жидкой фракции, по сравнению с исходными жидкими отходами свиноферм, снижает затраты на транспортировку, связанные с перекачкой навоза, и снижает выбросы NH_3 на этапе внесения, благодаря более быстрой инфильтрации в почву [4]. Распределение влаги, органических веществ и содержания питательных веществ между твердой и жидкой фракциями широко варьируется в зависимости от различных методов разделения отходов. Выбор технологии разделения или комбинации технологий зависит от характеристик исходного навоза и целей плана обращения с навозом, специфичных для конкретного участка [5].

Авторами доказана высокая эффективность реагентной коагуляции для разделения жидких отходов свиноферм [6]. Целью работы было изучение динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свиноферм при реагентной обработке с использованием известковой суспензии в качестве щелочного коагулянта и аммофоса в качестве подкисляющего реагента. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: определить структуру осадка, качественное и количественное содержание элементов в осадке различными методами (рентгенофлуоресцентная спектроскопия и с использованием атомно-адсорбционного спектрометра).

Материалы и методы исследования

Исследование динамики проводилось в ФГБОУ «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И.Платова» в период с 2022-2023 гг.

Для исследования использовали жидкий отход после гидросмыва свиноводческого хозяйства ЗАО «Батайское» Ростовской области, производительностью 30 тыс. голов свиней, с расходом жидких отходов $150 \text{ м}^3/\text{сут}$. Отбор проводился из лагун-накопителей в объеме 50 литров в пластиковые емкости. После отстаивания и процеживания обработку реагентами проводили в стандартных цилиндрах объемом 1 дм^3 . В качестве реагентов вносили на первом этапе CaC_2 $2 \text{ г}/\text{дм}^3$ по активному CaO . На следующем этапе вводили подкисляющий реагент – 30 %-ю суспензию аммофоса. После гравитационного отстаивания смесь разделилась на прозрачную жидкую фракцию и осадок – органоминеральное удобрение. Далее в ходе работы были получены, в виде порошков, образцы исходного осадка свинофермы и осадка, обработанного коагулянтами. Образцы высушивались до постоянной влажности для более точного анализа. Массовую долю сухого вещества определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 26713-85 «Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка» на спектрофотометре UNICO 2100 [7].

Для установления массовой доли питательных

веществ с исходной влажностью был проведен анализ на спектрометре атомно-адсорбционном «Квант-2мт», согласно ГОСТ 26715-85, 26717-85, 26718-85 [8-10].

Рентгеноспектральный элементный анализ исследуемых образцов определяли с помощью сканирующего растрового электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40 (режим: SE-детектор Эверхарта-Торнли, $\text{EHT}=20 \text{ кВ}$, $\text{WD}=10 \text{ мм}$, с использованием дополнительной приставки Oxford «Inca Energy»). Калибровка спектров осуществлялась при помощи эталонного металлического образца (Co). Метод основан на сборе и анализе спектра, полученного после возбуждения характеристического рентгеновского излучения, которое возникает при переходе атома из возбужденного в основное состояние. При облучении у атома удаляются электроны из внутренних оболочек. Электроны из внешних оболочек перескакивают на вакантные места, высвобождая избыточную энергию в виде кванта рентгеновского диапазона или передавая её другому электрону из внешних оболочек. В качестве источника возбуждения в нашем случае применяется рентгеновское излучение. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия позволяет производить быстрое определение качественного и количественного элементного состава твердых и жидких образцов, порошков, гранул, пластин, плёнок, не разрушая при этом образец, что имеет важное значение при работе с осадками жидких отходов [11].

Измерив испускание атомов исследуемых элементов, можно получить качественный элементный состав. Количественный состав элементов определяли регистрацией интенсивности излучения с определенной энергией.

Измерения проводились в трех повторностях. На графиках представлены данные, где каждое из значений является средним арифметическим.

Результаты исследований и их обсуждение

Изучение образцов производилось на частице пробы, полученной в результате естественного скола без дополнительной механической обработки и нанесения проводящего металлического слоя. Частица имела вытянутую форму размером $8 \times 5 \text{ мм}$. В отсутствие проводящего слоя, а также за счет выраженного рельефа образцов на изображении (рис.1а,б) отчетливо наблюдаются перепады контрастности.

Исследование проводилось при двух увеличениях, что в целом не сильно повлияло на результаты.

На рисунке 1б представлены дискретные частицы высокой плотности, отличающиеся от исходных, что свидетельствует об уплотнении осадка жидких отходов свиноферм. На выделенных областях экспериментальных образцов был проведен энергодисперсионный анализ. Под действием реагентов происходит коагуляция частиц, что способствует увеличению скорости осаждения, уменьшению объемов осадка. Таким образом, в результате коагуляционной обработки жидких отходов можно уменьшить затраты на капитальное строительство отстойников.

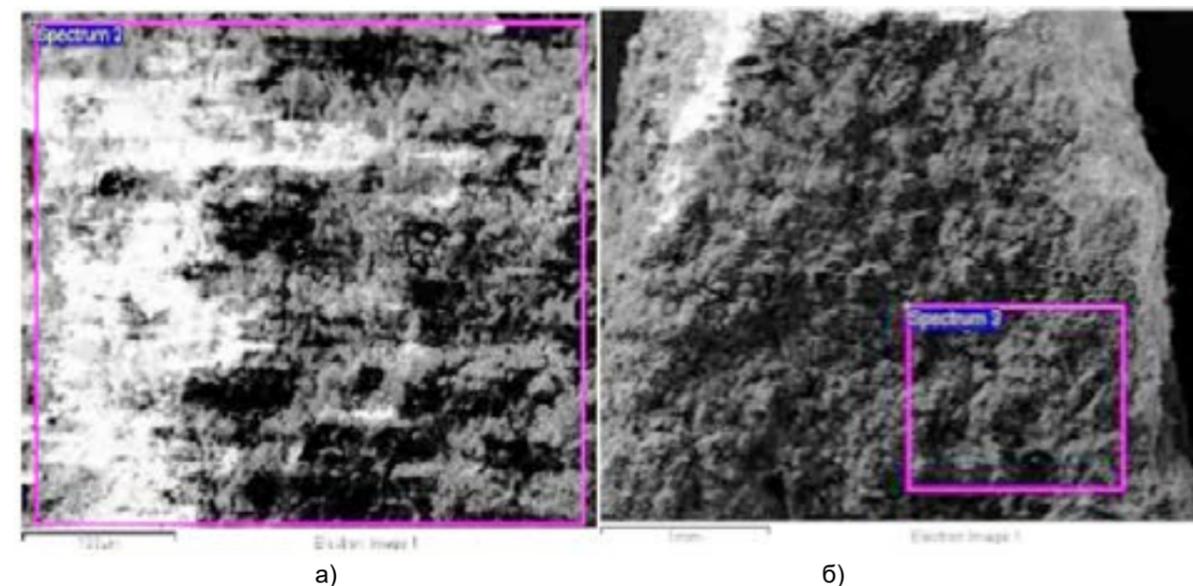


Рис. 1 – Структура осадка жидких отходов свинофермы при спектрометрии образцов: а) – исходный осадок свинофермы до обработки; б) – осадок отходов свинофермы после реагентной коагуляции
Fig. 1 – Structure of sediment from liquid waste from pig farm during spectrometry of samples: a) – initial sediment from pig farm before treatment; b) – waste sludge from pig farm after reagent coagulation

Содержание элементов в результате энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии представлено на рис.2а,.

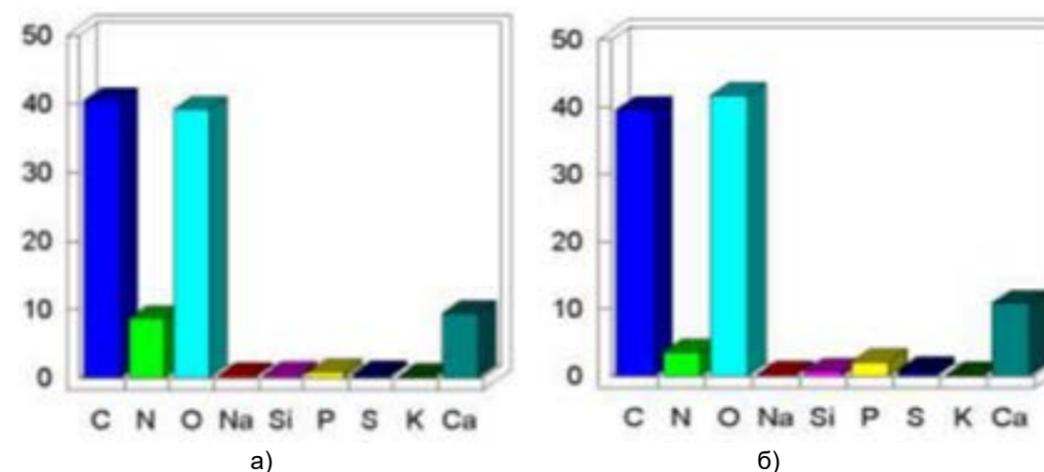


Рис.2- Содержание элементов, %, в образцах: а) – исходный осадок свинофермы до обработки; б) – осадок отходов свинофермы после реагентной коагуляции
Fig. 2 – Content of elements, %, in samples: a) – initial sludge from pig farm before processing; b) – waste sludge from pig farm after reagent coagulation

Таблица 1 – Результаты исследования образцов с использованием сканирующего растрового электронного микроскопа

Содержание элементов, % (в высушенном виде)	Исходный осадок свиноферм до обработки (в высушенном виде)	Осадок отходов свиноферм после реагентной коагуляции
С(углерод)	40,41	39,52
N (азот)	8,59	3,57
О (кислород)	39,13	41,68
Na (натрий)	0,37	0,31



Продолжение таблицы 1

Si (кремний)	0,43	0,78
P (фосфор)	0,87	4,10
S (сера)	0,59	1,02
K (калий)	0,13	0,23
Ca (кальций)	9,48	10,91

В образцах присутствуют фосфаты кальциевых оснований, а также следы натрий-калиевых солей. В небольших количествах содержится кремний. Присутствие углерода связано с органическим происхождением исследуемых образцов. В результате реагентной обработки наблюдается увеличение в исследуемом образце (рис.2б) со-

держания фосфора и калия. Отмечено уменьшение содержания азота в образце после обработки и разделения, связанное с переходом основной его части в жидкую фазу. Наличие биогенных элементов в осадке отходов свиноферм указывает на их высокий потенциал для использования в качестве органоминерального удобрения.

Таблица 2 – Результаты исследования образцов с использованием атомно-адсорбционного спектрометра

Наименование показателей	Исследуемые образцы			
	исходный осадок свинофермы до обработки (в высушенном виде)		осадок отходов свинофермы после реагентной коагуляции (в высушенном виде)	
	Фактическое значение	Погрешность (при доверительной вероятности $p=0,95$)	Фактическое значение	Погрешность (при доверительной вероятности $p=0,95$)
Массовая доля сухого вещества, %	90,85	$\pm 0,41$	92,99	$\pm 0,41$
Массовая доля питательных веществ в образцах с исходной влажностью, %				
Азот общий	8,2	$\pm 0,1$	3,34	$\pm 0,2$
Фосфор общий, в пересчете на P_2O_5	0,7	$\pm 0,05$	4,05	$\pm 0,2$
Калий общий, в пересчете на K_2O	0,14	$\pm 0,01$	0,22	$\pm 0,03$

Результаты исследований динамики биогенных элементов с использованием атомно-адсорбционного спектрометра свидетельствовали о возрастании в процессе реагентной обработки содержания общего калия (с 0,14 % в исходном осадке до 0,22 % в осадке отходов после реагентной коагуляции) Содержание калия по фракциям распределилось пропорционально количеству в них сухого вещества. Также наблюдается возрастание концентрации P_2O_5 с 0,7 % до 4,05 % за счет осаждения малорастворимых соединений фосфора. Метод атомно-адсорбционной спектрометрии позволил выявить снижение содержания общего азота в результате реагентной обработки с 8,2 % до 3,34 % за счет того, что основная его часть перешла в жидкую фракцию.

Исследования динамики содержания биогенных элементов в осадке жидких отходов свинофермы в ходе реагентной обработки двумя различными способами показали высокую сходимость результатов (около 80 %).

Заключение

Отмечена динамика содержания основных биогенных элементов в результате реагентной обработки. Под действием реагентов происходит коагуляция частиц, что способствует увеличению скорости осаждения, уменьшению объемов осадка.

При спектрометрии полученных образцов наблюдается изменение структуры осадка в сторону его уплотнения, в результате быстрой реагентной коагуляции.

Снимки, полученные с помощью сканирующего растрового электронного микроскопа Carl Zeiss EVO 40, указывают на уплотнение структуры осадка под действием реагентов (процесс быстрой коагуляции частиц, приводящий к увеличению скорости осаждения, что, в свою очередь, приводит к уменьшению структуры объема осадка). Таким образом, в результате коагуляционной обработки жидких отходов удается снизить затраты на капитальное строительство отстойников.

В результате реагентной обработки осадка

жидких отходов свинофермы отмечена динамика содержания таких биогенных элементов, как азот, фосфор и калий. При этом количество азота значительно снижается с 8,59 % до 3,57 % за счет перехода его в жидкую фазу при разделении. Содержание калия и фосфора увеличивается, соответственно, с 0,13 % до 0,23 % и с 0,87 % до 4,1 %, как за счет образования солей, выпадающих в осадок, так и за счет дополнительного внесения этих элементов с реагентом (аммофос).

Наличие биогенных элементов в осадке отходов свиноферм указывает на их высокий потенциал для использования в качестве органоминерального удобрения.

Список источников

- Rodríguez-Alegre, R., Zapata-Jiménez, J. et al. Nutrient recovery and valorisation from pig slurry liquid fraction with membrane technologies // Science of The Total Environment 20 May 2023, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162548
- Pantelopoulos, A., Aronsson, N. Two-stage separation and acidification of pig slurry – Nutrient separation efficiency and agronomical implications // Journal of Environmental Management 15 February 2021, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111653
- Колесникова, Т., Куликова, М. Анализ процесса коагуляции при реагентном фракционировании жидких отходов свинокомплексов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2023, Т.15, №4,

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Rodríguez-Alegre, R., Zapata-Jiménez, J. et al. Nutrient recovery and valorisation from pig slurry liquid fraction with membrane technologies // Science of The Total Environment 20 May 2023, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162548
- Pantelopoulos, A., Aronsson, N. Two-stage separation and acidification of pig slurry – Nutrient separation efficiency and agronomical implications // Journal of Environmental Management 15 February 2021, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111653
- Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Analiz processa koagulyacii pri reagentnom frakcionirovanii zhidkih othodov svinokompleksov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2023, T.15, №4, S.55-59, DOI: 10.36508/RSATU/2023/71/29/008
- Sajjad, M., Huang, Q., et al. Methods for the removal and recovery of nitrogen and phosphorus nutrients from animal waste: A critical review // Acta Ecologica Sinica 5 June 2023, DOI: 10.1016/j.chnaes.2023.05.003
- Macro-nutrients recovery from liquid waste as a sustainable resource for production of recovered mineral fertilizer: Uncovering alternative options to sustain global food security cost-effectively // Science of The Total Environment, Volume 856, Part 2, 15 January 2023, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159283
- Kolesnikova, T., Kulikova, M. et al. Ammophos efficiency application for treatment highly concentrated by biogenic elements wastes of agro-industrial complexes // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. - №579.- DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032108
- GOST 26713-85 Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya vlagi i suhogo ostatka.
- GOST 26715-85 Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya obshchego azota.
- GOST 26717-85 Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya obshchego fosfora.
- GOST 26718-85 Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya obshchego kaliya.
- Mitin, D., Glebov, V. i dr. Opyt primeneniya energodispersionnogo rentgenofluorescentnogo spektrometra // Privolzhskij nauchnyj vestnik. – 2013. - №12 (28), chast' 2.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

**Информация об авторах**

Колесникова Татьяна Андреевна, ст. препод. кафедры «Экология и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, tanetchka-ko1986@yandex.ru

Куликова Марина Анатольевна, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, my7risky@mail.ru

Author Information

Kolesnikova Tatyana A., Senior Lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), tanetchka-ko1986@yandex.ru

Kulikova Marina A., PhD in engineering sciences, associate professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), my7risky@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.03.2024; одобрена после рецензирования 31.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 22.03.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, т16., № 2, с. 49-57
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 2, pp. 49-57

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 664.8.022.3
DOI: 10.36508/RSATU.2024.48.82.007

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ХИМИЧЕСКИМИ РАСТВОРАМИ
НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА**

Адик Викторovich Онкаев¹, **Иван Алексеевич Успенский**², **Николай Владимирович Лимаренко**³, **Юхин Иван Александрович**⁴, **Игорь Викторovich Пчельников**⁵

^{1,5} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия

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

³ ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

¹ onkaev.adik08@yandex.ru

Исследование выполнено в рамках Госзадания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на тему: «Разработка цифровой платформы повышения энергетической эффективности при обеззараживании бесподстилочного навоза».

Аннотация.

Проблема и цель. Известно, что грибковые и бактериальные заболевания семян вызывают значительный экономический ущерб фермерским хозяйствам и затрудняют реализацию Доктрины продовольственной безопасности страны. Также доказано, что проблемы охраны окружающей среды, в том числе сельских населенных пунктов, повышения продуктивности животноводства, зерновых культур неразрывно связаны с использованием дезинфицирующих веществ. Перспективным направлением решения данной проблемы является мокрое протравливание зернового материала. Соответственно, исследование эффективности мокрого протравливания зернового материала различными типами растворов является актуальной и значимой задачей. Цель данного исследования – определение стимулирующего или ингибирующего действия протравливающих растворов на посевные качества семян пшеницы, ячменя и овса.

Материалы и методы. Исследовано влияние эффективности мокрого протравливания семян пшеницы, овса и ячменя растворами гипохлорита натрия NaClO, гипохлорита натрия с борной кислотой H₃BO₃, гипохлорита натрия с медным купоросом CuSO₄ × 5H₂O, комбинированного раствора гипохлорита натрия с борной кислотой и медным купоросом H₃BO₃ + CuSO₄ × 5H₂O. В качестве исходного посевного материала использовали пшеницу, овес, ячмень.

Результаты. Протравливание проводили мокрым способом для трех видов зерновых: пшеницы, овса, ячменя. Выявлено, что наилучший эффект раствор оказывает на пшеницу, повышая энергию прорастания и всхожесть семян. Меньшее влияние оказывает на овес.

Заключение. Установлено, что зерновой материал, обработанный гипохлоритом натрия, имеет более высокий процент всхожести относительно непротравленного, тогда как добавление в гипохлорит натрия медного купороса или его смеси с борной кислотой наиболее предпочтительно для роста злаковых культур.

Ключевые слова: зерновой материал, мокрое протравливание, дезинфекция, гипохлорит натрия, борная кислота, медный купорос, всхожесть зернового материала

Для цитирования: Онкаев А.В., Успенский И.А., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Пчельников И.В. Исследование влияния дезинфекции химическими растворами на энергетические свойства зернового материала // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2. С. 49-57. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.82.007>

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DISINFECTION WITH CHEMICAL SOLUTIONS ON THE ENERGY PROPERTIES OF THE GRAIN MATERIAL

Adik V. Onkaev¹, **Ivan A. Uspensky**², **Nikolai V. Limarenko**³, **Ivan A. Ukhin**⁴, **Igor V. Pchelnykov**⁵

© Онкаев А.В., Успенский И.А., Лимаренко Н.В., Юхин И.А., Пчельников И.В., 2024 г.



^{1,5} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Southern State Pedagogical University (NPI) named after M.I. Platov", Novocherkassk, Russia

^{2,3,4} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva", Ryazan, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia

¹onkaev.adik08@yandex.ru

The study was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of a digital platform for increasing energy efficiency in the disinfection of bedding-free manure."

Annotation.

Problem and purpose. It is known that fungal and bacterial diseases of seeds cause significant economic damage to farms and complicate the implementation of the country's Food Security Doctrine. It has also been proven that problems of environmental protection, including rural settlements, increasing the productivity of livestock and grain crops are inextricably linked with the use of disinfectants. A promising direction for solving this problem is wet dressing of grain material. Accordingly, research into the effectiveness of wet dressing of grain material with various types of solutions is an urgent and significant task. The purpose of this study is to determine the stimulating or inhibitory effect of dressing solutions on the sowing qualities of wheat, barley and oat seeds.

Methodology. The effect of the effectiveness of wet etching of wheat, oats and barley seeds with solutions of sodium hypochlorite NaClO, sodium hypochlorite with boric acid H₃VO₃, sodium hypochlorite with copper sulfate CuSO₄ x 5H₂O, a combined solution of sodium hypochlorite with boric acid and copper sulfate H₃VO₃ + CuSO₄ x 5H₂O was studied. Wheat, oats, and barley were used as the initial seed material.

Results. Dressing was carried out using the wet method for three types of grains: wheat, oats, barley. It was found that the solution has the best effect on wheat, increasing germination energy and seed germination. Oats have less effect.

Conclusion. It has been established that grain material treated with sodium hypochlorite has a higher percentage of germination compared to untreated grains, while the addition of copper sulfate or its mixture with boric acid to sodium hypochlorite is most preferable for the growth of cereal crops.

Key words: grain material, wet pickling, disinfection, sodium hypochlorite, boric acid, copper sulfate, germination of grain material

For citation: Onkaev A.V., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Pchelnikov I.V. Investigation of the effect of disinfection with chemical solutions on the energy properties of grain material // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No.2, P. 49-57 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.48.82.007>

Введение

Эффективное использование ресурса зернового материала является основой обеспечения продовольственной безопасности страны. Как известно, грибковые и бактериальные заболевания семян вызывают значительный экономический ущерб фермерским хозяйствам. Одним из перспективных решений, позволяющих минимизировать данное негативное влияние на зерновой материал, является применение пестицидов. В противном случае патогенные микроорганизмы, вызывающие повреждения зернового материала, значительно сокращают урожайность. Согласно открытым статистическим данным Министерства сельского хозяйства, мировые экономические потери зернового материала от вирусных патогенов ежегодно превышают 60 млрд долларов и имеют ежогодний тренд. На текущий момент наиболее широко применяемыми способами борьбы с болезнями в зерновом материале являются протравливание гипохлоритом натрия либо аэрозольным способом [1].

Аэрозольный метод (полусухое протравливание)

применяется для обработки в зернохранилищах и не требует большого объема дезинфектанта. Мокрое же протравливание гипохлоритом натрия требует увеличенного расхода реагента ввиду наиболее высокой контактной поверхности с зерновым материалом. Однако данный способ обладает наиболее высокой бактериологической эффективностью. Практика его реализации построена на том, что зерновой материал обрабатывается исходя из соотношения 1 дм³ реагента на 100 кг зерна. Особую эффективность мокрое протравливание показало при суммарном заражении более 15 % семян и неблагоприятной фитосанитарной обстановке благодаря высокой степени их контакта с пестицидом, что не достигается другими способами борьбы с болезнями растений [2]. Согласно [3-7], использование данного реагента позволяет стимулировать продуктивность посевного фонда и сохранность зернового материала от патогенных факторов. В данном контексте гипохлорит натрия позволяет рассматривать себя как пестицид. Далее рассмотрим вопрос влияния типов дезинфицирующих химических растворов



на зерновой материал и его эскергетические характеристики.

Целью настоящего исследования является определение стимулирующего или ингибирующего действия протравливающих растворов на посевные качества семян пшеницы, ячменя и овса. Объектом исследования является зерновой материал семян пшеницы, ячменя и овса, предметом – индикаторы посевных качеств.

Материалы и методы

Известно [3], что обработка зерновых культур растворами бактерицидного действия позволяет минимизировать рост токсинов и обеспечить длительность хранения зерна при значительном сокращении потерь. Наиболее перспективными и менее изученными бактерицидными растворами являются: гипохлорит натрия NaClO, борной кислоты H₃BO₃, гипохлорита натрия с медным купоросом CuSO₄x5H₂O, комбинированный раствор гипохлорита натрия с борной кислотой и медным купоросом H₃BO₃ + CuSO₄x5H₂O. Анализ практик и результаты предварительных исследований [4] показали, что биоцидная обработка посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее действенных способов защиты растений. Высокие окислительные свойства гипохлорита натрия позволяют использовать его для обработки зерна при низкой токсичности раствора (в отличие от других пестицидов).

Согласно анализу информационных источников [5], перспективным способом обработки зернового материала является мокрое протравливание. В качестве наиболее типичного посевного материала были выбраны следующие культуры: ячмень обыкновенный (сорт ячменя «Маруся»), пшеница твердая (сорт «Золотко»), овес (сорт «Лев»), соответствующие ГОСТ 12038-84. Для проведения экспериментальных исследований по мокрому протравливанию зерновых культур использовались следующие растворы с антисептическими и ингибирующими свойствами: водопроводная вода (раствор 1), гипохлорит натрия NaClO (раствор 2), гипохлорит натрия с борной кислотой H₃BO₃ (раствор 3), гипохлорит натрия с медным купоросом CuSO₄x5H₂O (раствор 4), комбинированный раствор гипохлорита натрия с борной кислотой и медным купоросом H₃BO₃ + CuSO₄x5H₂O (раствор 5). Все растворы готовились непосредственно перед выполнением серий экспериментальных экспозиций, в химической лаборатории ФГБОУ ВО НПИ по стандартным для данных объектов методикам. Во избежание агрессивной реакции, выраженной неприемлемым числом отрицательных побочных продуктов, осуществлялась корректировка их водородного показателя pH. Материально-технической базой проведения данных исследований являлась научно-исследовательская лаборатория ООО НПП «ЭКОФЕС» Ростовской области, город Новочеркасск. В качестве исходного посевного материала использовали пшеницу, овес, ячмень.

В случае с раствором гипохлорита натрия корректировку необходимо было произвести до нейтрального значения. Согласно исследованиям [6-9], наиболее эффективными реагентами для этих целей являются борная кислота, медный купорос и их комбинация, что обеспечивает бактерицидный эффект [7, 10-14] и положительное влияние на рост выбранных зерновых культур.

Первым этапом экспериментальных исследований являлось определение исходного pH воды для приготовления растворов. Измерения pH осуществлялись с помощью портативного pH-метра типа pH-009. Вода для приготовления растворов забиралась из водопровода. После измерения pH определялась концентрация гипохлорита натрия с целью подбора наиболее рационального способа его корректировки. Требуемая концентрация С гипохлорита натрия, необходимая для его биоцидного эффекта при протравливании, определялась по формуле:

$$C = \frac{V_1 \cdot N \cdot M}{V_2}, \text{ г/л}$$

где V₁ – объем раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование, мл;

N – нормальность раствора тиосульфата натрия;

M – молярная масса хлора, равен 35,45 г/моль;

V₂ – объем анализируемой пробы, мл.

Концентрация гипохлорита натрия при pH = 8,5 составила:

$$C = \frac{2,2 \cdot 0,1 \cdot 35,45}{2} = 3,9 \text{ г/л.}$$

Исходя из измеренного значения pH = 8,5, а также требований санитарно-эпидемиологической безопасности, регламентированных СанПиН 2.1.3684-21, было принято решение о корректировке pH гипохлорита натрия до pH = 8,06. После этого осуществлялась корректировка pH гипохлорита с помощью раствора борной кислоты и медного купороса. Методика создания растворов, необходимые реактивы и разработка проводились в научно-исследовательской лаборатории ООО НПП «ЭКОФЕС». Приведение pH гипохлорита натрия до уровня pH водопроводной воды с помощью борной кислоты на 200 мл раствора.

Результаты корректировки текущего значения pH гипохлорита натрия до уровня pH водопроводной воды с помощью раствора гипохлорита натрия с борной кислотой, гипохлорита натрия с медным купоросом и их комбинаций представлены в таблице. Зеленым цветом в таблице отмечены ячейки, обеспечивающие достижение приемлемого уровня pH в ходе его корректировки.

Таблица – Изменение pH раствора гипохлорита натрия в зависимости от количества добавляемых реагентов

№ п/п	Масса борной кислоты H_3BO_3	pH	Масса медного купороса $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$	pH	Масса комбинированной смеси $H_3BO_3 + CuSO_4 \cdot 5 H_2O$, г	pH
1	0,000	8,500	0,000	8,500	0,000	8,500
2	0,100	8,290	0,100	8,100	0,100	8,230
3	0,200	8,160	0,050	7,990	0,200	8,060
4	0,300	8,070				
5	0,400	8,004	– // –		– // –	

Согласно требованиям санитарно-эпидемиологической безопасности и сохранения энергетического потенциала зерновых культур, проведём разбавление всех приготовленных растворов до концентрации по гипохлориту натрия в 50 мг/л. Далее осуществим разбавление водопроводной водой всех приготовленных растворов таким образом, чтобы исходная концентрация гипохлорита натрия не превышала 3,9 г/л (или 3900 мг/л), а предельно допустимая концентрация не превышала 50 мг/л. После корректировки pH выбранных

растворов до требуемого уровня были приготовлены антисептические растворы для протравливания отобранных зерновых культур. Протравливание осуществлялось путём прямой экспозиции в открытой керамической посуде, продолжительность которой составляла 2 часа с периодическим контролем. На рисунке 1 представлен общий вид экспозиции на 10-й минуте; следует отметить, что на протяжении всего опыта визуальных изменений в зерновом материале не наблюдалось.



Рис.1 – Экспозиция отобранных семян зерновых культур в растворах:

- I) водопроводная вода; II) гипохлорит натрия; III) гипохлорит натрия с борной кислотой; IV) гипохлорит натрия с медным купоросом; V) гипохлорит натрия со смесью борной кислоты и медного купороса

Fig.1 – Fig.1 – Exposure of selected grain seeds in solutions: I) tap water; II) sodium hypochlorite; III) sodium hypochlorite with boric acid; IV) sodium hypochlorite with copper sulfate; V) sodium hypochlorite with a mixture of boric acid and copper sulfate

После мокрого протравливания семян зерновых культур в растворах была произведена их классификация в продезинфицированные чашки Петри (Учебно-методическое пособие, Обработка семян сельскохозяйственных культур пестицидами против вредителей и болезней, Краснодар-2012 г.) на предварительно увлажненную фильтрованную бумагу таким образом, чтобы исключить касания семян друг с другом. Также в контрольные чашки были разложены необработанные семена. В каждую чашку Петри было разложено по 25 семян, массой $m_{\text{овса}} = 1,090$ г, $m_{\text{ячменя}} = 1,015$ г, $m_{\text{пшеницы}} = 1,00$ г. с добавлением 6 мл воды. Экспозиция чашек Петри осуществлялась в лабораторных условиях при $t = 22 \pm 3^\circ C$. Продолжительность экспозиции составила 192 часа, так как лабораторная всхожесть

пшеницы твердой определяется по ГОСТ 12038-84 на 8-й день. На рисунке 2 представлена экспозиция зерновых культур с использованием мокрого протравливания.

Как показал анализ результатов, представленных на рисунке 2, наилучший биоцидный эффект оказывают растворы с гипохлоритом № 2 (II), № 3 (III), № 4 (IV) на пшеницу (второй ряд Чашек Петри), что обеспечивает повышение энергии прорастания и всхожесть семян. Меньшее влияние проведённое мокрое протравливание оказало на овёс (третий ряд чашек Петри). Для определения энергии прорастания использовались методики, изложенные в ГОСТ 10968-88. Суть оценки энергии прорастания и всхожести состояла в подсчёте количества нормально проросших семян на восьмой день.

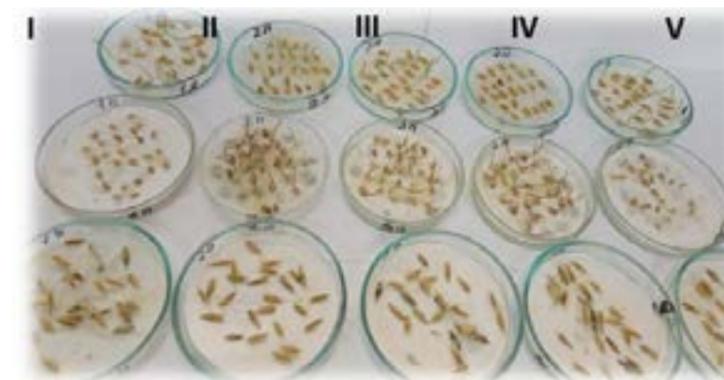


Рис. 2 – Внешний вид проросших семян через 8 дней
Fig. 2 – The appearance of sprouted seeds after 8 days

Результаты и их обсуждение

На рисунке 3 представлена графическая зависимость количества взошедших семян овса от продолжительности экспозиции и типа раствора.

Предварительно в чашку Петри было помещено 25 зёрен овса, продезинфицированных мокрым протравливанием пятью растворами.

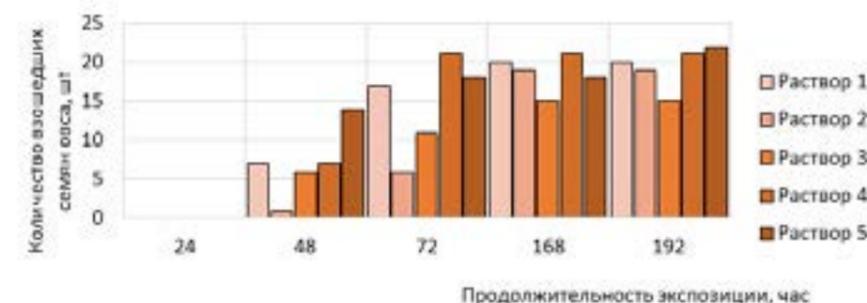


Рис. 3 – Результаты влияния типа раствора при протравливании на способность прорастания семян овса
Fig. 3 – The results of the effect of the type of solution during etching on the germination ability of oat seeds

Анализ результатов, представленных на рисунке 3, позволяет сделать вывод, что всходы семян овса наблюдаются, начиная с 48 часов экспозиции. При этом наибольшую эффективность показывает раствор 5. Растворы 1, 3 и 4 обеспечивают близкий результат. Наименьший эффект на данном временном интервале обеспечивается раствором 2. Контроль метрик экспозиции через 72 часа ранжирует растворы по эффективности

следующим образом: 4, 5, 1, 3, 2; через 168 часов ранжирование эффективности растворов выглядит так: 4, 1, 2, 5, 3 и через 192 часа: 5, 4, 1, 2, 3.

На рисунке 4 представлена графическая зависимость количества взошедших семян пшеницы от продолжительности экспозиции и типа раствора. Предварительно в чашку Петри было помещено 25 зёрен пшеницы, продезинфицированных мокрым протравливанием пятью растворами.

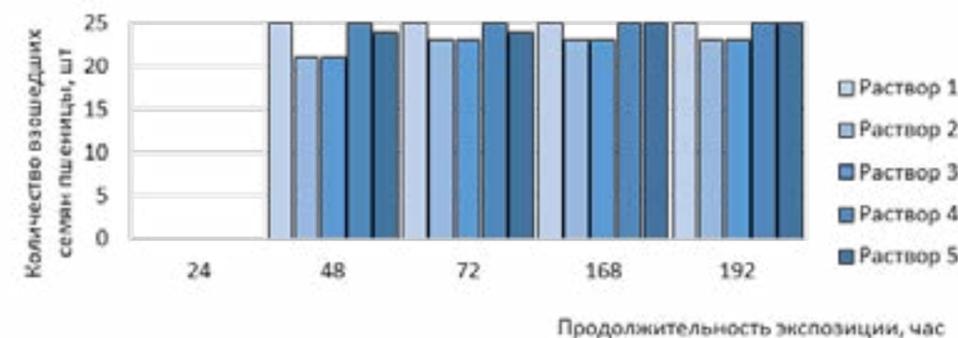


Рис. 4 – Результаты влияния типа раствора при протравливании на способность прорастания семян пшеницы
Fig. 4 – The results of the effect of the type of solution during etching on the germination ability of wheat seeds

Анализ результатов, представленных на рисунке 4, позволяет сделать вывод, что всходы семян пшеницы наблюдаются, начиная с 48 часов экспозиции. При этом наибольшую эффективность показывают растворы 1 и 4. Раствор 5 обеспечивает близкий результат. Наименьший эффект на данном временном интервале обеспечивается растворами 2, 3. Контроль метрик экспозиции через 72 часа ранжирует растворы по эффективности

следующим образом: 4, 1, 5, 3, 2; через 168 часов ранжирование эффективности растворов выглядит так: 4, 1, 5, 2, 3 и через 192 часа: 5, 4, 1, 2, 3.

На рисунке 5 представлена графическая зависимость количества взошедших семян ячменя от продолжительности экспозиции и типа раствора. Предварительно в чашку Петри было помещено 25 зёрен ячменя, продезинфицированных мокрым протравливанием пятью растворами.

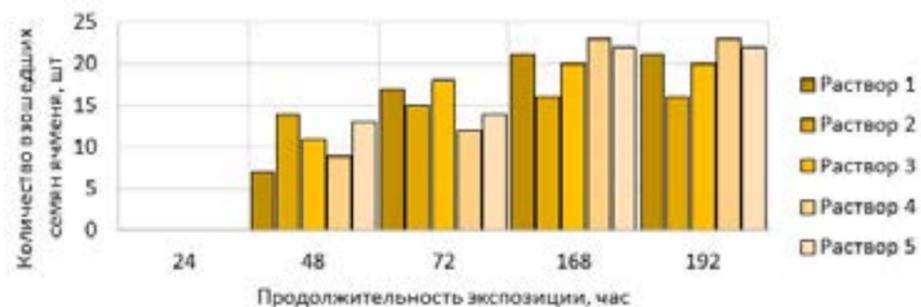


Рис. 5 – Результаты влияния типа раствора при протравливании на способность прорастания семян ячменя

Fig. 5 – The results of the effect of the type of solution during etching on the germination ability of barley seeds

Анализ результатов, представленных на рисунке 5, позволяет сделать вывод, что всходы семян ячменя наблюдаются, начиная также с 48 часов экспозиции. При этом наибольшую эффективность показывает раствор 2. Растворы 3 и 5 обеспечивают близкий результат. Наименьший эффект на данном временном интервале обеспечивается растворами 1 и 4. Контроль метрик экспозиции через 72 часа ранжирует растворы по

эффективности следующим образом: 3, 1, 2, 5, 4; через 168 часов ранжирование эффективности растворов выглядит так: 4, 5, 1, 3, 2 и через 192 часа: 4, 5, 1, 3, 2.

На рисунке 6 представлена графическая зависимость среднеарифметических значений выделенной энергии прорастания и всхожести зерновых культур в зависимости от типа раствора, используемого при протравливании.

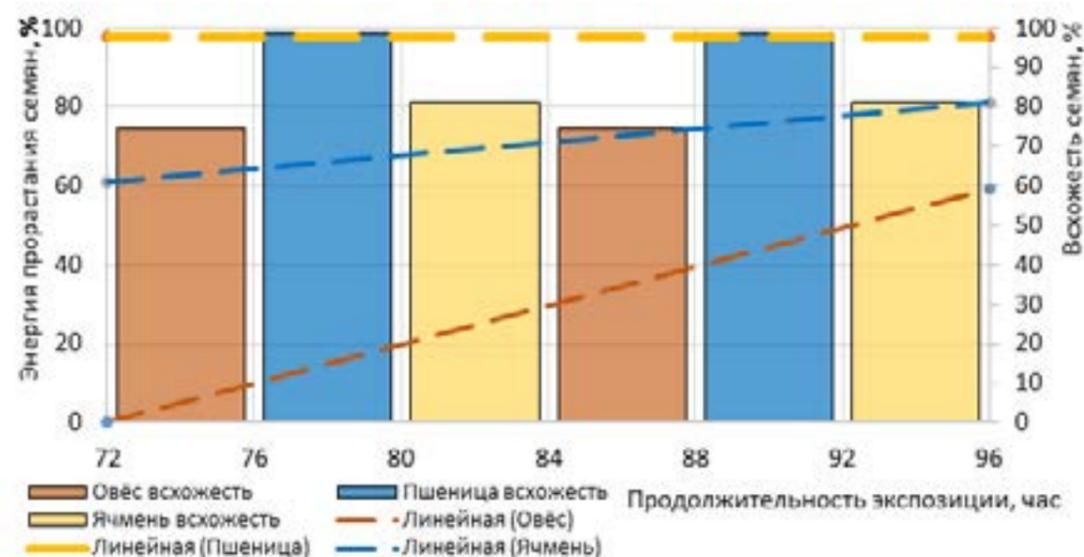


Рис. 6 – Среднеарифметические значения выделенной энергии и всхожести зерновых культур в зависимости от типа протравливаемого раствора

Fig. 6 – Arithmetic mean values of the released energy and germination of grain crops, depending on the type of etched solution

Анализ результатов, представленных на рисунке 6, показал, что среднеарифметические тренды энергии прорастания зерновых культур и их всхожести имеют положительную линейную форму, однако для оценки достоверности данного тезиса было принято решение о проведении серии экспериментов по высаживанию данного семенного материала в грунт с последующим поливом. Высаживание протравленных семян (по 20 штук для

каждой культуры) в предварительно подготовленный грунт осуществлялось в специальную тару, которая хранилась в помещении при постоянной температуре 24° С с естественным освещением. На рисунке 7 представлены всходы семян овса, пшеницы и ячменя. Каждый тип тары представленный на рисунке 7, имеет по три ряда всходов: овёс, пшеница, ячмень.



Рис. 7 – Всходы семян овса, пшеницы и ячменя

1 – водопроводная вода, 2 – гипохлорит натрия, 3 – гипохлорит натрия с борной кислотой, 4 – гипохлорит натрия с медным купоросом, 5 – гипохлорит натрия со смесью борной кислоты и медного купороса

Fig. 7 – Seedlings of oat, wheat and barley seeds

1 – tap water, 2 – sodium hypochlorite, 3 – sodium hypochlorite with boric acid, 4 – sodium hypochlorite with copper sulfate, 5 – sodium hypochlorite with a mixture of boric acid and copper sulfate

Анализ результатов всходов на рис. 7 позволил сделать вывод, что зерно, обработанное гипохлоритом натрия, лучше растет (№ 2), % всхожести больше, чем № 1 – водопроводная вода и № 3 – гипохлорит натрия с борной кислотой, а добавление в гипохлорит натрия медного купороса или медного купороса дают еще большей % всхожести и быстроту роста (№ 4, № 5).

Обобщив результаты проведенных экспериментальных исследований, установили, что зёрна пшеницы и ячменя, обработанные растворами с гипохлоритом натрия и добавками, обеспечивают интенсивность энергии прорастания и всхожести, а чистый гипохлорит натрия снижает энергию и всхожесть, но улучшает микробиологические показатели зерна. Исходя из этого, в каждом конкретном случае необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на определение рациональных концентраций гипохлорита натрия, обеспечивающих требуемые показатели микробиологических показателей зерна при сохранении их биогенных свойств.

Заключение

На основании проведенных исследований можно представить следующие рекомендации для мокрого протравливания зернового материала в условиях компании ООО НПП «ЭКОФЕС». Наибольшая всхожесть зёрен ячменя получена при его протравливании. Для ячменя хорошие результаты показан раствором гипохлорита на-

трия с медным купоросом, близкий результат обеспечивает и протравливание ячменя раствором гипохлорита натрия со смесью борной кислоты и медного купороса. Наибольшая всхожесть пшеницы наблюдается при протравливании растворами водопроводной водой и гипохлорита натрия с медным купоросом, схожий эффект наблюдается при использовании гипохлорита натрия со смесью борной кислоты и медного купороса. Расхождение эффективности между данными растворами составляет не более 3,5-5,0 %. Наиболее предпочтительный эффект мокрого протравливания при оценке всхожести овса обеспечивается применением растворов гипохлорита натрия с медным купоросом, а также раствором гипохлорита натрия со смесью борной кислоты и медного купороса. Следует отметить, что для уточнения и масштабирования полученных результатов необходимо проведение дополнительных исследований, учитывающих прочие специфические факторы. Развитием полученных результатов является цифровизация данных зависимостей с целью интеллектуализации принятия решений относительно выбора типа раствора, продолжительности экспозиции и концентрации, что и будет являться одним из следующих этапов исследования.

Список источников

1. Наумова, О. В. Особенности использования гипохлорита натрия в сельском хозяйстве. Технология приготовления раствора в малогабаритном мобильном устройстве / О. В. Наумова, М.



В. Карпов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 9. – С. 120-127.

2. Mohsen Akbari, Mohammad akbari, Davood Akbari and NourallSajedi. Influence of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) variety Tarom. Department of Agronomy and Plant Breeding Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. 2011. № 13. Pp. 11 – 15.

3. Кадорина В. Ф., Васильева О. М., Стрепков Н. В. Средства химизации и защиты растений позволили увеличить урожайность пшеницы в полтора раза / В.Ф. Кадорина, О.М. Васильева, Н.В. Стрепков // Защита и карантин растений. – 2010. – № 8. С. 24–25.

4. Тетерина О.А. Обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов: специальность «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тетерина Ольга Анатольевна; Рязанский государственный агрологический университет имени П.А. Костычева. – Рязань, 2019 – 138 с.

5. Perez-Villalba, Dario and Nunez-Leon, Anthony, Synergistic Effect and Dissolution Capacity of Sodium Hypochlorite Alone and in Combination with Boric Acid: // An in Vitro Study. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4590292> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4590292>

6. Патент на полезную модель № 11636, Жидкое концентрированное борно-медное удобрение с биологически активными веществами / Муковозчик В.А., Гук Л.Н., Тихонович З.Н., Титова С.А., Сафронская Г.М., Рак М.В., Барашкова Е.Н. - а 20070777, заявлено 22.06.2007, опубл. 28.02.2009. – 5 с. URL: <https://bypatents.com/5-11636-zhidkoe-koncentrirovannoe-borno-mednoe-udobrenie-s-biologicheskimi-aktivnymi-veshchestvami.html#text>

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Naumova, O. V. Osobennosti ispol'zovaniya gipohlorita natriya v sel'skom hozyajstve. Tekhnologiya prigotovleniya rastvora v malogabaritnom mobil'nom ustrojstve / O. V. Naumova, M. V. Karpov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2023. – № 9. – С. 120-127.

2. Mohsen Akbari, Mohammad akbari, Davood Akbari and NourallSajedi. Influence of sodium hypochlorite on seed germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) variety Tarom. Department of Agronomy and Plant Breeding Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. 2011. № 13. Pp. 11 – 15.

3. Kadorina V. F., Vasil'eva O. M., Strepkov N. V. Sredstva himizacii i zashchity rastenij pozvolili uvelichit' urozhajnost' pshenicy v poltora raza / V.F. Kadorina, O.M. Vasil'eva, N.V. Strepkov // Zashchita i karantin rastenij. – 2010. – № 8. С. 24–25.

4. Teterina O.A. Obosnovanie parametrov ustrojstva predposevnoj obrabotki semyan goryachim tumanom gumatov: special'nost' «Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva»: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Teterina Ol'ga Anatol'evna; Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva. –Ryazan', 2019 – 138 s.

5. Perez-Villalba, Dario and Nunez-Leon, Anthony, Synergistic Effect and Dissolution Capacity of Sodium Hypochlorite Alone and in Combination with Boric Acid: //An in Vitro Study. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4590292> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4590292>

6. Patent na poleznuyu model' № 11636, Zhidkoe koncentrirovannoe borno-mednoe udobrenie s biologicheskimi aktivnymi veshchestvami / Mukovozchik V.A., Guk L.N., Tihonovich Z.N., Titova S.A., Safronskaya G.M., Rak M.V., Barashkova E.N. - а 20070777, zayavleno 22.06.2007, opubl. 28.02.2009. – 5

11636-zhidkoe-koncentrirovannoe-borno-mednoe-udobrenie-s-biologicheskimi-aktivnymi-veshchestvami.html#text

7. Галушина, П. С. Технология протравливания семян зерновых культур / П. С. Галушина, Я. С. Павлова, С. М. Шокин // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 63-2. – С. 50-54.

8. Протравливание семян - важный этап защиты / В. Ю. Чурилина, М. А. Габдулов, Л. В. Латникова, К. С. Березовская // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 3(15). – С. 188-191.

9. Игонин, А. С. Результаты исследования протравливания семян / А. С. Игонин // Вестник науки. – 2022. – Т. 3, № 6(51). – С. 312-316.

10. Буга С. Ф., Жуковский А. Г. Тактика применения протравителей семян озимых культур в Белорусии // Научн Защита и карантин растений. – 2009. – № 8. – С. 22–25.

11. Васильев, А. А. Варианты обеззараживания зерна в линиях послеуборочной обработки / А. А. Васильев, В. Р. Краусп // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. – № 3(7). – С. 73-78.

12. Власенко, Н. Г. Комплексная защита сортов яровой пшеницы от вредителей и болезней / Н. Г. Власенко, А. А. Слободчиков, С. И. Аносов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – С. 24-26.

13. Садохина, Т. П. Химическая защита ярового ячменя / Т. П. Садохина // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 30-32.

14. Койшибаев, М. Протравливание семян - важное профилактическое мероприятие / М. Койшибаев // Защита и карантин растений. – 2008. – № 2. – С. 33-35.



c. URL: <https://bypatents.com/5-11636-zhidkoe-koncentrirovannoe-borno-mednoe-udobrenie-s-biologicheskimi-aktivnymi-veshchestvami.html#text>

7. Galushina, P. S. Tekhnologiya protravlivaniya semyan zernovykh kul'tur / P. S. Galushina, Ya. S. Pavlova, S. M. Shokin // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2020. – № 63-2. – С. 50-54.

8. Protravlivanie semyan - vazhnyj etap zashchity / V. Yu. Churilina, M. A. Gabdulov, L. V. Latnikova, K. S. Berезovskaya // Vestnik APK Stavropol'ya. – 2014. – № 3(15). – С. 188-191.

9. Igonin, A. S. Rezul'taty issledovaniya protravlivaniya semyan / A. S. Igonin // Vestnik nauki. – 2022. – Т. 3, № 6(51). – С. 312-316.

10. Buga S. F., Zhukovskij A. G. Taktika primeneniya protravitelej semyan ozimyh kul'tur v Belorusii // Nauchn Zashchita i karantin rastenij. – 2009. – № 8. – С. 22–25.

11. Vasil'ev, A. A. Varianty obezrazhivaniya zerna v liniyah posleuborochnoj obrabotki / A. A. Vasil'ev, V. R. Krausp // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. – 2012. – № 3(7). – С. 73-78.

12. Vlasenko, N. G. Kompleksnaya zashchita sortov yarovoj pshenicy ot vreditelej i boleznej / N. G. Vlasenko, A. A. Sloboдchikov, S. I. Anosov // Zashchita i karantin rastenij. – 2011. – № 5. – С. 24-26.

13. Sadohina, T. P. Himicheskaya zashchita yarovogo yachmenya / T. P. Sadohina // Zashchita i karantin rastenij. – 2011. – № 4. – С. 30-32.

14. Kojshibaev, M. Protravlivanie semyan - vazhnoe profilakticheskoe meropriyatие / M. Kojshibaev // Zashchita i karantin rastenij. – 2008. – № 2. – С. 33-35.

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

Онкаев Адик Викторович, аспирант кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет», onkaev.adik08@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «РГАТУ имени П.А. Костычева», limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агрологический 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 агрологический университет имени П.А. Костычева», ivan.uspensckij@yandex.ru

Пчельников Игорь Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Водное хозяйство, инженерные сети и защита окружающей среды», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет», pchelnikov.igor@mail.ru

Author information

Onkaev Adik V., PhD student, Department of Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection, South Russian State Polytechnic University, onkaev.adik08@yandex.ru

Limarenko Nikolay V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Instrumentation and Biomedical Engineering, Don State Technical University, Professor of the Department of Technical Operation of Transport, P.A. Kostychev Russian State Technical University, limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, ivan.uspensckij@yandex.ru

Pchelnikov Igor V., Candidate of Sciences, Associate Professor of the Department of Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection, South Russian State Polytechnic University, pchelnikov.igor@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.04.2024, одобрена после рецензирования 29.05.2024, принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted to the editorial office 24.04.2024, approved after review 29.05.2024, accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, № 2, с. 58-67
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 2, pp. 58-67

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 648.61+579.66
DOI: 10.36508/RSATU.2024.71.96.008

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПРИ ИХ НАНЕСЕНИИ НА ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ С ПОМОЩЬЮ МОЙКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ОБОРУДОВАННОЙ ПЕНОКОМПЛЕКТОМ

Эльман Олегович Сайтханов¹, Владимир Григорьевич Семенов², Иван Павлович Горохов³, Виктор Борисович Шемякин⁴

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

² ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», г. Чебоксары, Россия

¹ elmanrzn@gmail.com

² semenov_v.g@list.ru

³ el_vanushko@mail.ru

⁴ csgovita@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Проблема данного исследования берет за основу необходимость тщательного изучения современных средств и способов дезинфекции, используемых в животноводстве. Объекты ветеринарного надзора разнообразны, в связи с чем, присутствует широкое разнообразие в необходимых подходах к ветеринарно-санитарным работам, что необходимо изучать. Цель данного исследования заключалась в сравнительной оценке эффективности обработки полов и стен коровника с помощью пенокомплекта для мойки высокого давления с применением в качестве активного компонента современных дезинфектантов.

Методология. Исследования были выполнены в научном центре лабораторных исследований Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. В качестве объектов исследований мы использовали дезинфицирующие средства «Оптимакс», «Део-бактер», «Вирудез PRO», «ДЕО-ХЛОР® ЛЮКС», а также технологию нанесения дезинфицирующих средств на обрабатываемую поверхность с помощью мойки высокого давления, оборудованной пенокомплексом. Были изучены эффективность дезинфекции полов (деревянный настил) и стен (бетон) типового четырехрядного коровника с помощью мойки высокого давления с пенокомплексом. Изучены микробиологические показатели эффективности дезинфекции (общее микробное число (КМАФАнМ), рост гифальных (плесневых) грибов и дрожжей, рост колиформных бактерий (БГКП)). Эффективность дезинфицирующих средств оценена в минимальных концентрациях, рекомендуемых производителем для профилактического типа дезинфекции.

Результаты. В ходе исследования установлено, что мойка высокого давления с пенокомплексом позволяет наносить дезсредства более эффективно, за счет пенообразования, за исключением средства «ДЕО-ХЛОР® ЛЮКС». Установлено, что смывы с поверхности полов до дезинфекции содержат $198,0 \times 10^2$ КОЕ/см², а смывы с поверхности стен в среднем $98,8 \times 10^2$ КОЕ/см², что на 49,9 % ниже. На стенах фермы до дезинфекции отмечен рост плесневых грибов рода *Aspergillus*, на полах и стенах плесневые грибы рода *Aspergillus*, а также дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* (дрожжи хлебопекарные).

Ключевые слова: дезинфицирующее средство, мойка высокого давления, пенокомплекс, четвертичные аммонийные соединения, глутаровый альдегид, хлор, БГКП, плесень

Для цитирования: Сайтханов Э.О., Семенов В.Г., Горохов И.П., Шемякин В.Б. Оценка эффективности современных средств дезинфекции при их нанесении на обрабатываемую поверхность с



помощью пенокомплекта для мойки высокого давления оборудованной пенокомплексом // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2, С. 58-67 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.71.96.008>

Original article

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF MODERN DISINFECTANTS WHEN APPLIED TO THE TREATED SURFACE USING A HIGH-PRESSURE WASHER EQUIPPED WITH A FOAM KIT

Elman O. Saitkhanov¹, Vladimir G. Semenov², Ivan P. Gorokhov³, Viktor B. Shemyakin⁴

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

² Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

¹ elmanrzn@gmail.com

² semenov_v.g@list.ru

³ el_vanushko@mail.ru

⁴ csgovita@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. The problem of this study is based on the need for a thorough study of modern disinfection products and methods used in animal husbandry. The objects of veterinary supervision are diverse, and therefore, there is a wide variety in the necessary approaches to veterinary and sanitary work, which needs to be studied. The purpose of this study was to compare the effectiveness of the treatment of floors and walls of the barn using a foam set for high-pressure washing with the use of modern disinfectants as an active component.

Methodology. The research was carried out at the Scientific laboratory Research Center of the Ryazan Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. As objects of research, we used disinfectants "Optimax", "Deo-bakter", "Virudez PRO", "DEO-CHLORINE® LUX", as well as the technology of applying disinfectants to the treated surface using a high-pressure washer equipped with a foam kit. The effectiveness of disinfection of floors (wooden flooring) and walls (concrete) of a typical four-row cowshed using a high-pressure washer with a foam kit was studied. Microbiological indicators of disinfection efficiency were studied (total microbial number (CMAFAnM), growth of hyphal (mold) fungi and yeast, growth of coliform bacteria (BGCP). The effectiveness of disinfectants has been evaluated in the minimum concentrations recommended by the manufacturer for the preventive type of disinfection.

Results. During the study, it was found that a high-pressure washer with a foam kit allows you to apply disinfectants more effectively, due to foaming, with the exception of DEO-CHLORINE® LUX. It was found that flushes from the floor surface before disinfection contain 198.0×10^2 CFU/cm², and flushes from the wall surface on average 98.8×10^2 CFU/cm², which is 49.9% lower. The growth of mold fungi of the genus *Aspergillus* was noted on the walls of the farm before disinfection, mold fungi of the genus *Aspergillus*, as well as yeast *Saccharomyces cerevisiae* (baking yeast) on the floors and walls.

Keywords: disinfectant, high-pressure washer, foam kit, quaternary ammonium compounds, glutaraldehyde, chlorine, BGCP, mold

For citation: Saitkhanov E.O., Semenov V.G., Gorokhov I.P., Shemyakin V.B. Evaluation of the effectiveness of modern disinfectants when applied to the treated surface using a high-pressure washer equipped with a foam kit // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 2, P.58-67 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.71.96.008>

Введение

На сегодняшний день среди средств механизации дезинфекционных работ существует множество приспособлений, которые созданы для того, чтобы повысить эффективность нанесения дезинфектантов и при этом снизить нагрузку на оператора, сократить время проведения обработки. Современная классификация механических средств дезинфекции включает мобильные средства на базе грузовых автомобилей или прицепов для легковых автомобилей, портативные дезинфекционные установки для ручного перемещения, ранцевые опрыскиватели (помпы), генераторы тумана (холодного, горячего) [3]. Выбор того или иного средства механизации зависит от стоимости

оборудования, планируемой площади обработки, частоты использования и ряда других факторов.

По принципу действия все дезинфекционные установки можно разделить на пневматические, центробежные и ультразвуковые аэрозольные генераторы, а также комбинированные приборы. Принцип действия всех установок отличается не только по механизму образования аэрозоля, но и по его физико-механическим свойствам, и, соответственно, область применения и основные цели, как правило, отличаются [3,4].

Пневматический метод создает низкодисперсную аэрозоль (размер частиц более 50 мкм), которая имеет больший расход при нанесении, быстрее оседает на горизонтальные поверхности,



сокращая до минимума время взаимодействия с воздухом и вертикальными поверхностями. Однако такие установки дешевле, что в целом компенсирует итоговую себестоимость работ, но нельзя забывать об эффективности.

Центробежные и ультразвуковые генераторы тумана создают высокодисперсную аэрозоль с размером частиц 5-50 мкм, что позволяет дезинфицирующему средству более эффективно взаимодействовать с воздухом, вертикальными поверхностями, а также влияет на проникающую способность дезинфектанта при обработке труднодоступных мест [10]. Это оборудование более дорогое, но обладает более экономичным режимом расходования активного компонента, что, безусловно, важно в том числе и с точки зрения экологической составляющей.

Существует также способ дезинфекции пенной. Существует много работ, посвященных изучению эффективности данного метода при дезинфекции объектов ветеринарного надзора [4, 5, 9, 12]. Для пенной дезинфекции используют пеногенераторы различных конструкций и пенообразователи, позволяющие создавать пену высокой кратности (1:30-1:60). Дезинфицирующая пена, на наш взгляд, имеет ряд преимуществ в сравнении с аэрозолями при дезинфекции контактных поверхностей животноводческих помещений (оборудование, полы, стены, потолок). Во-первых, за счет высокой кратности увеличивается суммарная площадь активной субстанции, что обеспечивает более экономичный расход. Во-вторых, за счет стойкости пены повышается длительность контакта дезинфектанта с обрабатываемой поверхностью. Это свойство особенно важно, когда идет речь о дезинфекции поверхности потолка и стен, в связи с тем, что при нанесении аэрозолей, даже в высокодисперсной форме, они либо недостаточно активно оседают (потолок), либо активно стекают, в результате длительность контакта сокращается, что, по нашему мнению, может оказать негативное влияние на эффективность дезинфекции [1].

Среди большого разнообразия химических средств дезинфекции, средств механизации, изыскание средств и способов дезинфекции в присутствии животных [2, 6, 7, 8], средств, обладающих сравнительно высокой эффективностью и удобством применения при относительно невысокой стоимости, является актуальным и важным вопросом. В доступной литературе мы не встретили данных по оценке эффективности дезинфекции объектов ветеринарного надзора с помощью пенокомплекта для моек высокого давления, которые часто используются при гигиенической обработке животноводческих помещений, что и послужило поводом для разработки темы.

Цель наших исследований заключалась в сравнительной оценке эффективности обработки полов и стен коровника с помощью пенокомплекта для мойки высокого давления с применением в качестве активного компонента современных дезинфектантов. В соответствии с поставленной целью необходимо было решить ряд задач: 1) оценить

эффективность пенообразования при нанесении объектов исследования при помощи мойки высокого давления с пенокомплексом; 2) определить эффективность дезинфекции по показателям роста санитарно-показательной микрофлоры.

Материалы и методы исследования

Исследования были проведены в условиях животноводческого хозяйства ООО «Заря» Рязанского района Рязанской области в помещении типового четырехрядного коровника для привязного содержания общей вместимостью до 400 голов в период с 10.04.2024 г. по 10.05.2024 г. Исследования проводились при отсутствии животных в связи с тем, что изучаемые химические средства дезинфекции не предназначены для проведения работ в присутствии животных.

Перед проведением исследований (за 12 часов) в помещении коровника было проведено механическое удаление загрязнений, мойка поверхностей полов, стен и оборудования без применения моющего средства струей воды под давлением с помощью мойки Sterwins 110C. Перед дезинфекцией была проведена оценка параметров микроклимата (контроль температуры и влажности воздуха) при помощи термогигрометра ТН-30 (серийный номер: SN23040444). Измерения проводили в трех точках на высоте 1 метра от пола – в центре помещения, а также в противоположных углах помещения по диагонали.

Для нанесения дезсредства использовали пенокомплекс для мойки высокого давления с регулировкой ширины нанесения химического средства. Дополнительных пенообразующих компонентов не использовали, вспенивание средств осуществлялось за счет пенной «таблетки» устройства и содержащихся в составе дезинфицирующих средств, включенных в выборку.

В качестве объектов исследования, в сочетании с технологией нанесения, были определены два дезинфицирующих средства на основе четвертичных аммонийных соединений (ЧАС) («Оптимакс», производитель ООО «ИНТЕРСЭН-плюс», Россия; «Део-бактер», производитель ООО «ДЕО», Россия), одно средство на основе ЧАС и глутарового альдегида («Вирудез PRO», производитель ООО «Дезнаб-Трейд») и одно средство на основе хлора («ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС», производитель ООО «ДЕО») Испытание дезинфицирующих средств проводили в минимальных профилактических концентрациях согласно данным из официальной инструкции производителя. Для средства «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС» была взята концентрация 0,0075 % (по активному хлору), для средств «Део-бактер», «Оптимакс» и «Вирудез PRO» – 0,5 %.

Дозирование дезинфицирующих средств проводили путем внесения рабочего (маточного) раствора с учетом расхода химического средства пенокомплексом, который в нашем случае, с учетом технических характеристик мойки высокого давления, составил 1:20.

Для расчета была определена суммарная площадь обрабатываемой поверхности, которая составила 75 м² (50 м² поверхности стойл и



25 м² стены). Для орошения данной площади потребовалось 7,5 минут, что соответствовало 22,5 литрам расходуемой воды; это предварительно было установлено расчетным методом.

С учетом этих данных на 75 м² в емкость пенокомплекта объемом 1 литр мы помещали 2,25 таблетки «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС» и 1000 мл воды (предварительно растворяли в течение 20 минут); по 23 мл и 977 мл воды для средств «Део-бактер», «Оптимакс» и «Вирудез PRO».

Для оценки эффективности технологии дезинфекции с использованием мойки высокого давления, оснащенной пенокомплексом по показателю бактерицидной активности в отношении санитарно-показательной микрофлоры были проведены бактериологические исследования с использованием отечественных тест-систем «Петритест™» (производитель НПО «Альтернатива»).

Для оценки микробной обсемененности воздуха использовали седиментационный метод с последующим расчетом по формуле Омелянского:

$$X = \frac{a \times 100 \times 1000 \times 5}{b \times 10 \times T}$$

где X – количество микроорганизмов в 1 м³ воздуха (КОЭ);

a – количество колоний, выросших на МПА «Петритест™»;

b – площадь чашки «Петритест™» (19,6 см²);

T – время, в течение которого осуществлялся посев на питательную среду (минут);

5 – время экспозиции по правилу Омелянского (минут);

10 – объем воздуха в литрах (по правилу Омелянского);

1000 – пересчет на 1 м³ воздуха;

100 – пересчет на стандартную площадь питательной среды в классической чашке Петри.

Таблица 1 – Показатели микроклимата (температура и относительная влажность) внутри коровника и снаружи

Месяц	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %		
	Снаружи	Внутри	Норма ¹	Снаружи	Внутри	Норма ¹
Апрель	13,2	14,6	3-15	76,5	78,3	40-75
Май	5,3	10,2		68,4	72,4	

Примечание: ¹ – Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота РД-АПК 1.10.01.01-18

При оценке эффективности вспенивания (пенообразования) установлено, что при использовании мойки высокого давления с пенокомплексом для нанесения дезинфицирующих средств, содержащих в своем составе поверхностно-активные вещества, пена образовывалась у средств «Оптимакс» 0,5 % раствор), «Део-бактер» (0,5 % раствор) и «Вирудез PRO» (0,5 % раствор). Количество пены было небольшим, пена была нестойкая, на поверхности стены не удерживалась (рис. 1).

Для оценки микробной обсемененности обрабатываемых поверхностей брали смывы с использованием стерильных ватных тампонов, предварительно увлажненных в 1 см³ стерильного физиологического раствора.

В последующем осуществляли посев 0,2 см³ на питательные среды для анализа на общее микробное число (ОМЧ или КМАФАнМ), анализа на гифальные (плесневые) и дрожжевые грибы (далее – «грибы и дрожжи»). Для анализа на кишечную палочку и колиформные бактерии (БГКП) осуществляли посев 1,0 см³ на сухую хромогенную среду для обнаружения и идентификации колиформных (колиформных) бактерий, в т.ч. Escherichia coli (БГКП) «Петритест®».

Бактериологический контроль осуществляли дважды – до дезинфекции (фоновый контроль) и после дезинфекции (с учетом рекомендуемого времени экспозиции: 30 минут для средства «Оптимакс» и «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС», 15 минут для средства «Део-бактер», и 60 минут для «Вирудез PRO»).

Смывы для количественной оценки брали в трехкратной повторности (n=3). Для оценки степени достоверности полученных данных в сравнительном аспекте использовали уровень значимости p=0,001, p=0,01, p=0,05. В связи с малым объемом данных в выборке (n=3) использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Расчеты проводили в Microsoft Excel 2016 (расширение AtteStat, версия 12.5; Biostat (версия 7)).

Результаты исследований и их обсуждение

В результате анализа параметров микроклимата было установлено, что по показателю температуры и влажности отклонений от нормативных гигиенических показателей для данного типа животноводческих помещений не установлено. Средняя температура и влажность представлены в таблице 1.

Несмотря на то, что пена была нестойкой, использование пенокомплекта имеет ряд преимуществ. Во-первых, с помощью насадки-пенообразователя можно осуществлять дозирование дезсредства, во-вторых, наличие вспенивания позволяет контролировать эффективность нанесения.

При нанесении средства «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС» при помощи мойки высокого давления с пенокомплексом добиться образования пены не удалось.

Для оценки эффективности технологии нанесения дезинфицирующих средств мы проводили бактериологические исследования с помощью

тест-систем «Петритест™» (производитель НПО «Альтернатива»).



Рис. 1 – Эффективность пенообразования: А – «Оптимакс»; Б – «Део-бактер»; В – «Вирудез ПРО»; Г – «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС»
 Fig. 1 – Foaming efficiency: A – "Optimax"; B - "Deo-bakter"; V - "Virudez PRO"; G - "DEO-CHLORO ® LUX"

Показатели роста микроорганизмов отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная оценка количества микроорганизмов в смывах с пола и стен, КОЭ/см² (n=3; M±SD)

Наименование показателя	Количество до дезинфекции, *10 ²		Количество после дезинфекции, *10 ²		Наименование объекта исследований
	Деревянный пол	Стена	Деревянный пол	Стена	
КМАФАНМ	200±18	65±16 ³	5±3	3±2	«Оптимакс»
	180±24	54±21 ¹	14±4	6±4	«Део-бактер»
	256±23	160±18 ¹	22±7	4±2	«Вирудез ПРО»
	156±8	116±16 ¹	18±3	5±4	«ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС»
БГКП	160±16	80±7 ¹	-	-	«Оптимакс»
	143±22	108±17 ¹	-	-	«Део-бактер»
	194±11	65±12 ²	-	-	«Вирудез ПРО»
	120±18	86±14 ¹	-	-	«ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС»
Дрожжи/грибы	35±6	12±4 ¹	4±2	2±4	«Оптимакс»
	64±11	20±16 ¹	8±4	3±2	«Део-бактер»
	116±21	54±5 ¹	-	-	«Вирудез ПРО»
	103±8	34±7 ¹	-	-	«ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС»

Примечание: ¹ – p<0,05 по сравнению с количеством на полу
² – p<0,01 по сравнению с количеством на полу
³ – p<0,001 по сравнению с количеством на полу

Как показали результаты микробиологической оценки (оценка роста на питательной среде «Петритест™» – анализ на общее микробное число), в среднем количество бактерий на поверхности пола было на уровне 198,0 КОЕ/см², что на 49,9 % выше, чем на поверхности стены. Это закономерно и связано с общим количеством биологического загрязнения данных поверхностей. Прямая зависимость количества бактерий, в особенности бактерий группы кишечной палоч-

ки, на поверхностях с большим количеством загрязнений, в том числе фекалиями, а также поверхностях с наличием подстилки, которая также является хорошим субстратом для поддержания микробной обсемененности, описана как в отечественных работах, так и у зарубежных коллег [14]. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции с помощью мойки высокого давления, оборудованной пенокомплексом, показал, что все объекты исследования обладают высокой эффек-

тивностью в отношении санитарно-показательной микрофлоры; это видно по отсутствию роста бактерий группы кишечной палочки в смывах после дезинфекции, отобранных как с поверхности пола, так и с поверхности стены.

Отмечено, что дезинфекционные средства «Вирудез ПРО» и «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС» в концентрациях 0,5 и 0,0075 %, соответственно, показали большую эффективность, так как после дезинфекции рост на питательной среде для грибов и дрожжей («Петритест™» – анализ на грибы (плесени) и дрожжи) отсутствовал.

Количество колоний грибов и дрожжей после дезинфекции средствами «Оптимакс» и «ДЕО-ХЛОП® ЛЮКС» не имело статистической разницы и составило в среднем 2,5*10² КОЕ/см².

Оценка общего микробного числа (ОМЧ) после дезинфекции показала незначительный рост во всех образцах. Статистической разницы между объектами исследований также получено не было. Среднее ОМЧ составило 4,5*10² КОЕ/см².

При проведении посева на тест-подложки для качественной идентификации колиформных бактерий нами было установлено, что во всех образцах со стен, полученных до дезинфекции, были обнаружены колонии кишечной палочки (*Escherichia coli*), что наглядно представлено на рисунке 2.



Рис. 2 – Визуализация колиформ с помощью сухой хромогенной среды для обнаружения и идентификации колиформных (колиморфных) бактерий в т.ч. *Escherichia coli* (БГКП) «Петритест®»

Fig. 2 – Visualization of coliforms using dry chromogenic medium for detection and identification of coliform (colimorphic) bacteria, including *Escherichia coli* (BHCP) Petritest®

При проведении бактериоскопии мазков, полученных из колоний темно-синего цвета, выросших на данной питательной среде, были обнаружены грамотрепетательные палочки, мелкие, с закругленными концами, располагающиеся в мазке

без какой-либо закономерности (беспорядочно), что соответствует описанию *Escherichia coli* (рис. 3).

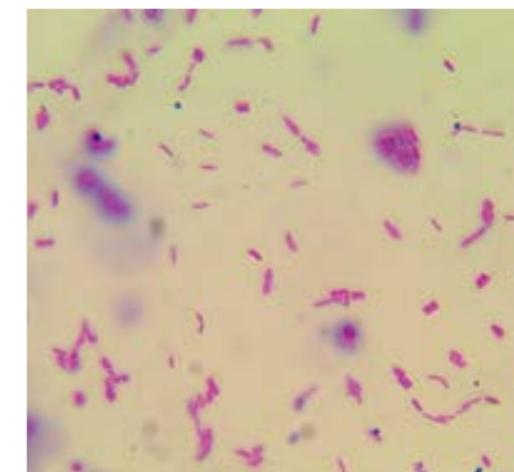


Рис. 3 – Микроскопия мазков, полученных из колоний темно-синего цвета, выросших на сухой хромогенной среде для обнаружения и идентификации колиформных (колиморфных) бактерий в т.ч. *Escherichia coli* (БГКП) «Петритест®» (ок. ×10 об. ×100), окраска по Граму.

Fig. 3 – Microscopy of smears obtained from dark blue colonies grown on a dry chromogenic medium for the detection and identification of coliform (colimorphic) bacteria, including *Escherichia coli* (BGKP) "Petritest®" (approx. ×10 vol. ×100), staining by gram.

В смывах с поверхности полов до проведения дезинфекции были при посеве на сухой хромогенной питательной среде для обнаружения и идентификации колиформных (колиморфных) бактерий в т.ч. *Escherichia coli* (БГКП) был также отмечен рост в основном колоний темно-синего цвета, что, как уже было отмечено выше, соответствует *Escherichia coli*. Кроме того, были обнаружены розоватые колонии, что указывает на наличие в смывах *Klebsiella pneumoniae*. Как известно, *Klebsiella pneumoniae* является возбудителем неспецифических инфекций дыхательных путей (бронхитов, пневмоний), маститов [11, 13]. Этот микроорганизм, по данным коллег, обнаруживается в смывах с доильного оборудования (после дойки и до промывки моюще-дезинфицирующими средствами), в стаканах для обработки сосков вымени в процессе их использования, смывах со стен доильной установки типа «карусель», а также в пробах воздуха в доильном зале [11, 13]. Кроме того, данный микроорганизм может быть обнаружен в молоке при различных формах мастита (в том числе при субклинической форме), в мазках из влагалища коров, носовой полости телят с признаками респираторного заболевания.

На рисунке 4 представлены колонии темно-синего (*Escherichia coli*) и розоватого (*Klebsiella pneumoniae*) цвета.



Рис. 4 – Микроскопия мазков, полученных из колоний темно-синего цвета, выросших на сухой хромогенной среде для обнаружения и идентификации колиформных (колиморфных) бактерий в т.ч. Escherichia coli (БГКП) «Петритест®» (ок. $\times 10$ об. $\times 100$)

Fig. 4 – Microscopy of smears obtained from dark blue colonies grown on dry chromogenic medium for detection and identification of coliform (colimorphic) bacteria, including Escherichia coli (BGCP) Petritest® (approx. $\times 10$ vol. $\times 100$), Gram stain

Мазки-отпечатки, выполненные из розоватых колоний, показали наличие эллипсоидных грамотрицательных бактерий, имеющих вид коротких толстых палочек с округленными концами. Расположены бактерии одиночно, в виде цепочек или парами, что согласуется с данными ученых-микробиологов, и указывает на соответствие цветовой идентификации, полученной при помощи сухой среды «Петритест®» (рис. 5) [11, 13].

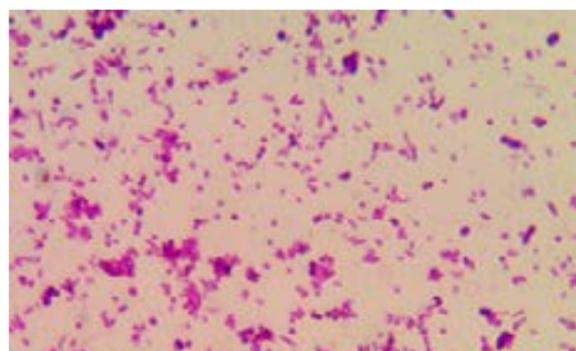


Рис. 5 – Микроскопия мазков, полученных из колоний темно-синего цвета, выросших на сухой хромогенной среде для обнаружения и идентификации колиформных (колиморфных) бактерий в т.ч. Escherichia coli (БГКП) «Петритест®» (ок. $\times 10$ об. $\times 100$), окраска по Граму

Fig. 5 – Microscopy of smears obtained from dark blue colonies grown on dry chromogenic medium for detection and identification of coliform (colimorphic) bacteria, including Escherichia coli (BGCP) Petritest® (approx. $\times 10$ vol. $\times 100$),

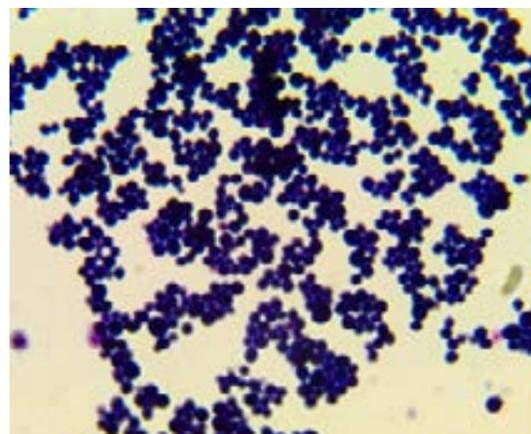
Gram stain

На питательной среде для выделения грибов и дрожжей до дезинфекции количество колоний на поверхности полов также было выше, чем на стенах на 37,7 % и составляло $79,5 \times 10^2$ КОЕ/см².

Микроскопия мазков, полученных из колоний белого цвета, показала наличие дрожжевидных клеток. Принимая во внимание методические материалы компании-разработчика тест-систем (НПО «Альтернатива»), а также исходя из морфологических особенностей макроскопической оценки колоний, и микроскопическом анализе мазка установлен вид дрожжей – Saccharomyces cerevisiae (дрожжи хлебопекарные) (рис. 6).



А



В

Рис. 6 – Внешний вид колоний (А) и микроскопия мазков (Б), полученных из колоний белого цвета, выросших на среде «Петритест®» (подложка) на определение грибов / дрожжей (ок. $\times 10$ об. $\times 100$), окраска по Граму

Fig. 6 – Appearance of colonies (A) and microscopy of smears (B) obtained from white colonies grown on Petritest® medium (substrate) for determination of fungi/yeast (approx. $\times 10$ vol. $\times 100$), Gram stain.

На некоторых тест-системах, посев на которые осуществляли из смыва со стены до дезинфекции, был отмечен рост колоний гифальных (плес-

невых) грибов с черными спорами, что характерно для плесневых грибов Aspergillus niger. Микроскопический анализ мазков, полученных из данных колоний, подтвердил наличие на стенах данного вида плесени (рис. 7)



Рис. 7 – Микроскопия мазков, полученных из колоний гифальных грибов с черными спорами, выросших на среде «Петритест®» (подложка) на определение грибов / дрожжей (ок. $\times 10$ об. $\times 40$), нативный препарат

Fig. 7 – Microscopy of smears obtained from colonies of hyphal fungi with black spores grown on Petritest® medium (substrate) for determination of fungi/yeast (approx. $\times 10$ vol. $\times 40$), native preparation

Важно отметить, что после дезинфекции, как в смывах со стен, так и в смывах с полов, отмечался рост только колоний дрожжей. Роста гифальных (плесневых) грибов после дезинфекции установлено не было.

Заключение

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Использование мойки высокого давления для поддержания надлежащего санитарно-гигиенического режима на животноводческой ферме оправдано. Исходя из полученных данных, можно смело утверждать, что данное оборудование универсально, и позволяет, при наличии пенокомплекта, проводить механическую очистку за счет мощной струи воды, мойку с использованием мощных средств и дезинфекцию с помощью химических средств различных групп.

2. Дезинфицирующие средства, в составе которых есть четвертичные аммонийные соединения или их комбинации с глутаровым альдегидом, в сочетании с поверхностно активными веществами при нанесении с помощью мойки высокого давления с пенокомплексом образуют пену в объеме, достаточном для хорошей индикации эффективности покрытия обрабатываемой поверхности.

3. Методика нанесения дезинфицирующих средств «Вирудез PRO» и «ДЕО-ХЛОР® ЛЮКС» при помощи мойки высокого давления эффективна, бактерицидное действие против вегетативных форм бактерий, а также грибов и дрожжей, выра-

женное.

4. Средства дезинфекции, содержащие в своем составе только четвертичные аммонийные соединения («Оптимакс» и «Део-бактер»), при их нанесении на обрабатываемые поверхности с помощью мойки высокого давления, оборудованной пенокомплексом, оказывают бактерицидное действие в отношении вегетативных форм бактерий, однако эффективность в отношении грибов не достаточна, количество колоний грибов и/или дрожжей в смывах с полов составила в среднем 6×10^2 КОЕ/см², в смывах со стен – $2,5 \times 10^2$ КОЕ/см².

Список источников

1. Оценка эффективности различных по составу дезинфицирующих средств / Берестина А.В., Бахвалов А.В. // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-razlichnyh-po-sostavu-dezinfitsiruyuschih-sredstv>

2. Дезинфекция помещений в присутствии теллят / Н. П. Тарабукина, М. П. Неустроев, Н. А. Оболева, А. Н. Максимова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49, № 5. – С. 88-93. – DOI 10.26898/0370-8799-2019-5-12. – EDN WORZVX.

3. Ильясова Зулейха Закуановна, Маннапова Рамзия Тимергалеевна Анализ эффективности дезинфекции объектов животноводства // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2016. №3 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-dezinfektsii-obektov-zhivotnovodstva>

4. Кипин, Е. Н. Ветеринарно-санитарная оценка и дезинфекция объектов мясоперерабатывающих предприятий бактерицидными пенами : специальность 06.02.05 "Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза" : диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Кипин Евгений Николаевич. – Москва, 2011. – 140 с. – EDN QFGGFL.

5. Крупальник, В. В. Применение препарата "Пемос-1" в форме пены для дезинфекции животноводческих и птицеводческих помещений : специальность 16.00.03 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Крупальник Вячеслав Викторович. – Щёлково, 2004. – 28 с. – EDN NHZDJH.

6. Новикова, О. Н. 772. Аэрозольная дезинфекция овцеводческих помещений препаратом Роксацин и ее влияние на биохимические показатели крови и продуктивность ягнят. Морозов В.Ю., Дорожкин В.И., Прокопенко А.А., Колесников Р.О., Черников А.Н., Скорых Л.И. // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.-2017.-N 1.-С. 38-46.-Рез. англ.-Библиогр.: с.45-46. Шифр ПЗ582 / О. Н. Новикова // Ветеринария. Реферативный журнал. – 2017. – № 4. – С. 772. – EDN XHIYOW.

7. Ожеховская, О. М. Чистобел - эффективное средство для дезинфекции в присутствии, отсутствии животных / О. М. Ожеховская // Наше сельское хозяйство. – 2020. – № 10(234). – С. 40-41. – EDN ISCDGK.

8. Плотников И.В., Глазунова Л.А. Изучение эф-



фективности режимов аэрозольной дезинфекции скотоводческих помещений в присутствии животных // Вестник КрасГАУ. 2019. №9 (150). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-effektivnosti-rezhimov-aerazolnoy-dezinfeksii-skotovodcheskih-pomescheniy-v-prisutstvii-zhivotnyh>

9. Попов Н.И., Чеснокова П.В. Дезинфекция бактерицидными пенами при туберкулезе // Ветеринарная патология. 2007. №3 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dezinfektsiya-bakteritsidnymi-penami-pri-tuberkuleze>

10. Разработка режимов и технологии аэрозольной дезинфекции ветеринарно-санитарных объектов препаратом Астрадез биокси в производственных условиях. Филипенкова Г.В., Прокopenko А.А. // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.-2018.-N 3.-С. 34-38.-Рез. англ.-Библиогр.: с.37-38. Шифр П3582 // Ветеринария. Реферативный журнал. – 2019. – № 2. – С. 279. – EDN WANPAX.

11. Роль бактерий рода *Klebsiella* при ассоциированных инфекциях коров и телят в условиях промышленного комплекса/ Смирнова Л.И., Забровская А.В., Приходько Е.И., Ярикова В.Э., Геги-

рова Д.М. // Международный вестник ветеринарии, № 2, 2014 г. – С. 9.

12. Тужицкий, В. М. Дезинфекция бактерицидными пенами свиноводческих помещений в присутствии животных : специальность 16.00.06 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Тужицкий Валентин Михайлович. – Москва, 1995. – 24 с. – EDN ZJBNGP.

13. *Klebsiella pneumoniae*: микробиологическая характеристика, антибиотикорезистентность и вирулентность. Шамина О.В., Самойлова Е.А., Новикова И.Е., Лазарева А.В. // Российский педиатрический журнал. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klebsiella-pneumoniae-mikrobiologicheskaya-harakteristika-antibiotikorezistentnost-i-virulentnost>

14. Heitmann S, Stracke J, Adler C, Ahmed MFE, Schulz J, Büscher W, Kemper N, Spindler B. Effects of a slatted floor on bacteria and physical parameters in litter in broiler houses. *Vet Anim Sci.* 2020 Apr 20;9:100115. doi: 10.1016/j.vas.2020.100115. PMID: 32734116; PMCID: PMC7386717.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Ocenka effektivnosti razlichnyh po sostavu dezinficiruyushchih sredstv/ Berestina A.V., Bahvalov A.V.// Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii.* 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-razlichnyh-po-sostavu-dezinfitsiruyushchih-sredstv>

2. *Dezinfekciya pomeshchenij v prisutstvii telyat / N. P. Tarabukina, M. P. Neustroev, N. A. Oboeva, A. N. Maksimova // Sibirskij vestnik sel'skohozyaistvennoj nauki.* – 2019. – Т. 49, № 5. – С. 88-93. – DOI 10.26898/0370-8799-2019-5-12. – EDN WORZVX.

3. *Il'yasova Zulejha Zakuanovna, Mannapova Ramziya Timergaleevna Analiz effektivnosti dezinfekcii ob'ektov zhivotnovodstva // Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii.* 2016. №3 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-dezinfeksii-obektov-zhivotnovodstva>

4. Kipin, E. N. *Veterinarno-sanitarnaya ocenka i dezinfekciya ob'ektov myasopererabatyvayushchih predpriyatij baktericidnymi penami : special'nost' 06.02.05 "Veterinarnaya sanitariya, ekologiya, zoogigiena i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnykh nauk / Kipin Evgenij Nikolaevich.* – Moskva, 2011. – 140 s. – EDN QFGGFL.

5. Krupal'nik, V. V. *Primenenie preparata "Pemos-1" v forme peny dlya dezinfekcii zhivotnovodcheskih i pticevodcheskih pomeshchenij : special'nost' 16.00.03 : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnykh nauk / Krupal'nik Vyacheslav Viktorovich.* – Shchyolkovo, 2004. – 28 s. – EDN NHZDJH.

6. Novikova, O. N. 772. *Aerazol'naya dezinfekciya ovcevodcheskih pomeshchenij preparatom Roksacin i ee vliyanie na biohimicheskie pokazateli krovi i produktivnost' yagnyat. Morozov V. Yu., Dorozhkin V. I., Prokopenko A. A., Kolesnikov R. O., Chernikov A. N., Skoryh L. I. // Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ekologii.-2017.-N 1.-S. 38-46.-Rez. angl.-Bibliogr.: s.45-46. Shifr P3582 / O. N. Novikova // Veterinariya. Referativnyj zhurnal.* – 2017. – № 4. – С. 772. – EDN XHIYOW.

7. Ozhekhovskaya, O. M. *Chistobel - effektivnoe sredstvo dlya dezinfekcii v prisutstvii, otsutstvii zhivotnykh / O. M. Ozhekhovskaya // Nashe sel'skoe hozyajstvo.* – 2020. – № 10(234). – С. 40-41. – EDN ISCDGK.

8. Plotnikov I.V., Glazunova L.A. *Izuchenie effektivnosti rezhimov aerazol'noj dezinfekcii skotovodcheskih pomeshchenij v prisutstvii zhivotnykh // Vestnik KrasGAU.* 2019. №9 (150). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-effektivnosti-rezhimov-aerazolnoy-dezinfeksii-skotovodcheskih-pomescheniy-v-prisutstvii-zhivotnykh>

9. Popov N.I., Chesnokova P.V. *Dezinfekciya baktericidnymi penami pri tuberkuleze // Veterinarnaya patologiya.* 2007. №3 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dezinfektsiya-bakteritsidnymi-penami-pri-tuberkuleze>

10. *Razrabotka rezhimov i tekhnologii aerazol'noj dezinfekcii veterinarno-sanitarnykh ob'ektov preparatom Astradex bioksi v proizvodstvennykh usloviyah. Filipenkova G.V., Prokopenko A.A. // Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ekologii.-2018.-N 3.-S. 34-38.-Rez. angl.-Bibliogr.: s.37-38. Shifr P3582 // Veterinariya.*



Referativnyj zhurnal. – 2019. – № 2. – С. 279. – EDN WANPAX.

11. *Rol' bakterij roda Klebsiella pri associirovannykh infekciyah korov i telyat v usloviyah promyshlennogo kompleksa/ Smirnova L.I., Zabrovskaya A.V., Prihod'ko E.I., Yarikova V.E., Gegirova D.M. // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii,* № 2, 2014 g. – С. 9.

12. *Tuzhickij, V. M. Dezinfekciya baktericidnymi penami svinovodcheskih pomeshchenij v prisutstvii zhivotnykh : special'nost' 16.00.06 : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnykh nauk / Tuzhickij Valentin Mihajlovich.* – Moskva, 1995. – 24 s. – EDN ZJBNGP.

13. *Klebsiella pneumoniae: mikrobiologicheskaya harakteristika, antibiotikorezistentnost' i virulentnost'. Shamina O.V., Samojlova E.A., Novikova I.E., Lazareva A.V. // Rossijskij pediatricheskij zhurnal.* 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klebsiella-pneumoniae-mikrobiologicheskaya-harakteristika-antibiotikorezistentnost-i-virulentnost>

14. Heitmann S, Stracke J, Adler C, Ahmed MFE, Schulz J, Büscher W, Kemper N, Spindler B. Effects of a slatted floor on bacteria and physical parameters in litter in broiler houses. *Vet Anim Sci.* 2020 Apr 20;9:100115. doi: 10.1016/j.vas.2020.100115. PMID: 32734116; PMCID: PMC7386717.

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

Сайтханов Эльман Олегович, канд. биол. наук, зав. кафедрой ВСЭ, хирургии, акушерства и ВБЖ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», elmansaitanov@yandex.ru

Семенов Владимир Григорьевич, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», semenov_v.g@list.ru

Горохов Иван Павлович, аспирант кафедры ВСЭ, хирургии, акушерства и ВБЖ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», el_vanushko@mail.ru

Шемьякин Виктор Борисович, аспирант кафедры ВСЭ, хирургии, акушерства и ВБЖ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», csgovita@yandex.ru

Author information

Saythanov Elman O., Candidate of Biological Sciences Head of the Department of VSE, Surgery, Obstetrics and FGM, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, elmansaitanov@yandex.ru

Semenov Vladimir G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, semenov_v.g@list.ru

Gorokhov Ivan P., postgraduate student of the Department of VSE, Surgery, Obstetrics and FGM, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, el_vanushko@mail.ru

Shemyakin Viktor B., postgraduate student of the Department of VSE, Surgery, Obstetrics and FGM, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev,

Статья поступила в редакцию 10.03.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 10.03.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 648.61+579.66
DOI: 10.36508/RSATU.2024.97.82.009

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЕЗИНФЕКЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ВЕТЕРИНАРИИ, ПО ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Эльман Олегович Сайтханов¹✉, Иван Павлович Горохов²

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

¹ elmanrzn@gmail.com

² el_vanushko@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Проблема данного исследования основывается на необходимости широкого изучения свойств современных дезинфицирующих средств для более эффективного их использования в различных схемах ветеринарно-санитарных мероприятий. Целью данного исследования заключалась в сравнительной оценке физико-химических свойств современных дезинфектантов с поверхностно-активными веществами, применяемых в ветеринарии.

Методология. Исследования выполнены в научном центре лабораторных исследований Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. В качестве объектов исследований мы использовали дезинфицирующие средства Деобактер, Део-хлор люкс, Оптимакс и Вирудез PRO. В ходе исследования были изучены характеристики объектов исследований, отраженные в официальных инструкциях производителей, опытным путем определялись основные физико-химические свойства пенных дезинфектантов: внешний вид, удельный вес, реакция среды, кратность и стойкость пены. Исследования проводились по двум концентрациям – минимальной и максимальной, рекомендованной производителем.

Результаты. В ходе исследований было установлено, что дезинфицирующие средства Деобактер и Део-хлор имеют pH близкий к нейтральному, независимо от концентрации. Дезсредства Оптимакс и Вирудез PRO имеют выраженно щелочной pH, на уровне 10-11,5 ед. Способность к вспениванию у объектов исследования была не одинакова. Наибольший объем пены был у дезинфицирующих средств Вирудез PRO (8 %-й раствор – 1700 мл) и Оптимакс (10 %-й раствор – 870 мл), наименьший у препарата Део-хлор. Оценка стойкости пены показала неустойчивый результат у всех объектов исследований в максимальных концентрациях, в свою очередь, минимальные концентрации лучше сохраняли пену.

Заключение. Результаты сравнительных исследований позволили установить, что для пенной дезинфекции можно рекомендовать препараты Деобактер 3 % концентрации, Оптимакс 10 % концентрации и Вирудез PRO в концентрациях от 0,5 до 8%, так как они при вспенивании дают значительный объем пены с высоким коэффициентом кратности.

Ключевые слова: дезинфицирующее средство, пена, кислотность, pH, вспенивание, кратность пены

Для цитирования: Сайтханов Э.О., Горохов И.П. Сравнительная оценка современных химических средств дезинфекции, применяемых в ветеринарии, по их физико-химическим свойствам // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.68-76 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.82.009>

Original article

COMPARATIVE ASSESSMENT OF MODERN CHEMICAL DISINFECTANTS USED IN VETERINARY MEDICINE ACCORDING TO THEIR PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES

Elman O. Saitkhanov¹✉, Ivan P. Gorokhov²

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

¹ elmanrzn@gmail.com

² el_vanushko@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The problem of this study is based on the need for a broad study of the properties of modern disinfectants for their more effective use in various schemes of veterinary and sanitary measures. The purpose of this study was to compare the physico-chemical properties of modern disinfectants with surfactants used in veterinary medicine.

Methodology. The research was carried out at the Scientific laboratory Research Center of the Ryazan Agro-technological University named after P.A. Kostychev. We used Deo-bacter, Deo-chlorine lux, Optimax and Virudez PRO disinfectants as research objects. During the study, the characteristics of the research objects reflected in the official instructions of manufacturers were studied, the main physico-chemical properties of foam disinfectants were experimentally determined: appearance, specific gravity, reaction of the medium, multiplicity and durability of foam. The studies were conducted at 2 concentrations – the minimum and maximum recommended by the manufacturer.

Results. During the research, it was found that Deobacter and Deo-chlorine disinfectants have a pH close to neutral, regardless of concentration. Optimax and Virudez PRO disinfectants have a pronounced alkaline pH, at the level of 10-11.5 units. The foaming ability of the study subjects was not the same. The largest volume of foam was found in the disinfectants Virudez PRO (8% solution – 1700 ml) and Optimax (10% solution – 870 ml), the smallest in the preparation Deo-chlorine. The assessment of foam resistance showed an unstable result for all research objects at maximum concentrations, in turn, the minimum concentrations preserved the foam better.

Conclusion. The results of the research allowed us to determine the disinfectant with the most pronounced foaming ability, the best foam resistance, which will allow more effective disinfection with bactericidal foams.

Key words: disinfectant, foam, acidity, pH, foaming, foam multiplicity

For citation: Saitkhanov E.O., Gorokhov I.P. Comparative assessment of modern chemical disinfectants used in veterinary medicine according to their physico-chemical properties // Herald of Ryazan State Agro-technological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No.2, P. 68-76 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.82.009>

Введение

В комплексе мероприятий по профилактике и борьбе с инфекционными заболеваниями животных важное место занимает дезинфекция. Термин дезинфекция в русском переводе означает обеззараживание. Под дезинфекцией понимают комплекс мер, направленных на уничтожение в объектах внешней среды возбудителей инфекционных болезней человека и животных [1,3].

Для дезинфекции применяют различные обеззараживающие вещества, с помощью которых уничтожаются опасные для людей и животных возбудители инфекции. Все большую популярность набирают дезинфектанты, в состав которых входят поверхностно-активные вещества (ПАВ) [2,7]. Благодаря этим веществам создается эффект вспенивания, тем самым придавая особые свойства дезсредствам (повышенную адгезию, повышенные моющие свойства, повышенную экспозицию и т.д.) [1,4,5].

В настоящее время можно встретить подобные дезинфектанты с различными действующими веществами (кислыми, основными, нейтральными и т.п.). Эффективность работы с дезинфицирующими веществами неодинакова в различных условиях, на разных поверхностях. Важно оценивать микроклимат помещения, в котором будет проводиться обработка, степень адсорбционной способности дезинфицируемых поверхностей, степень их загрязненности и характер загрязнений (органические, минеральные) [2,6].

В данной статье изложены результаты лабора-

торных испытаний современных дезинфектантов с различными действующими веществами, в состав которых входят ПАВ.

Целью данного исследования являлась сравнительная оценка физико-химических свойств современных дезинфектантов с ПАВ, применяемых в ветеринарии.

Для решения поставленной цели были определены следующие задачи:

- 1) сравнить дезинфектанты по физико-химическим и органолептическим свойствам,
- 2) сравнить дезинфектанты по основным характеристикам пенообразования.

Материалы и методы исследования

Теоретические данные, необходимые во время исследований: "Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора" (утв. Минсельхозом РФ 15.07.2002 N 13-5-2/0525) (вместе с "Методическими указаниями по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства"), «Методика определения и оценки коррозионной активности моющих и дезинфицирующих препаратов», «Методика для оценки качества пенообразователя в лабораторных условиях», ГОСТ Р 58151.2-2018 «Средства дезинфицирующие. Номенклатура показателей токсичности и безопасности», документация, прилагаемая к дезинфектантам.

В ходе исследования определялись основные физико-химические свойства пенных дезинфектантов: внешний вид, удельный вес, реакция сре-



ды, кратность и стойкость пены. Исследования проводились по двум концентрациям – минимальной и максимальной, рекомендованным изготовителем.

В качестве объектов исследований мы использовали дезинфицирующие средства Део-бактер, Део-хлор® люкс, Оптимакс и Вирудез PRO. Для проведения испытаний готовили водные растворы для всех дезинфицирующих средств согласно требованиям инструкции, разработанной производителем.

Део-бактер – дезинфицирующее средство, представляющее собой прозрачную жидкость, в состав которого входят четвертичные аммонийные соединения (ЧАС), в т.ч. алкилдиметилбензиламмония хлорид. Концентрат фасуется в полимерные тары. Рабочий раствор сохраняет свою стабильность в течении 14 суток при соблюдении условий хранения. Согласно инструкции производителя Део-бактер активен по отношению к грамположительным и грамотрицательным бактериям (также к возбудителям туберкулеза), вирусам и грибкам (по отношению к кандидозам, трихофитии и плесневым грибам). Помимо дезинфицирующих свойств, дезсредство обладает моющими и дезодорирующими свойствами. Отмечено, что препарат не обладает коррозионной активностью в отношении металлов из нержавеющей стали, сплавов алюминия никелированных, хромированных; также не воздействует на лакокрасочные покрытия, резину, стекло, керамику, дерево, пластмассу.

Део-хлор® люкс – дезинфицирующее средство, представлено в виде таблеток массой 1,7 и 3,4 граммов со слабым запахом хлора. В наших испытаниях представлены таблетки массой 1,7 граммов. Упакованы в пластиковые тары, по 50 и более таблеток. Согласно инструкции в состав таблетки входят натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты, ПАВ и специальные добавки. Содержание активного хлора 44,2 % (разброс 4 %), ПАВ 1,5 % (разница 0,5 %). По данным производителя средство активно к грамположительным и грамотрицательным бактериям, в т.ч. возбудителям туберкулеза, анаэробным инфекциям, особо опасным инфекциям (чума, холера, туляремия, сибирская язва (споровые формы в т.ч.)), вирусам, грибам и плесени, а также к возбудителям паразитарных форм и спор бактерий. Отмечено также, что препарат обладает хорошими моющими и отбеливающими свойствами. Водные растворы не портят изделия из дерева, стекла, полимерных материалов, коррозионностойких материалов. Срок хранения рабочего раствора – 5 суток.

Оптимакс – дезинфицирующее средство, представленное в виде концентрата в жидкой форме от голубого до фиолетового цвета. Упаковывается в тары различного объема, у нас в 10-литровой канистре. Дезинфектант содержит N,N-бис(3-аминопропил)додециламин – 5 %, фукнкциональные добавки (неионогенные ПАВ, ингибитор коррозии, кондиционер воды, краситель и воду питьевую). Рабочий раствор при правильном

условии хранения сохраняет свои свойства в течении 41 суток. Дезсредство обладает антимикробной активностью к грамположительным и грамотрицательным бактериям (в т.ч. возбудителям туберкулеза, анаэробной инфекции), патогенным и плесневелым грибам, обладает вируцидными, овоцидными свойствами, обладает моющим и дезодорирующим свойствами. Не обладает коррозионными свойствами к металлам, не повреждает обрабатываемые поверхности.

Вирудез PRO – дезинфицирующее средство, представляющее собой концентрат в жидкой форме от бесцветного до желтого цвета с ароматом персика. Средство фасуется в полимерные емкости объемом 0,5 и 1 л. Согласно информации, отраженной в официальной инструкции, дезсредство содержит смесь четвертичных аммонийных соединений (алкилдиметилбензиламмоний хлорид и алкидиметилэтилбензиламмоний хлорид) – 10 %, метасиликат натрия, неионогенные ПАВ, ароматизатор. Дезсредство обладает антимикробной активностью к грамположительным и грамотрицательным бактериям (в т.ч. возбудителям туберкулеза), патогенным грибам, обладает вируцидным свойством. Рабочий раствор при правильном условии хранения сохраняет свои свойства в течении 14 суток. В инструкции не указаны коррозионные свойства, воздействие на ткани, оптические приборы, полимеры, пластик, резину и прочие материалы. Не сказано про моющие и дезинфицирующие свойства.

Важно отметить, что среди перечня обеззараживаемых объектов в инструкциях к вышеперечисленным дезинфицирующим средствам нет информации и рекомендаций по использованию на животноводческих предприятиях для ветеринарно-санитарных целей, в связи с чем апробация в условиях производства будет проводиться впервые.

Исключение составляет дезинфектант Вирудез PRO который был разработан по заказу компании Globalvet group для ветеринарно-санитарных целей.

Исследуемые растворы приготавливались в соответствии с инструкцией по применению дезсредств. Для исследования максимальных концентраций испытания проводились под вытяжным шкафом с использованием мер личной защиты (респиратор МЗ, защитные очки, перчатки латексные). Растворителем была дистиллированная вода по ГОСТ 6709. Лабораторные испытания проводились в лаборатории ФГБОУ ВО РГАТУ.

Цвет, отсутствие осадка и посторонних включений определяли на глаз в стеклянном цилиндре диаметром 3 см в проходящем свете. Отсутствие осадка определялось за 24 часа. Запах исследуемых проб определяли органолептически. Реакцию среды определяли с помощью рН-метра 150-МИ (регистрационный номер – 1113; свидетельство о государственной поверке – ВТ/14-12-2023/302076399). Устройством пользовались в соответствии с инструкцией, прилагаемой к нему, и ГОСТ Р 50550.



Кратность пены определяли с помощью стеклянного градуированного цилиндра емкостью 2000 куб. см. Для этого наливали в цилиндр раствор изучаемой концентрации в объеме 200 мл, закрывали цилиндр пробкой и энергично встряхивали в течение 30 сек. При этом цилиндр удерживали с торцовых частей руками в горизонтальном положении, а встряхивание проводили по продольной оси цилиндра. После встряхивания цилиндра устанавливали на стол, открывали пробку, отсчитывали объем образовавшейся пены. Объем пены определяли разностью от общего объема к объему раствора, после встряхивания. Отношение полученного объема пены к объему раствора (200 куб. см) дает величину кратности пены (1).

$$K_n = \frac{V_n}{V_p}, \quad (1)$$

где K_n – кратность пены,

V_p – объем раствора, мл,

V_n – объем полученной пены, мл.

Стойкость пены определяли по методике определения кратности пены. Полученный объем пены отстаивается в течении 10 минут. Отношение

оставшегося объема к первоначальному принимали как величину стойкости пены и рассчитывали по формуле (2).

$$C_n = \frac{V_{nn}}{V_n} \quad (2)$$

где C_n – стойкость пены,

V_n – объем пены, мл,

V_{nn} – объем пены, которая отстоялась в течении 10 минут.

Исследования проводились в трехкратной повторности ($n=3$) с каждым образцом отдельно для минимальных и максимальных концентраций, установленных изготовителями дезсредств. Для оценки степени достоверности полученных данных в сравнительном аспекте использовали уровень значимости $p=0,001$, $p=0,01$. В связи с малым объемом данных в выборке ($n=3$) использовали непараметрический критерий Манна-Уитни. Расчеты проводили в Microsoft Excel 2016 (расширение AtteStat, версия 12.5; Biostat (версия 7).

Концентрации рабочих растворов дезинфектантов, использованные в исследовании, указаны в таблице 1

Таблица 1 – Минимальные и максимальные концентрации растворов, исследуемых дезсредств

Дезсредства	Концентрации растворов, %	
	Минимальная	Максимальная
Део-бактер	0,1	3
Део-хлор® Люкс	0,075	1,24
Оптимакс	0,25	10
Вирудез PRO	0,5	8

Результаты исследований и их обсуждение

В результате работы нам удалось установить искомые показатели для каждого из объектов исследований. Данные приведены в таблицах 2-4.

При оценке внешнего вида рабочих растворов двух различных концентраций дезинфицирующего средства Део-бактер не было выявлено отличий. Растворение происходило быстро. Оба раствора были бесцветными, прозрачными, отсутствовали запахи, осадок.

Растворение концентрированной таблетки Део-хлор® Люкс водой комнатной температуры по времени заняло 25-30 минут. Во время растворения из таблетки выходил газ, который можно было наблюдать в виде пузырей, устремляющихся вверх сквозь воду. Растворы большей и меньшей концентрации сильно отличались между собой по внешнему виду. Раствор малой концентрации прозрачный, бесцветный, со слабым запахом хлора, тогда как другой раствор был серым, мутным со стойким хлорным запахом. Однако через 24 часа не наблюдалось осадка ни у одного, ни у другого раствора.

Внешне растворы препарата Оптимакс большей и малой концентрации отличались только цветом – 10 %-й раствор голубого цвета, но менее насыщенный, чем сам концентрат. Осадка не наблюдалось, запах также отсутствовал.

Растворы Вирудез PRO обладали персиковым запахом, так как в состав входит соответствующий ароматизатор. Органолептические различия между рабочими растворами различных концентраций заключались только в интенсивности запаха, прямо пропорциональной насыщенности, что закономерно.

В дальнейшем нами был проведен анализ активности ионов водорода в каждом из рабочих растворов объектов исследований.

Показатели pH растворов Део-бактер слабокислотные, различия по показателю pH были незначительными, оба раствора имели слабощелочную реакцию. Раствор концентрацией 3 % на 0,13 ед. больше раствора 0,1 % концентрации. В среднем показатель pH по рабочим растворам составил 7,38 единиц, разница не существенная, растворы слабощелочные (рис. 1).



Рис. 1 – Значения pH раствора препарата Део-бактер меньшей (А) и большей (Б) концентраций
Fig. 1 – The pH values of the solution of the Deo-bacter preparation of lower (A) and higher (B) concentrations

Кисотно-щелочной баланс раствора Део-хлор® Люкс в концентрации 0,0075 % составил 6,84 ед. pH, в свою очередь, более концентрированный раствор (1,24 %) имел значение в среднем 7,17 ед. pH. Разница между показателями растворов составила 0,33 ед. pH.

Показатели pH 0,25 % и 10 % растворов препарата Оптимакс имели более значительную разницу и составляли 8,41 и 11,46 ед. pH соответствен-

но. 10 %-й раствор имеет высокую щелочность, что необходимо учитывать при дезинфекции поверхностей, чувствительных к данной характеристике.

Показатели pH препарата Вирудез для концентраций 0,5 и 8 % составляли 8,5 и 10,09 ед. pH, соответственно, что является также достаточно высоким показателем.

Таблица 2 – Показатели pH исследуемых растворов, $M \pm m$ (n=3)

Дезсредства	Концентрации растворов, %	Значение pH, ед. pH
Део-бактер	0,1	7,31±0,08
	3	7,44±0,03
Део-хлор® Люкс	0,075	6,84±0,05
	1,24	7,17±0,07
Оптимакс	0,25	8,44±0,09
	10	11,46±0,08
Вирудез PRO	0,5	8,50±0,08
	8	10,09±0,11

Наиболее важным показателем, представленным в данной работе, является эффективность вспенивания и стойкость пены. Это определяется, прежде всего, эффективностью адгезии и повышенной активностью дезинфектанта во вспененном состоянии и является дополнительным положительным качеством, расширяющим технические возможности направлений использования средств механизации дезинфекции.

Определение кратности пены проводили визуальным методом с использованием мерной лабораторной посуды.

Раствор дезсредства Део-бактер концентрации 0,1 % при встряхивании вспенился до 60 мл пены, при этом объем раствора уменьшился на 10 мл (до 190 мл), кратность пены раствора составила 0,3. Раствор дезсредства Део-бактер концентрации 3 % имел значительный объем пены – 1170 мл, а объем жидкой фракции аналогично снизился на 10 мл (до 190 мл). Кратность пены при этом составила 5,85. В итоге, согласно полученным данным, установлено, что раствор 3 % концентрации образует пену в 19,5 раза больше, чем 0,1 % раствор, что имеет решающее значение при

выборе концентрации данного дезсредства при дезинфекции с помощью пеногенератора (рис. 2).

Раствор дезинфектанта Део-хлор® Люкс концентрации 0,745 % образовал 10 мл пены, при этом объем раствора остался 200 мл. Кратность пенообразования была крайне низка и составила 0,05. Раствор Део-хлор® Люкс концентрацией 1,24 % образовал пену общим объемом 125 мл, объем жидкой фракции при этом снизился до 195 мл. Кратность пены составила 0,625. Несмотря на существенную разницу в пенообразовании растворов препарата Део-хлор® Люкс (в 12,5 раз), кратность пенообразования, на наш взгляд, сравнительно низка, и его эффективность в качестве дезинфекции пеной будет меньше в сравнении с препаратом Деобактер с концентрацией 3 % (рис. 3).

Объем пены 0,25 % раствора Оптимакса составил 80 мл, при этом объем жидкой фракции не изменился, а итоговая кратность пены составила 0,4. 10 %-й раствор того же препарата имел значительный объем – 870 мл, что соответствовало кратности в 4,6. Объем жидкой фракции при этом закономерно снизился до 190 мл (рис. 4).



Рис. 2 – Кратность пены Део-бактер с меньшей (А) и с большей (Б) концентрацией
Fig. 2 – Multiplicity of Deo-bacter foam with lower (A) and higher (B) concentrations

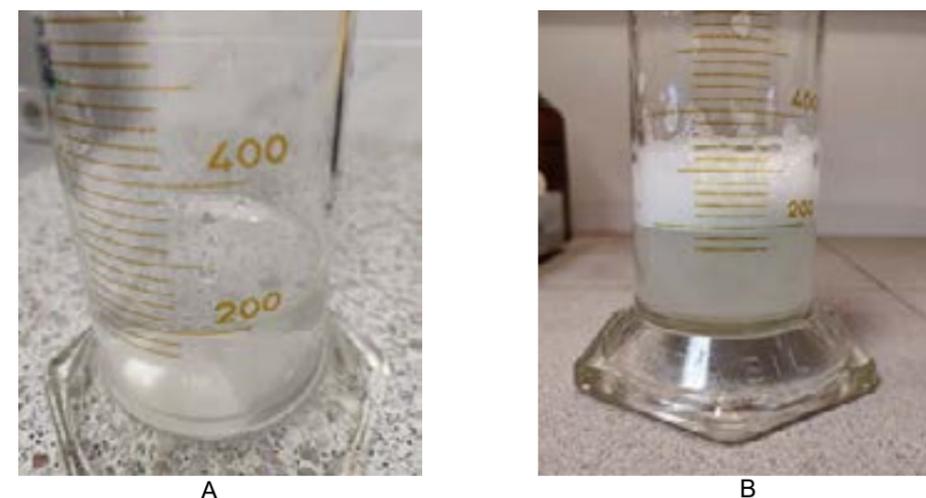


Рис. 3 – Кратность пены Део-хлор® люкс с меньшей (А) и с большей (Б) концентрацией
Fig. 3 – Multiplicity of Deo-chlorine lux foam with lower (A) and higher (B) concentrations

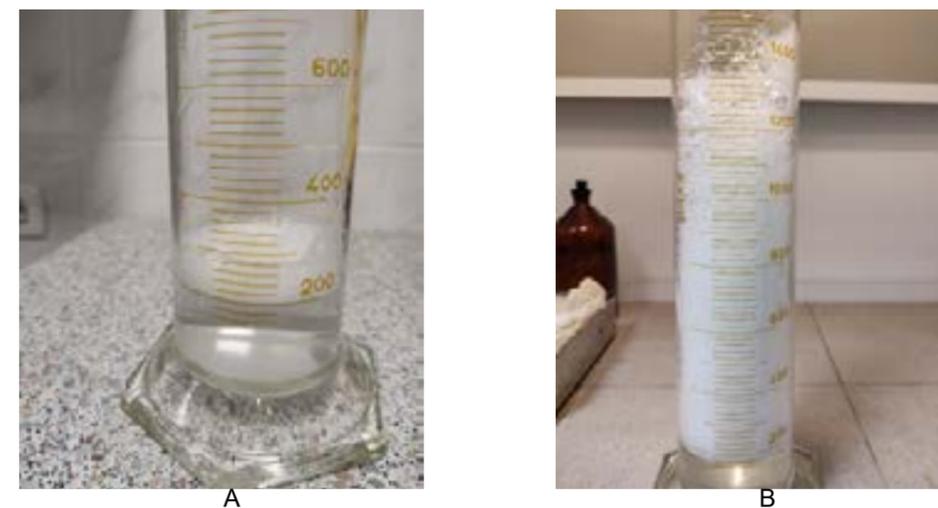


Рис. 4 – Кратность пены Оптимакс с меньшей (А) и с большей (Б) концентрацией
Fig. 4 – The multiplicity of Optimax foam with lower (A) and higher (B) concentrations

Объем пены 0,5 % раствора Вирудез PRO составил 300 мл, при этом объем раствора не изменился. Кратность пены составила 1,5 (1). Объем пены 8 % раствора составил 1700 мл, когда объем

раствора уменьшился в 2 раза. Кратность пены составила 8,5 (1). Кратность пены большей концентрации выше кратности пены меньшей концентрации в 5,7 раз (рис. 5).



Рис. 5 – Кратность пены Вирудез PRO с меньшей (слева) и с большей (справа) концентрацией
Fig. 5 – The multiplicity of Virudez PRO foam with lower (left) and higher (right) concentrations

Таблица 3 – Показатели кратности пены исследуемых дезсредств (n=3)

Дезсредства	Концентрации растворов, %	Кратность пены
Део-бактер	0,1	0,3±0,05
	3	5,85±1,28
Део-хлор® Люкс	0,075	0,05±0,01
	1,24	0,625±0,08
Оптимакс	0,25	0,4±0,05
	10	4,6±1,15
Вирудез PRO	0,5	1,5±0,08
	8	8,5±1,24

Результаты определения стойкости пены показали разнонаправленные данные. В общем отмечена тенденция к лучшему сохранению объема пены у всех дезсредств, включенных в выборку в низкой концентрации (табл. 4).

По истечении 10 минут после вспенивания объемы пены растворов Део-бактер изменились. Объем пены раствора концентрации 0,1 % составил 10 мл, а объем пены раствора 3 % концентрации составил 1 мл, в связи с чем коэффициент стойкости пены был крайне низок и составил $8 \cdot 10^{-4}$.

Стойкость пены раствора Део-хлор® Люкс была несколько выше, коэффициент составил 0,84. Пена 0,0075 % раствора Део-хлор® Люкс сразу пропала, поэтому ее стойкость мы приняли

за 0. Пена данного дезсредства в концентрации 1,24 % по истечении 10 минут составила 105 мл.

Объем пены дезсредства Оптимакс в концентрации 0,25 не изменился, соответственно, стойкость пены составила 1. Объем пены раствора в концентрации 10 % снизился с 870 мл до 100 мл, стойкость составила 0,11.

0,5 % раствор дезсредства Вирудез PRO по истечении 10 минут составил 240 мл. Стойкость пены – 0,8, соответственно. В свою очередь, более концентрированный раствор (8 %) не удержал объем пены в отведенное время, на основании чего показатель стойкости оказался крайне низок – $6 \cdot 10^{-4}$.

Таблица 4 – показатели стойкости пены исследуемых растворов

Дезсредства	Концентрации растворов, %	Стойкость пены	Средние значения
Део-бактер	0,1	0,17	0,085
	3	$8 \cdot 10^{-4}$	
Део-хлор® Люкс	0,075	0	0,42
	1,24	0,84	

Продолжение таблицы 4

Оптимакс	0,25	1	0,6
	10	0,11	
Вирудез PRO	0,5	0,80	0,4003
	8	$6 \cdot 10^{-4}$	

Заключение

Таким образом, обобщив полученные в ходе исследования данные, мы сделали следующие выводы:

1. При сравнительной оценке установлено, что средства Део-Бактер и Оптимакс в рабочих концентрациях не имеют запаха, хотя в инструкции по применению указаны дезодорирующие свойства.

2. Средства Вирудез PRO и Оптимакс в концентрациях 8 и 10 %, соответственно, имеют высокий щелочной показатель pH – 10-11,5 ед. (допустимый диапазон для средств дезинфекции согласно ГОСТ 58151.1-2018 составляет 2-13 ед.), в связи с чем их применение на некоторых поверхностях может быть ограничено, что должно учитываться при выборе дезинфектанта.

3. В качестве дезинфицирующих средств с пенообразующим эффектом низкой кратности (до 12 раз) можно использовать 3 %-й раствор Део-бактер, 10 %-й раствор Оптимакс и 8 %-й раствор Вирудез. Средство Део-хлор® Люкс практически не образует пены, несмотря на заявленные в составе поверхностно активные компоненты.

4. Показатель стойкости пены у объектов исследований с достаточной для использования в качестве дезинфицирующей пены кратностью (3 %-й раствор Део-бактер, 10 %-й раствор Оптимакс и 8 %-й раствор Вирудез) был крайне низок, что, на наш взгляд, может влиять на эффективность обработки потолков и стен.

Список источников

1. Батырова, А. М. Дезинфекция объектов вет. надзора препаратом "Пенокс-1" / А. М. Батырова // Развитие научного наследия великого учёного на современном этапе : Международная научно-практическая конференция, посвященная 95-летию члена-корреспондента РАСХН, Заслуженного деятеля науки РСФСР и РД, профессора М.М. Джамбулатова, Махачкала, 17 марта 2021 года. Том I. – Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2021. – С. 109-117. – EDN ENWFAC.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Batyrova, A. M. Dezinfekciya ob'ektov vet. nadzora preparatom "Penoks-1" / A. M. Batyrova // Razvitie nauchnogo naslediya velikogo uchyonogo na sovremennom etape : Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya 95-letiyu chlena-korrespondenta RASKHN, Zasluzhennogo deyatelya nauki RSFSR i RD, professora M.M. Dzhambulatova, Mahachkala, 17 marta 2021 goda. Tom I. – Mahachkala: Dagestanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. M.M. Dzhambulatova, 2021. – S. 109-117. – EDN ENWFAC.*

2. *Gotovskij, D. G. Sovremennoe predstavlenie o dezinfekcii i dezsredstvah / D. G. Gotovskij // Nashe sel'skoe hozrajstvo. – 2023. – № 24(320). – S. 38-43. – EDN VPJDLJ.*



3. Gotovskij, D.G. Tekhnologiya dezinfekcii avtotransportnyh sredstv napravlennymi aerolyami / D. G. Gotovskij, YU. K. Kovalenok, V. I. Dorozhkin, N. I. Popov // Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ekologii. – 2020. – № 1(33). – S. 105-124. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001016. – EDN ACHYWC.

4. Kipin, E. N. Veterinarno-sanitarnaya ocenka i dezinfekciya ob"ektov myasopererabatyvayushchego predpriyatiya baktericidnymi penami: special'nost' 06.02.05 "Veterinarnaya sanitariya, ekologiya, zoogigiena i veterinarno-sanitarnaya ekspertiza": avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarnykh nauk / Kipin Evgenij Nikolaevich. – Moskva, 2011. – 23 s. – EDN QHJXAT.

5. Matushkin, P. A. Osobennosti issledovaniya processa moiki molochnogo oborudovaniya s ispol'zovaniem peny / P. A. Matushkin, A. I. Zavrzhnov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2. – S. 125-129. – EDN ZEFUPF.

6. Pilipchuk, A. P. Obespechenie bezopasnosti pri dezinfekcii aerol'nymi penami / A. P. Pilipchuk, V. G. Andrush // Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti na sovremennom etape razvitiya obshchestva: materialy mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Gorki, 20–21 aprelya 2023 goda. – Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skhozoyajstvennaya akademiya, 2023. – S. 186-188. – EDN OFPEUW.

7. Popov, N. I. Dezinfekciya ob"ektov veterinarnogo nadzora baktericidnymi penami: special'nost' 16.00.06 : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora veterinarnykh nauk / Popov Nikolaj Ivanovich. – Moskva, 2005. – 43 s. – EDN NIBFWP.

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

Сайтханов Эльман Олегович, канд. биол. наук, заведующий кафедрой ВСЭ, хирургии, акушерства и ВБЖ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», elmsaithanov@yandex.ru

Горохов Иван Павлович, аспирант кафедры ВСЭ, хирургии, акушерства и ВБЖ, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», el_vanushko@mail.ru

Author information

Saythanov Elman O., Candidate of Biological, Head of the Department of VSE, Surgery, Obstetrics and FGM, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, elmsaithanov@yandex.ru

Gorokhov Ivan P., postgraduate student of the Department of VSE, Surgery, Obstetrics and FGM, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, el_vanushko@mail.ru

Статья поступила в редакцию 30.03.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 30.03.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с.77-83
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 77-83

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 636.2.034
DOI: 10.36508/RSATU.2024.41.17.010

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ

Людмила Дмитриевна Самусенко¹, Андрей Валентинович Мамаев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия

¹ ldsamusenko@mail.ru

² shatone@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Интенсификация молочного скотоводства РФ требует разведения высокопродуктивного молочного скота. В стране создаются новые специализированные комплексы, мегафермы, внедряются современные интенсивные технологии производства молока, которые по ряду объективных причин снижают сроки продуктивного использования животных и неизбежно приводят к дополнительным затратам, в том числе на выращивание и закупку качественного ремонтного поголовья, повышая общую себестоимость производимого молочного сырья. Цель исследований – создание системы прогнозирования продолжительности продуктивного использования коров на основе математического моделирования данных биоэнергетического параметрирования поверхностно локализованных биологически активных центров (ПЛБАЦ) оцениваемых животных.

Методология. Объектом исследований являлись телки черно-пестрой голштинизированной породы. Измерения уровня биоэлектрического потенциала проводили прибором типа ЭЛАП в ПЛБАЦ №5, №7, №11, №41, №56, №57 в течение трех смежных дней, рассчитывали средний уровень. Первое измерение было проведено в возрасте 6 месяцев с разделением животных на группы по уровню биопотенциала «низкий», «высокий», затем в возрасте 12 и 18 месяцев и далее до четвертой лактации. Контрольная группа - животные с высоким уровнем биоэлектрического потенциала (УБП) ПЛБАЦ.

Результаты. В опытах получены результаты, позволяющие по значениям УБП ПЛБАЦ оценивать показатели развития телок в критические фазы их развития, что позволило в дальнейшем проводить своевременное осеменение ремонтных телок, а также является предпосылкой получения высоких пожизненных удоев и длительного продуктивного использования коров. В опытных группах животных с разным начальным УБП ПЛБАЦ получены данные, согласно которым животные, имевшие высокий УБП ПЛБАЦ в шестимесячном возрасте, сохраняли высокие тенденции роста УБП ПЛБАЦ и живой массы и в возрасте 12 и 18 месяцев относительно животных с низким уровнем биоэлектрического потенциала центров, при достоверной разнице в значениях: в 6 мес. – на 17,8 %; в 12 мес. – на 21,15 %; в 18 мес. – на 28,1 %, по живой массе на 2,4 %, 1,76, 1,48 % соответственно ($p < 0,05$; $P < 0,001$). При изучении УБП ПЛБАЦ у коров по лактациям и с учетом величины УБП ПЛБАЦ телок в возрасте 18 месяцев установлено, что животные с высоким УБП ПЛБАЦ, в период роста и физиологического созревания отличались высокой сохранностью, длительностью продуктивного использования и высокими пожизненными удоями.

Заключение. Изучив биоэнергетические параметры ПЛБАЦ телок и проведя расчеты путем однофакторного дисперсионного анализа, установили статистически значимое влияние живой массы и возраста животных на уровень биоэлектрического потенциала их центров. Биоэнергетическое параметрирование ПЛБАЦ в молочном скотоводстве позволяет достоверно оценивать и прогнозировать интенсивность роста молодняка и продолжительность продуктивного использования коров (патент РФ № 2785669).

Ключевые слова: телки, коровы, продолжительность использования, математическое моделирование, биоэнергетическое параметрирование, поверхностно локализованные биологически активные центры

Для цитирования: Самусенко Л.Д., Мамаев А.В. Цифровая модель биоэнергетического прогнозирования продолжительности использования коров // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С. 77-83 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.41.17.010>

Original article

A DIGITAL MODEL OF BIOENERGETIC FORECASTING OF THE DURATION OF COW USE

Lyudmila D. Samusenko¹, Andrey V. Mamaev²^{1,2} Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia¹ ldsamusenko@mail.ru² shatone@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. The intensification of dairy cattle breeding in the Russian Federation requires the breeding of highly productive dairy cattle. New specialized complexes and megafarms are being created in the country, modern intensive milk production technologies are being introduced, which, for a number of objective reasons, reduce the time of productive use of animals and inevitably lead to additional costs, including for the cultivation and purchase of high-quality repair livestock, increasing the total cost of dairy raw materials produced. The purpose of the research is to create a system for predicting the duration of productive use of cows based on mathematical modeling of bioenergetic parameterization data of superficially localized biologically active centers (PLBAC) of the evaluated animals.

Methodology. The object of research was heifers of a black-and-white goshtinized breed. Measurements of the bioelectric potential level were carried out with an ELAP-type device in the PBAC №5, №7, №11, №41, №56, №57 for three consecutive days, the average level was calculated. The first measurement was carried out at the age of 6 months with the animals divided into groups according to the level of biopotential "low", "high", then at 12 and 18 months of age and further until the fourth lactation. The control was performed by animals with a high level of bioelectric potential (UBP) of the PBAC.

Results. In the experiments, results were obtained that allow, according to the values of the UBP of the PLBAC, to assess the development indicators of heifers in critical phases of their development, which made it possible to carry out timely insemination of repair heifers in the future, and is also a prerequisite for obtaining high lifetime milk yields and long-term productive use of cows. In experimental groups of animals with different initial UBP of the PLBAC, data were obtained according to which animals with a high UBP of the PLBAC at 6 months of age maintained high growth trends in UBP of the PLBAC and live weight at both 12 months and 18 months of age, relative to animals with a low level of bioelectric potential of the centers, with a significant difference in values: 6 months - by 17.8 %; in 12 months - by 21.15 %; in 18 months - by 28.1 %, by live weight by 2.4 %, 1.76, 1.48 %, respectively ($p < 0.05$; $P < 0.001$). When studying the UBP of swimmers in cows by lactation and taking into account the value of the UBP of swimmers in heifers at the age of 18 months, it was found that animals with a high UBP of swimmers, in particular

Conclusion. Having studied the bioenergetic parameters of heifer swimmers and performed calculations by one-factor analysis of variance, a statistically significant effect of live weight and age of animals on the level of bioelectric potential of their centers was established. Bioenergetic parameterization of the PBAC in dairy cattle breeding allows us to reliably assess and predict the growth rate of young animals and the duration of productive use of cows (RF Patent No. 2785669).

Key words: heifers, cows, duration of use, mathematical modeling, bioenergetic parameterization, superficially localized biologically active centers

For citation: Samusenko L.D., Mamaev A.V. A digital model of bioenergetic forecasting of the duration of cow use // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol. 16, No. 2, P.77-83 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.41.17.010>

Введение

Внедрение цифровых технологий в молочное скотоводство позволяет снизить издержки на 30-40 % за счет точности в селекционной работе с крупным рогатым скотом, оценки качества получаемой продукции, раннего выявления заболеваний, снижения издержек на выращивание молодняка путем контроля рационов кормления и зооигиенических параметров [4,13].

Введение в эксплуатацию новых специализированных комплексов, мегаферм, современных интенсивных технологий приводит к снижению сроков продуктивного использования молочных коров, вызывает дополнительные затраты и замедляет окупаемость предприятия. Важность

удлинения сроков продуктивного использования подчеркивают в своих трудах ведущие отечественные ученые. Еще в 1969 С.И. Штейман считал, что срок использования животных дает возможность увеличения количества ценного племенного приплода и значительного снижения себестоимости всей продукции [9,20].

Величина продуктивного долголетия имеет низкую наследуемость, и причинами этого являются многочисленные факторы генетического и паратипического характера. Так, например, одной из причин является увеличение молочной продуктивности, которая снижает благополучие (animal welfare) коров и рождаемость потомства, появляются проблемы с конечностями животных и обме-

ном веществ, и, как следствие, снижается продолжительность продуктивной жизни коров. Многие ученые считают благополучие животных экономически выгодным состоянием, которое служит показателем устойчивости системы производства и получения продукции высокого качества. Вторым фактором является направленное выращивание молодняка. Этот процесс включает в себя многие моменты, но при этом преследует главную цель – вырастить хорошую телку, готовую к отелу в возрасте 23-24 месяца, и компенсировать стоимость вложенных средств за счет последующего производства молока [1,2,8,14,15]. Для оценки эффективности роста и развития животных на практике используются достаточно трудоёмкие и затратные методы, поэтому разработка и внедрение в практику новых системных способов позволяющих быстро и достоверно сделать прогноз и оценку продуктивных возможностей организма животных, является актуальным направлением исследований [6,10,11,16,17,18,19]. Одним из наиболее перспективных и современных методов является использование поверхностно локализованных биологически активных центров животных, используемых в производстве для коррекции функционального состояния и оценки уровня продуктивности.

Цель исследований – создание системы прогнозирования продолжительности продуктивного использования коров на основе математического моделирования данных биоэнергетического параметрирования поверхностно локализованных биологически активных центров (ПЛБАЦ) оцениваемых животных.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в ОС «Стрелецкая» филиал ФГБНУ ФНЦ ЗБК в период с 2016 по 2022 г. Объектом исследований являлся крупный рогатый скот черно-пестрой голштинизированной породы в возрасте от 6 мес и до выбытия. Средняя продуктивность по стаду $4500 \pm 23,0$ кг молока за полную законченную лактацию ($343 \pm 2,2$ дня), при сервис-периоде не превышающем 90 дней и живой массе $575 \pm 21,2$ кг. Сформированные по принципу аналогов, в возрасте 6 мес, опытные группы телок по 20 голов в каждой сохранялись до окончания опыта или до момента выбытия коров из стада. Животные опытных групп на протяжении опыта находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Полноценность кормления анализировали по фактическим рационам кормления и концентрации питательных веществ в сухом веществе, сравнивая их с рекомендуемыми нормами ВИЖ. Содержание телок групповое беспривязное, нетелей со второй половины стельности и коров – привязное в стандартных коровниках на 400 голов в зимне-стойловый период, в летний период – на пастбище. Доеение двукратное.

Измерения уровня биоэлектрического потенциала проводили прибором типа ЭЛАП в ПЛБАЦ №5, №7, №11, №41, №56, №57 в течение трех смежных дней, рассчитывали средний уровень. Первое измерение было проведено в возрасте 6 месяцев с разделением животных на группы по уровню био-

потенциала: «высокий», «низкий», затем в возрасте 12 и 18 месяцев и далее до момента выбытия коров из стада. Контрольная группа – животные с высоким уровнем биоэлектрического потенциала (УБП) ПЛБАЦ. Взвешивание молодняка проводили по общепринятым методикам с соблюдением необходимых требований. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики с вычислением критерия достоверности по Стьюденту [5,12] с использованием ПК и компьютерных программ Microsoft Office Excel, 2010, SPSS18 и ANOVA.

Результаты исследований и их обсуждение

В опытах получены результаты, позволяющие по значениям УБП ПЛБАЦ оценивать показатели развития телок в критические фазы их развития, что позволило в дальнейшем проводить своевременное осеменение ремонтных телок, а также является предпосылкой получения высоких пожизненных удоев и длительного продуктивного использования коров. В опытных группах животных с разным начальным УБП ПЛБАЦ получены данные, согласно которым животные, имевшие высокий УБП ПЛБАЦ в шестимесячном возрасте, сохраняли высокие тенденции роста УБП ПЛБАЦ и живой массы и в возрасте 12 и 18 месяцев относительно животных с низким уровнем биоэлектрического потенциала центров, при достоверной разнице в значениях: в 6 мес. – на 17,8 %; в 12 мес. – на 21,15%; в 18 мес. – на 28,1 %, по живой массе на 2,4 %, 1,76, 1,48 % соответственно ($p < 0,05$; $P < 0,001$) (рис.1).

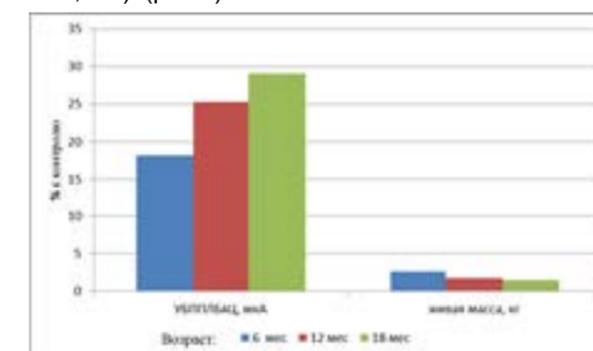


Рис. 1 – Уровень биоэлектрического потенциала ПЛБАЦ и живая масса телок разного возраста
Fig. 1 – The level of bioelectric potential and the live weight of heifers of different ages

Коэффициент вариабельности показывает степень зависимости признаков от факторов генетического и паратипического характера. У животных контрольной группы с высокими УБП ПЛБАЦ коэффициент изменчивости во все периоды роста составил в среднем 4,8 %, а с низким УБП ПЛБАЦ – 10,5 %. По живой массе коэффициент изменчивости был равнозначным во всех группах.

Для выяснения взаимосвязей между живой массой, возрастом и УБП ПЛБАЦ телок был проведен однофазный дисперсионный анализа, рассчитан F-критерий Фишера, позволяющий опреде-

лять степени выраженности и взаимозависимости переменных (показателей) (табл. 1). Рассчитано, что возраст и живая масса телок в возрасте 6-18 месяцев находятся в тесной взаимосвязи с величиной УБП ПЛБАЦ, критерии Фишера составили

808,697 и 4978,736, при $p=0,0005$, соответственно. Различия: «возраст - УБППЛБАЦ» и «живая масса - УБППЛБАЦ» между группами опытных телок являются статистически выраженными.

Таблица 1 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа влияния возраста и живой массы на УБППЛБАЦ телок

Показатели	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Возраст	17633,179	8816,589	808,697	0,0005
Живая масса	426668,933	213334,467	4978,736	0,0005

Независимые переменные: живая масса и возраст; зависимая переменная – УБП ПЛБАЦ

С целью установления взаимосвязи между изучаемыми показателями была составлена корреляционная матрица (табл.2).

Таблица 2 – Матрица корреляций зависимых признаков

Показатели		Биопотенциал	Возраст	Живая масса
n		60	60	60
УБППЛБАЦ	Корреляция Пирсона	1	0,980**	0,963**
Возраст	Корреляция Пирсона	0,980**	1	0,989**
Живая масса	Корреляция Пирсона	0,963**	0,989**	1

Примечание: ** – корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя)

Модель матрицы корреляционных признаков показывает высокодостоверную зависимость уровня биоэлектрического потенциала центров от возраста и живой массы телок. Так, возраст и живая масса животных достоверно коррелируют с УБП ПЛБАЦ при пороге достоверности 0,01: +0,98 и +0,963, соответственно.

Установленные зависимости подтверждаются результатами математической обработки данных

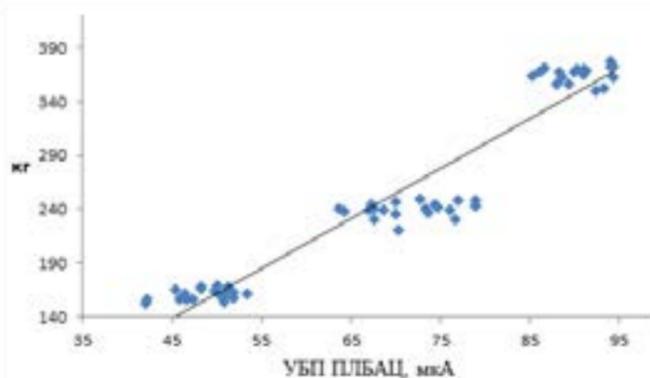


Рис. 2 – Сопряженность УБП ПЛБАЦ и живой массы телок
Fig. 2 – The conjugation of the level of bioelectric potential and the live weight of heifers

Таким образом, продемонстрирована доказательно обоснованная системная математически обоснованная цифровая модель влияния возраста и живой массы телок на уровень биоэлектрического потенциала их ПЛБАЦ.

При изучении УБП ПЛБАЦ у коров по лактациям и с учетом величины УБП ПЛБАЦ телок в возрасте 18 месяцев установлено, что животные

с высоким УБП ПЛБАЦ в период роста и физиологического созревания отличались высокой сохранностью, длительностью продуктивного использования и высокими пожизненными удоями (рисунки 3,4). Так, у контрольных коров к четвертой лактации, с высоким начальным средним УБП ПЛБАЦ измеряемые значения биоэнергетического потенциала постепенно снижались с 41,00 до

28,27 мкА, при сохранности поголовья 52,6 % и среднем удое за четыре лактации – 4358,25 кг молока. У опытных животных с низким УБППЛБАЦ к четвертой лактации наблюдалось интенсивное снижение значений потенциала с 37,69 до 19,68 мкА, при сохранности поголовья – 38,8 % и среднем удое – 3902,7кг ($P<0,001$). Коэффициент изменчивости C_v удоя коров с высокими УБП ПЛБАЦ составил 9-23 %, а C_v УБП ПЛБАЦ – 6-17 %. У коров с низким УБП ПЛБАЦ C_v удоя находился в пределах 4-5 %, C_v УБППЛБАЦ – 22-15 %.

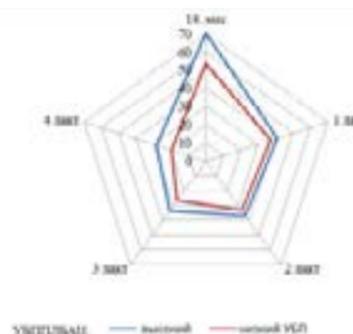


Рис. 3 –УБП ПЛБАЦ коров по лактациям
Fig. 3 – The level of bioelectric potential of cows by lactation

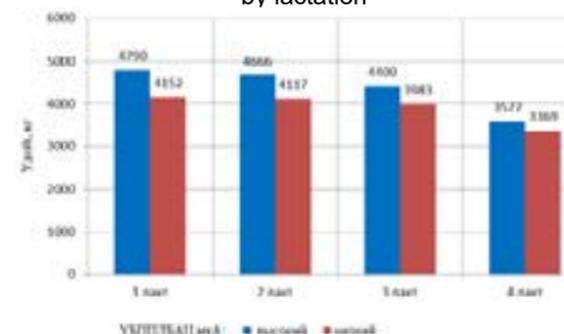


Рис. 4 –Удой коров по лактациям
Fig. 4 –Milk yield of cows by lactation

Заключение

В последние годы вопросы прогнозирования продуктивного долголетия коров высокопродуктивного молочного скота не только не теряют своей актуальности, но и приобретают новые форматы решения. Существенные изменения в интенсивности использования коров и высокий уровень их продуктивности приводят к ранней выбраковке коров из стада, что влечет проблемы, связанные с ремонтом стада, необходимость дополнительных затрат и, как следствие, снижение рентабельности производства молока. Внедрение новых цифровых моделей биоинформационной оценки интенсивности роста телок позволит с высокой долей вероятности прогнозировать сроки продуктивного использования коров и планировать экономику молочного скотоводства. Цифровое параметрирование УБП ПЛБАЦ телок выявило существенные различия в интенсивности их роста в разные

возрастные периоды. Животные с высоким УБП ПЛБАЦ в период роста и физиологического созревания сохранили его на высоком уровне в течение всего периода продуктивного использования. Такие животные отличались высокими удоями и продолжительностью использования до пяти лактаций.

У телок с высокими УБП ПЛБАЦ относительная скорость роста в сравнении с животными с низким УБППЛБАЦ была выше в шестимесячном возрасте на 3,1 %, в возрасте 12 месяцев – на 1,76 % и в 18 месяцев – на 1,48 %.

У коров с начальными высокими УБП ПЛБАЦ сохранность поголовья была на 13,8 %, а удой – на 455,55 кг выше относительно животных с низкими начальными УБП ПЛБАЦ.

Цифровая модель биоэнергетического параметрирования ПЛБАЦ может успешно применяться для оценки и прогнозирования интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота и продолжительности продуктивного использования коров (патент РФ № 2785669).

Список источников

1. Головань, В.Т. О взаимодействии воспроизводительной и лактационной функции у коров.- Текст: непосредственный/ В.Т. Головань, А.В. Кучерявенко, Д.А. Юрин, М.С. Галичева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 51. - С. 49-52.
2. Дунин, И.М. Настоящее и будущее отечественного скотоводства/ И. М. Дунин, В. Шаркаев, А. Кочетов.- Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство. – 2012. – №6. – С. 2-5.
3. Дуринян, Р.А. Сенсорные системы. Сенсорные взаимодействия. Протезирование/ Р.А.Дуринян, В.К.Решетняк, Е.О. Брагин.- Текст: непосредственный.- Л.: Наука, 1983. - 187 с.
4. Загидуллин, Л.Р. Цифровизация молочного скотоводства на примере системы роботизированного доения// Л.Р.Загидуллин// Техника и технологии в животноводстве.- 2021.- № 4(44).- с.17-22.
5. Крюков, В.И. Генетика. Часть 5. Статистические методы изучения изменчивости: учебное пособие для Вузов / В.И.Крюков.- Орел: издательство ОрелГАУ, 2006.-208с. с илл.- Текст: непосредственный.
6. Мамаев, А.В. Технология молочного скотоводства на малых предприятиях: монография Palmarium Academic Publishing Bahnhofstrabe 28,66111 Saarbrucken, Deutschland / А.В. Мамаев, Л.Д. Самусенко.- Германия 2016.
7. Мамаев, А.В. Оценка физиологического состояния коров по биоэлектрическому потенциалу /А.В. Мамаев //Ветеринария. 2004.- №7. С 41-42.
8. Морозова Н. И. Молочная продуктивность и качество молока/Н.И. Морозова.- Текст: электронный // Зоотехния. -2012. -№ 2. -С. 18.
9. Овчаренко А.С. Молочная продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров в зависимости от системы содержания/ А.С Овчаренко, Л.В. Харина// Вестник Омского ГАУ.- 2018.- № 1(29).- с-43-48.



10. Патент RU 2251263 Способ оценки энергии роста телят по физиологическому показателю / Мамаев А.В.: патентообладатель Орловский государственный аграрный университет.- заявка № 2004106207, заявлено 02.03.2004; опубл. 10.05.2005, Бул. №13.- Текст: непосредственный.

11. Патент RU 2251263 Способ оценки энергии роста телят по физиологическому показателю / Мамаев А.В.; патентообладатель Орловский государственный аграрный университет, по заявке № 2004106207

12. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. - Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. - 568 с.: ил.- ISBN 5-7352-0110-7.

13. Рябуха А.В., Миллер Т.В., Рябуха В.А., Коноплев В.А., Капралов Д.В., Оценка морфофункционального состояния крупного рогатого скота по биоэнергетическому потенциалу/ А.В. Рябуха, Т.В.Миллер, В.А.Рябуха, В.А.Коноплев, Д.В.Капралов, И Чжун // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4 (115). С. 173-177.

14. Самусенко Л.Д. Влияние генетических факторов на воспроизводительную способность и молочную продуктивность коров/ Л.Д. Самусенко, С.Н. Химичева// Главный зоотехник - №6, 2016 с 22-29.

15. Самусенко Л.Д. Молочная продуктивность коров в зависимости от их линейной принадлеж-

ности/ Л.Д. Самусенко // Молочное и мясное скотоводство.-2011.- №2, 2011.- с 30-31.

16. Самусенко Л.Д. Целесообразность разработки новых методов идентификации соматических клеток в молоке коров/ Л.Д.Самусенко, А.В.Мамаев, А.Н. Астахова// Биология в сельском хозяйстве. -2023.- № 1 (38). -С. 101-13.

17. Самусенко, Л.Д. Экономическая эффективность производства молока по сезонам отела коров /Л.Д. Самусенко, С.Н. Химичева. - Текст: непосредственный // Зоотехния .- 2016.-№12. -22-24.

18. Самусенко, Л.Д. Комплексная биоэнергетическая оценка продуктивного потенциала крупного рогатого скота и овец: монография / Л.Д. Самусенко, А.В.Мамаев.- Орел: изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2020.- с 162с. ISBN 978-5-93382-347-6.

19. Самусенко, Л.Д. Разработка технологии биоэнергетической оценки быков производителей с разным качеством семени/ Л.Д. Самусенко, А.В. Мамаев, О.А. Мамаева //Вестник аграрной науки. 2023. №2 (10). С. 102-109.

20. Тарадайник, Т.Е. Фундаментальные и прикладные аспекты ветеринарной акупунктуры как способа коррекции физиологического состояния животных/ Т.Е.Тарадайник, Н.П.Тарадайник, Г.Н. Сингина.- Текст: электронный// Сельскохозяйственная биология.- 2016.-Т51.- №2.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Golovan', V.T. O vzaimodejstvii vosproizvoditel'noj i laktacionnoj funkcii u korov.- Tekst: neposredstvennyj/ V.T. Golovan', A.V. Kucheryavenko, D.A. Yurin, M.S. Galicheva // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2014. - № 51. - S. 49-52.

2. Dunin, I.M. Nastoyashchee i budushchee otechestvennogo skotovodstva/ I. M. Dunin, V. Sharkaev, A. Kochetov.- Tekst: neposredstvennyj // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2012. – №6. – S. 2-5.

3. Durinyan, R.A. Sensornye sistemy. Sensornye vzaimodejstviya. Protezirovaniye/ R.A.Durinya, V.K.Reshetnyak, E.O. Bragin.- Tekst: neposredstvennyj.- L.: Nauka, 1983. - 187 s.: il.

4. Zagidullin, L.R. Cifrovizatsiya molochnogo skotovodstva na primere sistemy robotizirovannogo doeniya// L.R.Zagidullin// Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve.- 2021.- № 4(44).- s.17-22.

5. Kryukov, V.I. Genetika. Chast' 5. Statisticheskie metody izucheniya izmenchivosti: uchebnoe posobie dlya Vuzov / V.I.Kryukov.- Орел: izdatel'stvo OrelGAU, 2006.-208s. s. ill.- Текст: непосредственный.

6. Mamaev, A.V. Tekhnologiya molochnogo skotovodstva na malyh predpriyatiyah: monografiya Ralmarium Academic Publishing Bahnhofstrabe 28,66111 Saarbrücken, Deutschland / A.V. Mamaev, L.D. Samusenko.- Germaniya 2016.

7. Mamaev, A.V. Ocenka fiziologicheskogo sostoyaniya korov po bioelektricheskomu potencialu /A.V. Mamaev //Veterinariya. 2004.- №7. S 41-42.

8. Morozova N. I. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka/N.I. Morozova.- Tekst: elektronnyj // Zootekhnika. -2012. -№ 2. -S. 18.

9. Ovcharenko A.S. Molochnaya produktivnost' i prodolzhitel'nost' hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov v zavisimosti ot sistemy soderzhaniya/ A.S. Ovcharenko, L.V. Harina// Vestnik Omskogo GAU.- 2018.- № 1(29).- s-43-48.

10. Patent RU 2251263 Sposob ocenki energii rosta telyat po fiziologicheskemu pokazatelyu / Mamaev A.V.: patentoobladatel' Orlovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.- заявка № 2004106207, заявлено 02.03.2004; опубл. 10.05.2005, Бул. №13.- Текст: непосредственный.

11. Patent RU 2251263 Sposob ocenki energii rosta telyat po fiziologicheskemu pokazatelyu / Mamaev A.V.; patentoobladatel' Orlovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, по заявке № 2004106207

12. Osnovy nauchnyh issledovaniy v zhivotnovodstve / V. M. Kuznecov. - Киров: Zonal'nyj NIISH Severo-Vostoka, 2006. - 568 s. : il.- ISBN 5-7352-0110-7.

13. Ryabuha A.V., Miller T.V., Ryabuha V.A., Konoplyov V.A., Kapralov D.V.,. Ocenka morfofunkcional'nogo



sostoyaniya krupnogo rogatogo skota po bioenergeticheskomu potencialu/ A.V. Ryabuha, T.V.Miller, V.A. Ryabuha, V.A.Konoplyov, D.V.Kapralov, I Chzhun // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4 (115). S. 173-177.

14. Samusenko L.D. Vliyaniye geneticheskikh faktorov na vosproizvoditel'nyuyu sposobnost' i molochnyuyu produktivnost' korov/ L.D. Samusenko, S.N. Himicheva// Glavnyj zootekhnik - №6, 2016 s 22-29.

15. Samusenko L.D. Molochnaya produktivnost' korov v zavisimosti ot ih linejnoy prinadlezhnosti/ L.D. Samusenko // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.-2011.- №2, 2011.- s 30-31.

16. Samusenko L.D. Celoobraznost' razrabotki novykh metodov identifikatsii somaticheskikh kletok v moloche korov/ L.D.Samusenko, A.V.Mamaev, A.N. Astahova// Biologiya v sel'skom hozyajstve. -2023.- № 1 (38). -S. 101-13.

17. Samusenko, L.D. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva moloka po sezonam otela korov /L.D. Samusenko, S.N. Himicheva. - Tekst: neposredstvennyj // Zootekhnika .- 2016.-№12. -22-24.

18. Samusenko, L.D. Kompleksnaya bioenergeticheskaya ocenka produktivnogo potenciala krupnogo rogatogo skota i ovec: monografiya / L.D. Samusenko, A.V.Mamaev.- Орел: izd-vo FGBOU VO Orlovskij GAU, 2020.- s 162s. ISBN 978-5-93382-347-6.

19. Samusenko, L.D. Razrabotka tekhnologii bioenergeticheskoy ocenki bykov proizvoditelej s raznym kachestvom semeni/ L.D. Samusenko, A.V. Mamaev, O.A. Mamaeva //Vestnik agrarnoy nauki. 2023. №2(10). S. 102-109.

20. Taradajnik, T.E. Fundamental'nye i prikladnye aspekty veterinarnoy akupunktury kak sposoba korrektsii fiziologicheskogo sostoyaniya zhivotnyh/ T.E.Taradajnik, N.P.Taradajnik, G.N. Singina.- Tekst: elektronnyj// Sel'skohozyajstvennaya biologiya.- 2016.-Т51.- №2.

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

Самусенко Людмила Дмитриевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехники и разведения сельскохозяйственных животных имени профессора А.М. Гуськова, ФГБОУ ВО Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, ldsamusenko@mail.ru

Мамаев Андрей Валентинович, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры «Продукты питания животного происхождения», ФГБОУ ВО Орловский Государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, shatone@mail.ru

Author information

Samusenko Lyudmila D., Candidate of Biological Sciences, Associate, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry and Breeding of Farm animals named after Professor A.M. Guskov, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", ldsamusenko@mail.ru

Mamaev Andrey V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department Professor of the Department of Food of animal origin, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", shatone@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.03.2024; одобрена после рецензирования 15.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 21.03.2024; approved after reviewing 15.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.





Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с. 84-89
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 84-89

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.582:631.452
DOI: 10.36508/RSATU.2024.78.61.011

УРОЖАЙНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОТВАЛЬНОЙ И МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Евгений Игоревич Сеничев ^{1✉}, Александр Андреевич Тевченков ²

^{1,2} ЛНИИР – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк, Россия

¹ EugeneArt40@yandex.ru

² soya@lniir.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Цель данных исследований – изучение особенностей формирования урожайности и структуры урожая ярового ячменя по двум различным по интенсивности и характеру воздействия на почву технологиям.

Методология. Исследования проведены в 2019-2020 г. на полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Варианты полевого опыта заложены в четырехкратной повторности. Учетная площадь поля составляет 1,4 га. Поле разделено на 8 учетных делянок. Площадь каждой отдельной делянки составляет 1800 м². Объектом исследований выступил сорт ячменя Михайловский.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что в 2020 году была получена наибольшая хозяйственная урожайность при применении традиционной технологии – на 0,32 т/га зерна больше, чем при ресурсосберегающей. В 2019 году и 2020 году средняя высота побегов в снопе при применении той или иной технологии практически находилась на одном уровне. При сравнении количества продуктивных побегов видно, что в 2020 году при применении традиционной технологии сформировалось на 175,9 шт./м² больше, чем в 2019 г. Что касается ресурсосберегающей технологии, то в 2020 году исследований было сформировано на 103 шт./м² больше. Масса зерна с одного колоса находилась практически на одном уровне в годы исследований, также как и число зерен с одного колоса. Та же тенденция касается и массы 1000 зерен, что объясняется влиянием погодных условий. По показателю биологической урожайности в 2019 году видно, что при минимальной обработке формировалась большая биологическая урожайность – на 0,42 т/га больше, чем в 2020 году. Однако в 2020 году отвальная вспашка показала лучший результат на 0,68 т/га.

Заключение. На основе проведенных исследований можно заключить, что в сложившихся метеорологических условиях минимальная обработка практически не уступала традиционному методу обработки почвы. Однако, чтобы увидеть результаты, превосходящие классические методы возделывания почвы, требуется значительное время.

Ключевые слова: яровой ячмень, обработка почвы, агротехника, урожай, структура урожайности

Для цитирования: Сеничев Е.И., Тевченков А.А. Урожайность и формирование элементов структуры урожая ярового ячменя при отвальной и минимальной обработке почвы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2. С. 84-89. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.78.61.011>

Original article

SPRING BARLEY YIELD AND YIELD STRUCTURE ELEMENTS FORMATION UNDER MOLDBOARD AND MINIMUM TILLAGE

Evgeny I. Senichev ^{1✉}, Alexander A. Tevchenkov ²

^{1,2} Lipetsk Rapeseed Research Institute – the Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution, "Federal Scientific Center, "V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops, Lipetsk, Russia

¹ EugeneArt40@yandex.ru

² soya@lniir.ru

Abstract.

Problem and purpose. The research goal was to study the characteristics of spring barley yield formation and structure using two technologies that differ in strength and power of impact on the soil.

Methodology. The research has been undertaken during the period of 2019-2020 on the field experimental station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy within the framework of stationary long-term experiment. The variants of the field experiment were based on four replications. The field registration plot was 1.4 hectares. The field was divided into 8 registration plots. The area of each plot was 1800 m². Mikhailovsky barley variety was the object of this research.

Results. Resultantly, it has been found that in 2020 the highest economic yield was obtained when applying traditional technology, 0.32 t/ha more grain than using resource-saving technology. In 2019 and 2020, the average height of shoots in a sheaf when applying this or that technology was practically at the same level. In 2019 and 2020, the average height of shoots in a sheaf when using one or another technology was practically at the same level. Comparing the number of productive shoots, it became clear that in 2020, using traditional technology, 175.9 more pcs./m² were formed than in 2019. As for resource-saving technology, in 2020, 103 more pieces/m² were generated as the result of the research. The weight of grain per spike was practically at the same level during the years of research, as well as the number of grains per spike. The same tendency has been revealed with the index of 1000 grains weight, which was due to variable weather conditions. The biological yield index in 2019 showed that with minimal processing, a higher biological yield was formed by 0.42 t/ha than in 2020. At the same time in 2020, moldboard plowing tillage showed the best result by 0.68 t/ha.

Conclusion. Based on the conducted research, it can be concluded that under the existing meteorological conditions, minimum tillage was practically not inferior to the traditional method of soil cultivation. However, it takes considerable time to see results superior to classical tillage methods.

Key words: spring barley, tillage, agrotechnique, yield, yield structure, productivity

For citation: Senichev E. I., Tevchenkov A. A. Spring barley yield and yield structure elements formation under moldboard and minimum tillage // Herald of Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No.2, P.84-89 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.78.61.011>

Введение

Получаемая урожайность является ведущим показателем эффективности агротехнологии выращивания всех сельскохозяйственных культур. Одним из основных факторов, от которого будет зависеть величина урожая, является обработка почвы, именно благодаря ей изменяется структура почвы, а также водно-воздушный и питательный режимы [3,14].

На данный момент достаточно широкое распространение имеет интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур. Суть интенсивной технологии заключается в получении максимально высоких урожаев за счет наиболее эффективного использования комплекса факторов, которые определяют формирование урожая возделываемых культур [2,9].

Однако в последние годы в нашей стране и, особенно, за рубежом все чаще используются ресурсосберегающие технологии с существенным сокращением технологических операций и экономией энерго- и трудозатрат. Хотя в нынешнем земледелии имеется тенденция к вытеснению традиционных способов обработки почвы ресурсосберегающими технологиями, полный переход к ним невозможен одновременно [12].

Таким образом, целью исследований было уточнение особенностей формирования растений ярового ячменя, а также определение урожайности и структуры урожая при выращивании по двум различающимся по интенсивности воздействия на почву технологиям, а именно: традиционной и ресурсосберегающей.

Материалы и методы

Местом проведения данных научных исследований стала опытная станция Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева.

Данные исследования по изучению особенностей формирования урожая и урожайности ярового ячменя при отвальной вспашке и минимальной обработке почвы были проведены в 2019-2020 гг. в условиях полевого стационарного многолетнего научно-производственного опыта. В полевом опыте использовали сорт ячменя ярового Михайловский.

Варианты стационарного полевого опыта были заложены систематически, в два яруса, повторность четырехкратная. Учетная площадь, занятая яровым ячменем, составила 1,4 га. Поле было разбито на 8 учетных делянок для того, чтобы изучить различные варианты обработки почвы. Площадь одной делянки составила 0,18 га.

Для обработки почвы используются плуг Lemken EurOpal и дисковый культиватор Pegasus. Измерение влажности зерна осуществляется при помощи электронного влагомера Wile-55.

Для посева ячменя использовались сеялки DMS-Primer 3 и Д-9-30, обе сеялки производства фирмы Amazone. Норма высева по вариантам была единой и составила 5,5 млн шт./га. Для посева использовали семена ярового ячменя сорта Михайловский. Масса 1000 семян составила 45-47 г.

Система защиты растений ярового ячменя одинакова для обоих вариантов обработки почвы. На нашем опыте в системе комплексной защиты посевов применялась баковая смесь гербицида Линтур против однолетних и многолетних сорняков и инсектицида Децис широкого спектра действия. Обработка данными препаратами осуществлялась в фазу семядольных листьев или первых настоящих листьев сорной растительности.

В течение вегетационного периода проводились биометрические наблюдения за ростом и развитием ярового ячменя в полевых условиях,



проводилась визуальная оценка наступления фенологических фаз и отмечались календарные даты их наступления.

Для анализа структуры урожая ячменя во время уборки были отобраны снопы. Методика определения заключалась в отборе растений с пробных площадок в 1 м². Их выбирали в разных местах на делянках каждого варианта опыта, растения при этом выкапывались вместе с корнями и далее их объединяли в один сноп. В каждом отделенно взятом снопе велся подсчет числа стеблей с колосом. Корни отрезали на высоте не более 1,5-2 см, далее сноп взвешивали, проводили вычисление средней высоты растений. При определении структуры урожая определяли число колосов и взвешивали их отдельно в каждой части. Обмолот зерна происходил вручную, после чего его взвешивали и определяли массу 1000 зерен.

Уборка урожая ярового ячменя проводилась при наступлении фазы полной спелости. Метод сбора урожая однофазный с использованием комбайна Сампо. При учете урожая соблюдалась четырехкратная повторность. Далее проводилась сортировка зерна по фракциям и сушка до влажности 14 %.

Таблица 1 – Хозяйственная урожайность ярового ячменя, т/га, 2019-2020 гг.

Обработка почвы	2019 г.	2020 г.
Отвальная вспашка	2,62 ± 0,15	2,90 ± 0,23
Минимальная обработка	2,76 ± 0,11	2,58 ± 0,26
НСР ₀₅	0,19	0,24

Как видно из представленных в таблице 1 данных, в 2020 году была получена наибольшая хозяйственная урожайность при применении традиционной технологии. Так, при возделывании ячменя по данной технологии было получено на 0,32 т/га зерна больше, чем при ресурсосберегающей. Как показывает НСР₀₅, разница между вариантами опыта существенна. При сравнении полученных данных с результатами прошлого года исследований видно, что хозяйственная урожайность при сложившихся метеорологических условиях года исследований была несколько выше. Так, например, при отвальной вспашке разница составляла 0,28 т/га, а при применении минимальной обработки – 0,18 т/га. Однако при минимальной обработке полученная разница между годами исследований была в пределах ошибки опыта. Также по годам наблюдаются различия в формировании урожайности в зависимости от

Таблица 2 – Элементы структуры урожая и высота растений ярового ячменя, 2019-2020 гг.

Показатели	Обработка почвы			
	Отвальная вспашка		Минимальная обработка	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Высота побегов в снопе, см:	45,0 ± 1	50 ± 2	46,0 ± 2	48 ± 1
Продуктивные побеги, шт./м ²	446 ± 42	622 ± 13	511 ± 78	614 ± 12

В 2019 г. был приобретен прибор Infratec 1241, который можно применять на многих зерновых, бобовых и масличных культурах. С его помощью проводили анализ показателей качества зерна, полученного при различных по интенсивности обработках почвы. Статистические данные по урожайности ярового ячменя были обработаны по методике Б.А. Доспехова путем дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследований и их обсуждение

Основным показателем, определяющим эффективность агротехнологии возделывания всех сельскохозяйственных культур, в том числе и ярового ячменя, является урожайность. Применение той или иной технологии обработки почвы служит немаловажным фактором, от которого будет зависеть формирование будущего урожая и его качество.

При возделывании ярового ячменя по традиционной технологии, включающей отвальную вспашку, и при использовании минимальной технологии обработки почвы были получены различные значения хозяйственной урожайности. Данные, полученные в ходе исследований, приведены в таблице 1.

применяемой технологии обработки. Если в 2020 году наибольшая урожайность отмечалась при отвальной вспашке, то в 2019 году, напротив, при минимальной обработке, однако разница была несущественной.

Одним из определяющих и важных факторов количества урожая является структура урожая. При анализе структуры урожая можно установить закономерность формирования урожая культуры и оценить его зависимость от влияния факторов окружающей среды. Это довольно важный метод для оценки развития всех сельскохозяйственных культур. В целом, при анализе структуры урожая в нашем опыте наблюдались лучшие показатели при применении традиционной технологии возделывания ярового ячменя по сравнению с ресурсосберегающей технологией обработки почвы. Данные анализа структуры урожая представлены в таблице 2.



Продолжение таблицы 2

Масса зерна (с 1 колоса), г:	0,80 ± 0,06	0,74 ± 0,02	0,78 ± 0,06	0,68 ± 0,02
Число зерен (с 1 колоса), шт.:	15 ± 1,0	14,71 ± 0,17	15 ± 1,0	13,99 ± 0,38
Масса 1000 зерен, г:	51,3 ± 1,8	50,05 ± 0,82	52,7 ± 1,4	48,89 ± 0,55
Урожайность (биологическая) т/га:	3,57 ± 0,49	3,89 ± 0,19	3,99 ± 0,35	3,21 ± 0,10

Как видно из результатов анализа структуры урожая ярового ячменя в 2020 году, средняя высота побегов в снопе при применении той или иной технологии практически находилась на одном уровне. При сравнении с высотой растений в 2019 году видно, что растения ячменя в 2020 году были сравнительно выше при применении отвальной вспашки. Разница здесь составляла порядка 5 см. При применении же минимальной обработки почвы растения были выше в 2020 году на 2 см, однако это находилось в пределах ошибки опыта.

При сравнении количества продуктивных побегов в год исследований при традиционной технологии и ресурсосберегающей также наблюдались некоторые различия. Разница между вариантами опыта составляла 8 шт./м². Наибольшее количество продуктивных побегов отмечалось в варианте опыта с отвальной вспашкой. При сравнении данного элемента структуры урожая с прошлым годом исследований наблюдались существенные различия. В 2020 году при применении традиционной технологии сформировалось на 175,9 шт./м² продуктивных побегов больше, чем в 2019 г. Что касается ресурсосберегающей технологии, то в 2020 году исследований было сформировано также больше продуктивных побегов на 103 шт./м² в отличие от прошлого года.

По массе зерна с 1 колоса в год исследований были различия между используемыми технологиями. Данный показатель был больше на 0,06 г при применении традиционной технологии. При сравнении данного показателя с результатами исследований 2019 года видно, что различия по обоим тех-

нологиям находились в пределах ошибки опыта.

Число зерен с 1 колоса в годы проведения исследований также было наибольшим при отвальной вспашке. Разница составляла 0,72 шт. При сравнении с результатами 2019 года разница при отвальной вспашке находилась в пределах ошибки опыта, ситуация при минимальной обработке подобная.

Масса 1000 зерен в годы проведения наших исследований также наибольшей была при традиционной обработке. Разница по данному показателю составляла 1,16 г. Сравнимая полученные результаты с результатами 2019 года, видим, что масса 1000 зерен несколько меньше в 2020 году, что говорит о влиянии метеорологических условий года вегетации культуры на формирование структуры урожая.

Что касается биологической урожайности, то из данных таблицы видно, что в 2020 году наблюдалась небольшая тенденция к некоторому увеличению биологической урожайности при применении традиционной обработки почвы. Разница между вариантами составляла 0,68 т/га. Таким образом, можно сделать вывод, что применение традиционной технологии при сложившихся теплых, с достаточным количеством влаги условиях в годы проведения исследований имело преимущество при формировании урожайности перед ресурсосберегающей обработкой почвы.

В 2020 году проводили анализ показателей качества зерна, полученного при различных по интенсивности обработках почвы. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества зерна ярового ячменя

Обработка почвы	Показатели			
	Белок, %	Влажность, %	Экстрактивность, %	Растворимый белок, %
Отвальная вспашка	9,94	8,24	79,61	3,00
Минимальная обработка	9,51	8,30	79,38	3,03

Как видно из представленной таблицы, зерно ярового ячменя на время проведения анализа было очень сухим. Влажность обоих образцов находилась на уровне ниже 14 %. Зерно, полученное при возделывании по отвальной обработке, было 0,06 % суше, чем при минимальной. По содержанию белка зерно, полученное при возделывании по традиционной технологии и при ресурсосберегающей технологии, является хорошим сырьем

для пивоварения, поскольку в обоих образцах данный показатель не превышает 12 %.

Экстрактивность зерна указывает на количество органического вещества, которое может переходить в водный раствор путем размолла зерна под ферментативным воздействием солода. Для получения качественной продукции данный показатель должен быть на уровне 79-82 %. Как видно из таблицы, анализируемое зерно обладает



хорошей экстрактивностью. По содержанию растворимого белка оба образца имели одинаковый показатель.

Заключение

Результаты исследований влияния различных по интенсивности обработок почвы, а именно, отвальной и минимальной, на урожай и структуру урожайности ярового ячменя позволили выявить, что по годам наблюдаются различия в формировании урожайности в зависимости от применяемой технологии обработки. Если в 2020 году наибольшая урожайность отмечалась при отвальной вспашке, то в 2019 году, напротив, при минимальной обработке, однако, разница была несущественна.

Что касается элементов структуры урожая, видно, что по многим элементам превосходит или находится практически на том же уровне отвальная вспашка. Однако по показателю биологической урожайности в 2020 году лучший результат показала минимальная обработка. Данное явление можно объяснить неблагоприятными погодными условиями 2020 года.

По показателю качества зерна ярового ячменя также видно, что отвальная вспашка превосходит или же находится на том же уровне, как и минимальная обработка.

На основе проведенных исследований можно заключить, что в сложившихся метеорологических условиях минимальная обработка практически не уступала традиционному методу обработки почвы. Однако, чтобы увидеть результаты иных методов, превосходящие результаты классических методов возделывания почвы, требуется значительное время.

Список источников

1. Алабушев, А.В., Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового ячменя: Метод. рекомендации. А.В. Алабушев, Г.А. Гоголев, Е.Л. Ревякин, Е.Г. Филиппов, В.И. Щербаков, Н.Г. Янковский — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. — 60 с.
2. Банькин, В. Ресурсосберегающим технологиям в земледелии альтернативы нет // Аграрное обозрение. - 2009. - № 2-3. - С. 14-17.
3. Белошапкина, О.О. Сравнение технологий возделывания зерновых культур в полевом опыте ЦТЗ/ О.О. Белошапкина, В. В. Гриценко, А.И. Беленков,

В.Д. Полин // Земледелие. - 2012. - № 4. - С. 17-24.
4. Гатаулина, Г.Г. Растениеводство: учебник / Г.Г. Гатаулина, В.Е. Долгодворов, П.Д. Бугаев // под ред. Г.Г. Гатаулиной. - М.: ИНФРА-М, 2016. - 608 с.
ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества».

5. Общие технические требования» - Введ. 23.03.05. № 63-ст. - М.: Стандартинформ, 2005. - 20 с.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сортов растений. - М.: МСХ РФ, 2018. - 483 с.

6. Доспехов, Б. А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

7. Железова, С.В. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки/ С.В. Железова, А.В. Мельников, А.И. Беленков // Кормопроизводство. - 2019 г. №10. - С. 14-19.

8. Кирюшин, В.И. Проблема минимализации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. - 2013. № 7. - С. 3-6.

9. Михельман, В.А. Урожайность ячменя и ее связь с основными показателями структуры урожая в разных звеньях селекционного процесса / В.А. Михельман, Н.Н. Скорняков // Известия ТСХА. - № 2. - 1988. - С. 90-105.

10. Пылыпив, А.М. Необходимость применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве/ А.М. Пылыпив, В.А. Нестерова // Научный интернет-журнал «Мир науки». - 2015. - №1. - С. 1-9.

11. Романенко, А.А. Эффективность различных систем основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в зернопропашном севообороте / А.А. Романенко, П.П. Васюков, 12. В.М. Кильдюшкин // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №8. - С. 34-36.

13. Сдобников, С.С. О системе обработки почвы в Нечерноземной зоне / С.С. Сдобников // Земледелие. - 1985. - № 7. - С.25-27.163

14. Яровой ячмень: максимальный результат при минимуме затрат // аграрное обозрение. - 2016. - № 2 (54). - С.38-43.



ГОСТ R 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества» - Введ. 23.03.05. № 63-ст. - М.: Стандартинформ, 2005. - 20 с.
Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сортов растений. - М.: МСХ РФ, 2018. - 483 с.

6. Доспехов, В. А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / В. А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.

7. Железова, С.В. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки/ С.В. Железова, А.В. Мельников, А.И. Беленков // Кормопроизводство. - 2019 г. №10. - С. 14-19.

8. Кирюшин, В.И. Проблема минимализации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. - 2013. № 7. - С. 3-6.

9. Михельман, В.А. Урожайность ячменя и ее связь с основными показателями структуры урожая в разных звеньях селекционного процесса / В.А. Михельман, Н.Н. Скорняков // Известия ТСХА. - № 2. - 1988. - С. 90-105.

10. Пылыпив, А.М. Необходимость применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве/ А.М. Пылыпив, В.А. Нестерова // Научный интернет-журнал «Мир науки». - 2015. - №1. - С. 1-9.

11. Романенко, А.А. Эффективность различных систем основной обработки почвы под сельскохозяйственные культуры в зернопропашном севообороте / А.А. Романенко, П.П. Васюков, 12. В.М. Кильдюшкин // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №8. - С. 34-36.

13. Сдобников, С.С. О системе обработки почвы в Нечерноземной зоне / С.С. Сдобников // Земледелие. - 1985. - № 7. - С.25-27.163

14. Яровой ячмень: максимальный результат при минимуме затрат // аграрное обозрение. - 2016. - № 2 (54). - С.38-43.

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

Сеничев Евгений Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои ЛНИИР – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, EugeneArt40@yandex.ru

Тевченков Александр Андреевич, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои ЛНИИР – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, soya@lniir.ru

Author information

Senichev Evgeny I., junior research associate of soybean and primary seed breeding laboratory at Lipetsk Rapeseed Research Institute – the Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution, Federal Scientific Center, V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops, EugeneArt40@yandex.ru

Tevchenkov Alexander A., junior research associate of soybean and primary seed breeding laboratory at Lipetsk Rapeseed Research Institute – the Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution, Federal Scientific Center, V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops, soya@lniir.ru

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; одобрена после рецензирования 17.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 17.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Alabushev, A.V., Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva yarovogo yachmenya: Metod. rekomendacii. A.V. Alabushev, G.A. Gogolev, E.L. Revyakin, E.G. Filippov, V.I. Shcherbakov, N.G. Yankovskij — M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. — 60 s.
2. Ban'kin, V. Resursosberegayushchim tekhnologiyam v zemledelii al'ternativy net // Agrarnoe obozrenie. - 2009. - № 2-3. - S. 14-17.
3. Beloshapkina, O.O. Sravnenie tekhnologij vzdelyvaniya zernovykh kul'tur v polevom opyte CTZ/ O.O. Beloshapkina, V. V. Gricenko, A.I. Belenkov, V.D. Polin // Zemledelie. - 2012. - № 4. - S. 17-24.
4. Gataulina, G.G. Rasteniyevodstvo: uchebnik / G.G. Gataulina, V.E. Dolgodvorov, P.D. Bugaev // pod red. G.G. Gataulinoj. - M.: INFRA-M, 2016. - 608 s.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Original article

Научная статья
УДК 619:616.15
DOI: 10.36508/RSATU.2024.46.75.012HEMATOLOGICAL, BIOCHEMICAL, AND IMMUNOLOGICAL BLOOD PARAMETERS
UNDER THE INFLUENCE OF SMALL ABSORBED DOSES OF RADIATIONArina S. Fedotova ¹✉, Evgenia G. Turitsyna ²^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia,¹ krasfas@mail.ru² turitsyna@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Small doses of ionizing radiation constantly affect the body of animals and humans. The absorbed dose of ionizing radiation is formed by natural and man-made sources of radiation. Determining the effects generated in a multicellular organism when exposed to ionizing radiation in the range of small doses has been the subject of many studies. However, there is no currently unambiguous interpretation of the effects of small doses on the animal body. The article provides a literature review on the influence of small doses of ionizing radiation on the cells, tissues, and organ systems of animals. The results of scientific research by Russian and foreign scientists in the field of radiation hormesis and the theory of non-threshold radiation action are presented. Currently, there are difficulties in predicting the degree and quality of changes that occur in the bodies of farm animals when exposed to small absorbed doses of radiation. The aim of the study is to determine the degree of change in hematological, biochemical, and immunological parameters of peripheral blood in lactating cows under a dose load of 1.33 mGy/year and 1.55 mGy/year.

Methodology. The object of the study was hematological, biochemical, and immunological parameters of peripheral blood. The work was carried out from 2017 to 2019 at the Department of Internal Non-Infectious Diseases, Obstetrics and Physiology of Agricultural Animals at the Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine and at the Scientific Research Testing Center of the Federal State Budgetary Educational Institution Krasnoyarsk State Agrarian University. Blood samples from cows were collected from the tail vein into vacuum tubes with heparin and coagulation activator. Hematological parameters were determined using generally accepted methods. Biochemical blood serum studies were conducted using a PE-5400 UV spectrophotometer. Immunological studies included determining the phagocytic activity of leukocytes when stimulated "in vitro" with opsonized latex particles.

Results. Ionizing radiation at low doses of 1.33 mGy/year and 1.55 mGy/year affected hematological parameters, the functional state of blood phagocytes, and some metabolic indicators. Changes in hematological parameters were characterized by moderate erythrocytosis, lymphocytosis, monocytopenia, and an influx of immature neutrophil forms into the bloodstream, indicating moderate stimulation of hematopoietic function in the red bone marrow. Subclinical doses of ionizing radiation negatively affected the functional abilities of blood phagocytes, suppressing leukocyte phagocytic activity. Changes in serum biochemical parameters in cows were multifaceted. This was evidenced by an increase in alkaline phosphatase, creatinine, and albumin levels, a decrease in total protein content, including a reduction in gamma-globulins, as well as changes in ALT and AST concentrations.

Key words: radiation, low doses, absorbed dose, cattle, peripheral blood, hematological, biochemical parameters, phagocytic activity of leukocytes

For citation: Fedotova A. S., Turitsyna E. G. Hematological, biochemical, and immunological blood parameters under the influence of small absorbed doses of radiation // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No. 2, P.90-99 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.46.75.012>

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ
ПРИ ДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ РАДИАЦИИАрина Сергеевна Федотова ¹✉, Евгения Геннадьевна Турицына ²^{1,2} ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, Россия¹ krasfas@mail.ru² turitsyna@mail.ru

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 23-26-10018, Красноярского краевого фонда науки «Прогнозирование реакции сельскохозяйственных животных на низкоинтенсивную радиацию и применение радиопротекторов. Экспрессный биологический скрининг радиобиологических эффектов».

Аннотация.

Проблема и цель. Малые дозы ионизирующего излучения постоянно воздействуют на организм животных и человека. Поглощенная доза ионизирующего воздействия формируется природными и техногенными источниками радиации. Определению эффектов, генерирующихся в многоклеточном организме при воздействии ионизирующего излучения в диапазоне малых доз, посвящено достаточно много работ. Однако однозначной интерпретации влияния малых доз на организм животных в настоящее время не сформулировано. В статье приведен литературный обзор по влиянию малых доз ионизирующего излучения на клетки, ткани и системы органов животных. Приведены результаты научных исследований российских и зарубежных ученых в области радиационного гормезиса и теории беспорогового действия радиации. В настоящее время имеются трудности с прогнозированием степени и качества изменений, возникающих в организме сельскохозяйственных животных при действии малых поглощенных доз радиации. Цель работы – определить степень изменения гематологических, биохимических и иммунологических показателей периферической крови лактирующих коров при дозовой нагрузке 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год.

Методология. Объект исследования – гематологические, биохимические и иммунологические показатели периферической крови. Работа выполнена в период с 2017 по 2019 годы на кафедре внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины и на базе научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Отбор проб периферической крови у коров осуществляли из хвостовой вены в вакуумные пробирки с гепарином и активатором свертываемости. Гематологические показатели определяли по общепринятым методикам. Биохимические исследования сыворотки крови проведены с использованием спектрофотометра ПЭ-5400 уф. Иммунологические исследования включали определение фагоцитарной активности лейкоцитов при их стимуляции «in vitro» частицами опсонизированного латекса.

Результаты. Ионизирующее излучение в малых дозах 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год влияло на гематологические показатели, функциональное состояние фагоцитов крови и некоторые показатели обмена веществ. Изменения гематологических показателей характеризовались умеренным эритроцитозом, лимфоцитозом, моноцитопенией и выбросом в кровяное русло незрелых форм нейтрофилов, что указывало на умеренную стимуляцию функциональной активности гемопоэза в красном костном мозге. Субклинические дозы ионизирующего излучения негативно влияли на функциональные способности фагоцитов крови, подавляя фагоцитарную активность лейкоцитов. Изменения биохимических показателей сыворотки крови коров носили разновекторный характер. Об этом свидетельствовало увеличение уровня щелочной фосфатазы, креатинина и альбуминов, снижение содержания общего белка, в том числе за счет уменьшения количества гамма-глобулинов, а также изменение концентрации АЛТ и АСТ.

Ключевые слова: радиация, малые дозы, поглощенная доза, коровы, периферическая кровь, гематологические, биохимические показатели, фагоцитарная активность лейкоцитов

Для цитирования: Федотова А.С., Турицына Е.Г. Гематологические, биохимические и иммунологические показатели крови при действии малых поглощенных доз радиации // Вестник Рязанско-

Введение

Малые дозы ионизирующего излучения постоянно воздействуют на организм животных и человека. Поглощенная доза ионизирующего воздействия формируется природными и техногенными источниками радиации. Определению качества и степени эффектов, генерирующихся в многоклеточном организме при действии радиации в диапазоне низких доз, посвящено немало исследований. Однако однозначной интерпретации радиобиологических эффектов, возникающих

в организме при низких поглощенных дозах, в настоящее время не сформулировано. Существует теория беспорогового действия радиации (LNT) и концепция радиационного гормезиса. Научный комитет по действию атомной радиации при Организации Объединенных Наций (2010 г.) в докладе 57 сессии установил предел малых доз для млекопитающих – 500 мГр [1].

В теории беспорогового действия (LNT) не существует нижнего порога дозы радиации для возникновения стохастических эффектов. Теория



предполагает линейную зависимость между дозой и стохастическим риском для здоровья, так как ионизирующее излучение потенциально может причинить вред при любом значении дозы. А.В. Яблочков (2002) в работе «Миф о безопасности малых доз радиации» оперирует огромным количеством литературных источников, содержащих сведения о негативном воздействии низких доз радиоактивного излучения на гомеостаз организма. Ученый утверждает, что любое техногенное увеличение значений природного фона представляет угрозу для здоровья животных и людей и оказывает отрицательное воздействие на гомеостаз организма и потомство. Автор в тексте приводит примеры негативных радиобиологических эффектов, возникающих в организме животных даже при воздействии 0,01 мГр ⁹⁰Sr, 2 мГр ¹³⁷Cs или 4 мГр ³H [2].

В противоположность теории беспорогового действия, концепция радиационного гормезиса указывает на факты положительного действия низких доз радиации на различные биологические системы, что объясняется так называемой «адаптивной реакцией» [3]. В научной литературе достаточно активно обсуждается концепция радиационного гормезиса и предпринимаются попытки систематизации радиобиологических эффектов в различных биообъектах при воздействии малых доз радиации [4-7]. Достаточно много работ посвящено оценке последствий воздействия незначительных поглощенных и эквивалентных доз радиации на различные биологические объекты от одноклеточных организмов до животных и человека.

Саджид Фахри (2022) в своей работе приводит данные о двухфазной зависимости «доза-реакция» радиационного гормезиса у животных и человека [5]. Vaiserman A. (2021) рассматривает радиационный гормезис как наиболее изученный из гормезисоподобных явлений, в частности, в биogerонтологии, автор приводит данные об увеличении продолжительности жизни различных животных [6]. Раймонд Бейри (2020) установил двухфазность изменения продуктивности животных при изучении влияния концентрации кислорода в воздухе, температуры окружающей среды, дозы ионизирующей радиации, уровня содержания тяжелых металлов, пестицидов, степени обезвоживания и т.д [7].

Shibamoto Y. (2018) приводит обзор эффектов малых доз радиации, предполагает индукцию биопозитивных реакций организма (повышение иммунитета, увеличение антиоксидантов) благодаря малому ионизирующему излучению. Автор говорит о возможно низкой надежности натуральных данных, предлагает дополнить нативные исследования лабораторным модельным облучением в диапазоне низких доз радиоактивного излучения [8]. Jargin S.V. (2020) неоднозначно оценивает явление радиационного гормезиса, ставя под вопрос интерпретацию результатов, полученных «in vitro» в тканях головного мозга мышей, указывает на спорность эффектов увеличения продолжительности жизни лабораторных животных и толерантность к физической утомляемости. Автор ука-

зывает на необходимость продолжения скрининга гомеостаза организма людей после воздействия радиации и предлагает увеличить базу количественных данных радиобиологических эффектов у животных [9].

В настоящее время имеется много научных исследований, посвященных оценке влияния малых доз облучения на гомеостаз организма, на показатели крови продуктивных и диких животных, находящихся в районах, загрязненных техногенными радионуклидами. А.Г. Кудяшевой (2019) определена изменчивость и гетерогенность значений антиоксидантного статуса в печени различных видов грызунов, находящихся на территории, загрязненной в результате аварии на ЧАЭС. В работе установлено, что у мышей зарегистрирован более стабильный состав фосфолипидов печени. Рост гетерогенности ответных реакций и высокая вариабельность показателей является особенностью влияния малых доз радиации, что приводит к увеличению степени адаптации организмов [10].

Д.Н. Федотовым (2022) определена характеристика морфологических механизмов адаптации эндокринных желез у енотовидной собаки, речной выдры и ежа белогрудого, определены изменения в щитовидной железе, надпочечниках. Установленные изменения автор относит к адаптационным механизмам сохранения гомеостаза при влиянии низких поглощенных доз радиации в зоне радиационного воздействия [11].

С.А. Гераськин (2021) оценивает биологические эффекты, возникшие при облучении организма продуктивных и непродуктивных животных в результате аварии на ЧАЭС [12]. В работах ученых определено, что радиоактивное облучение в малых значениях доз влияет на гемопоэз, изменяет биохимический статус крови. Михеевой Е.А. (2006) оценено влияние значительной концентрации ¹³⁷Cs в почвах агробиоценозов Орловской области на гематологические и иммунологические показатели крови телят, установлено снижение уровня гемоглобина и эозинофилов, моноцитов, увеличение содержания нейтрофилов и базофилов, рост фагоцитарного индекса, сдвиг лейкоцитарного профиля крови влево [13].

А Бауржан с соавторами (2020) приводят данные об увеличении концентрации АСТ, АЛТ, щелочной фосфатазы в крови крыс при облучении в дозе 600 мГр. [14]. Т.С. Плотнок с соавторами (2017) – при активности суточного рациона 3,45 кБк в крови коров возрастало относительное содержание базофилов, юных нейтрофилов, уменьшалось количество палочкоядерных нейтрофилов, эозинофилов и снижался фагоцитарный индекс нейтрофилов [15].

Таким образом в настоящее время имеются определенные трудности с прогнозированием степени и характера эффектов, возникающих в организме сельскохозяйственных животных под влиянием малых доз радиоактивного излучения.

Цель работы – определить степень воздействия малых поглощенных доз радиации на гематологические, биохимические и иммунологические показатели образцов венозной крови коров,



имеющих техногенную нагрузку 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год.

Для достижения цели были решены следующие задачи. На территории Красноярского края в двух ферменных агробиоценозах с установленной техногенной нагрузкой (значение поглощенных доз 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год) и агробиоценозе без антропогенного радиационного загрязнения (контроль, поглощенная доза 0,92 мГр/год) провести отбор проб крови у лактирующих коров. Определить динамику фагоцитарной активности лейкоцитов, гематологических и биохимических показателей крови в зависимости от дозовой нагрузки.

Методология и методы исследования

Эмпирические данные были получены в 2017-2019 г. на кафедре внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины, а также на базе научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Оценка влияния малых доз проведена в агробиоценозах Красноярского края, имеющих различный радиоэкологический статус.

Кровь от лактирующих коров (110 голов) чернопестрой и красно-пестрой породы отбирали в осенне-зимний и весенне-летний периоды одновременно с плановыми ветеринарными обработками. Отбор проб крови осуществляли из хвостовой вены в вакуумные пробирки с натрий гепарином Мини-Мед 6 мл. и активатором свертываемости Мин-Мед 9 мл. Средний возраст животных в ферменных агробиоценозах с дозой 0,92 мГр/год составил 57,6±3,55 мес.; с дозой 1,33 мГр/год – 76,35±8,87 мес.; с дозой 1,55 мГр/год – 59,27±6,8 мес.

Количество форменных элементов крови определяли по традиционным методам в камере Горяева при микроскопии (объектив × 40). Лейкоцитарную формулу устанавливали методом Мухина в мазках с окраской по Паппенгейму. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) оценивали по методу Панченкова. Фагоцитарную активность лейкоцитов оценивали в камере Горяева при микроскопии (объектив × 60). Фагоцитарная активность определялась после введения «in vitro» частиц латекса, опсонизированных белками пуловой сыворотки крови, с последующим окрашиванием генцианвиолетом. Для оценки биохимических показателей сыворотки крови использовали спектрофотометр ПЭ-5400 уф. Гемоглобин оценивали с применением комплекта «ГЕМОГЛОБИН-ОЛЬВЕКС». Глюкозу измеряли энзиматическим колориметрическим методом без депротеинизации с использованием диагностикума «Ольвекс». Резервную щелочность оценивали методом Раевского. Щелочную фосфатазу устанавливали унифицированным методом с использованием реагента «ЩЕЛОЧНАЯ ФОСФАТАЗА-ВИТАЛ». Аспаратаминотрансферазу (АСТ) и аланинаминотрансферазу (АЛТ) выявляли методом Райтмана-Френкеля с применением реагентов «АСТ-ВИТАЛ» и «АЛТ-ВИТАЛ». Креатинин определяли в реакции Яффе с депротеинизацией, с использованием реагента «КРЕАТИНИН-

ВИТАЛ». Концентрацию общего белка оценивали биуретовым методом с применением комплекта «ОБЩИЙ БЕЛОК-ВИТАЛ». Содержание белковых фракций оценено нефелометрическим методом.

Статистическая обработка эмпирических данных осуществлена методом вариационной статистики с помощью программ Microsoft Office Excel 2019. Различия цифровых значений считали достоверными при P≤0,05.

Результаты исследований и их обсуждение

Радиобиологическое влияние субклинических доз ионизирующего излучения в организме крупного и мелкого рогатого скота оценены по клиническому состоянию исследованных животных, гематологическим показателям, биохимическим данным сыворотки и фагоцитарной активности лейкоцитов периферической крови.

Животные, содержащиеся в ферменных биоценозах без дополнительного техногенного воздействия, имеющие дозовую нагрузку 0,92 мГр/год, являлись контрольными. В ферменных агробиоценозах двух аграрных ландшафтов с дополнительным антропогенным влиянием животные имели годовую дозу ионизирующего облучения 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год [16]. Все лактирующие коровы соматически здоровы, животные спокойные, аппетит умеренный, продуктивность сохранена. При клиническом обследовании патологических изменений кожного покрова, шерсти, поверхностных лимфатических узлов, слизистых оболочек, конъюнктивы не выявлено. Температура тела животных составляла 38,3±0,8° С, ЧСС 77±8,9 уд./мин., частота дыхания – 17,5±6,4 мин. Упитанность животных 3,5-3,8 ед. по Э. Уайлдману, согласно ГОСТ Р 54315-2011 – первая категория.

В ферменных агробиоценозах с дополнительной техногенной нагрузкой (1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год) у лактирующих коров установлены достоверные изменения ряда морфобиохимических и иммунологических показателей крови.

Гематологические показатели объективно отражают состояние систем организма и реакцию органов кроветворения на воздействие факторов внешней среды. У животных под влиянием субклинических поглощенных доз (1,33 и 1,55 мГр/год) установлено достоверное повышение количества эритроцитов в среднем на 29-33 % относительно контрольных данных (P<0,001). По нашему мнению, рост содержания эритроцитов определяется стимулирующим действием низких доз радиоактивного излучения на функциональные способности красного костного мозга к эритропоэзу (табл. 1). Нами установлено, что доза 1,33 мГр/год обладала более ярким стимулирующим эффектом по сравнению с дозой 1,55 мГр/год. У отдельных животных в крови отмечены изменения форм эритроцитов (шистоциты, акантоциты). При акантоцитозе на поверхности клеток регистрировались выпячивания цитоплазматической мембраны незначительной величины, а при шистоцитозе встречались фрагменты разрушенных эритроцитов треугольной или оскольчатой формы.

У лактирующих коров под влиянием субклинической дозы 1,33 мГр/год увеличилось содер-

жание гемоглобина более чем на 20 % относительно контрольных величин ($P < 0,01$). При дозе 1,55 мГр/год достоверных отличий от показателей контроля не установлено (табл. 1). Содержа-

ние гемоглобина в крови животных при дозе 1,33 мГр/год на 27 % больше, чем в группе с дозой 1,55 мГр/год ($P < 0,001$).

Таблица 1 – Гематологические показатели при субклинических поглощенных дозах

Гематологические показатели	Референсные значения	Поглощенная доза, мГр/год		
		0,92 (n=41)	1,33 (n=38)	1,55 (n=31)
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л	4,5-12 [17]	7,07 \pm 0,29	6,89 \pm 0,34	6,94 \pm 0,57
Гемоглобин, г/л	90-120 [18]	84,28 \pm 2,96	101,29 \pm 4,48**	80,04 \pm 3,74
Эритроциты, $\times 10^{12}$ /л	5-7,5 [17]	4,43 \pm 0,23	5,90 \pm 0,29***	5,72 \pm 0,29***
СОЭ, мм/час	0,6-0,8 [17]	0,62 \pm 0,08	0,78 \pm 0,09	0,23 \pm 0,06***

Здесь и далее * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ по отношению к контролю (0,92 мГр/год)

Показатели СОЭ в контроле (0,92 мГр/год) и при дозе 1,33 мГр/год не изменялись. В то же время увеличение поглощенной дозы до 1,55 мГр/год вызвало рост показателей СОЭ в крови коров в 2,7 раза относительно контроля ($P < 0,001$).

Исследования показали отсутствие значительного влияния субклинических доз радиации на общее содержание лейкоцитов в крови лактирующих коров. Установлена незначительная тенденция к сокращению количества лейкоцитов на 2-2,5 % относительно контрольных показателей.

В лейкоцитарном профиле крови коров, находящихся при воздействии малых доз облучения, установлен лимфоцитоз (табл. 2). При дозе 1,33 мГр/год уровень лимфоцитов увеличился на 6,4 % ($P < 0,01$), при дозе 1,55 мГр/год – на 7,7 % ($P < 0,01$) по отношению к значениям контрольной группы (табл. 2). В популяции лейкоцитов крови коров при воздействии малых доз облучения установлен рост абсолютного количества лимфоцитов. При дозе 1,33 мГр/год количество лимфоцитов возросло на $0,33 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,05$), при дозе 1,55 мГр/год на $0,49 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,01$) относительно контроля.

Наряду с лимфоцитозом установлена моноцитопения. Выявлено снижение количества моноци-

тов. При дозе 1,33 мГр/год уменьшение регистрировалось на $0,16 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,01$), при дозе 1,55 мГр/год – на $0,12 \times 10^9$ клеток/л по сравнению со значениями контроля ($P < 0,05$). Относительное содержание моноцитов уменьшилось при дозе 1,33 мГр/год в 2,3 раза ($P < 0,01$), при дозе в 1,55 мГр/год – в 1,7 раза по сравнению со значениями контроля ($P < 0,05$) и по сравнению с референсными значениями (2-7 %) [17].

В популяции нейтрофильных гранулоцитов под влиянием субклинических доз ионизирующего излучения возрастало относительное содержание юных и палочкоядерных форм нейтрофилов, изменялось соотношение форм нейтрофилов за счет увеличения абсолютного количества юных и палочкоядерных форм при уменьшении количества сегментоядерных нейтрофилов.

Относительное содержание юных нейтрофилов увеличилось при дозе в 1,33 мГр/год в 3,7 раза, при дозе 1,55 мГр/год – в 2,4 раза ($P < 0,001$) относительно данных контроля и референсных значений [1]. Отмечено повышение числа юных нейтрофилов при дозе в 1,33 мГр/год на $0,17 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,001$), при дозе 1,55 мГр/год – на $0,08 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,05$) относительно данных контроля. (табл. 2).

Таблица 2 – Абсолютное и относительное содержание лейкоцитов крови при малых поглощенных дозах ионизирующего излучения

Клетки крови	Поглощенная доза, мГр/год			
	0,92 (n=41)	1,33 (n=38)	1,55 (n=31)	
Лейкограмма, %				
Базофилы	1,6 \pm 0,09	1,3 \pm 0,14	1,6 \pm 0,10	
Эозинофилы	8,2 \pm 0,59	9,5 \pm 0,90	7,4 \pm 1,11	
Нейтрофилы	Ю	1,1 \pm 0,04	3,9 \pm 0,65***	2,6 \pm 0,24***
	П	3,7 \pm 0,21	6,1 \pm 0,80**	6,1 \pm 0,87**
	С	24,3 \pm 1,02	13,7 \pm 1,78***	14,1 \pm 1,25***
Лимфоциты	58,8 \pm 1,46	65,2 \pm 1,87**	66,5 \pm 2,14**	
Моноциты	4,1 \pm 0,67	1,8 \pm 0,35**	2,3 \pm 0,23*	

Продолжение таблицы 2

Лейкоциты, $\times 10^9$ клеток/л			
Базофилы		0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01
Эозинофилы		0,6 \pm 0,04	0,5 \pm 0,08
Нейтрофилы	Ю	0,1 \pm 0,003	0,3 \pm 0,04***
	П	0,3 \pm 0,01	0,4 \pm 0,05***
	С	1,7 \pm 0,07	0,9 \pm 0,12***
Лимфоциты		4,1 \pm 0,10	4,4 \pm 0,13*
Моноциты		0,3 \pm 0,05	0,1 \pm 0,02**

Относительное содержание палочкоядерных нейтрофилов при субклинических дозах 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год повысилось в 1,7 раза ($P < 0,01$), при одновременном эквивалентном падении уровня сегментоядерных нейтрофилов по сравнению с контрольными значениями ($P < 0,01$). Абсолютные значения количества палочкоядерных нейтрофилов при субклинической дозе 1,33 мГр/год повышались на $0,16 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,001$), при дозе 1,55 мГр/год – на $0,17 \times 10^9$ клеток/л ($P < 0,01$).

Количество сегментоядерных нейтрофилов в крови при малых дозах радиации понижалось на $0,77 \times 10^9$ клеток/л при дозе 1,33 мГр/год и на $0,72 \times 10^9$ клеток/л при дозе 1,55 мГр/год ($P < 0,001$) по сравнению с контрольными значениями – 0,92 мГр/год. Увеличение относительного и абсолютного содержания незрелых форм нейтрофильных гранулоцитов указывало на сдвиг лейкоцитарного профиля периферической крови влево. При действии низких доз радиоактивного облучения не выявлено изменение относительного и абсолютного содержания базофилов и эозинофилов по сравнению с данными контрольной группы.

Функциональную характеристику лейкоцитов крови, имеющую важное значение при оценке степени воздействия факторов внешней среды на гомеостаз организма, определяли по фагоцитарной активности. Способность лейкоцитов крови к усилению фагоцитарной активности при антигенном раздражении относится к одному из иммунологи-

ческих показателей организма. Малые дозы ионизирующего излучения негативно влияли на показатели активности фагоцитов крови. На рисунке 1 представлена микрокартина (увеличение $\times 600$) фагоцитирующих лейкоцитов. Нами установлено, что дозы 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год обусловили достоверное ($P < 0,05$) уменьшение фагоцитарной активности лейкоцитов на 16 % по сравнению с контролем (0,92 мГр/год).

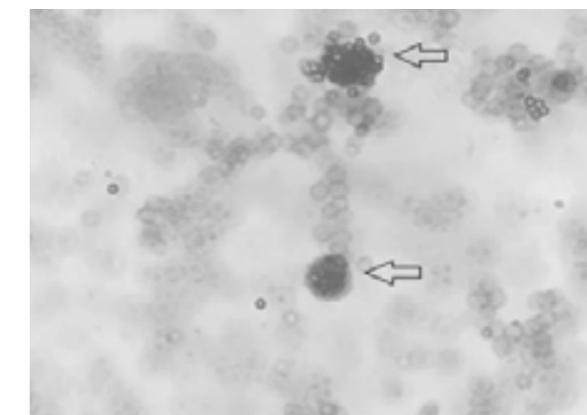


Рис. 1 – Фагоцитоз частиц латекса лейкоцитами крови коров (указаны стрелками). Окраска 0,25%-м генцианвиолетом, ув. $\times 600$
Fig.1 – Phagocytosis of latex particles by cow blood leukocytes (indicated by arrows). Coloring with 0.25% gentian violet, UV. $\times 600$

Показатели фагоцитарного индекса при дозах 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год практически не отличались и составляли в среднем 25 % (рис. 2).

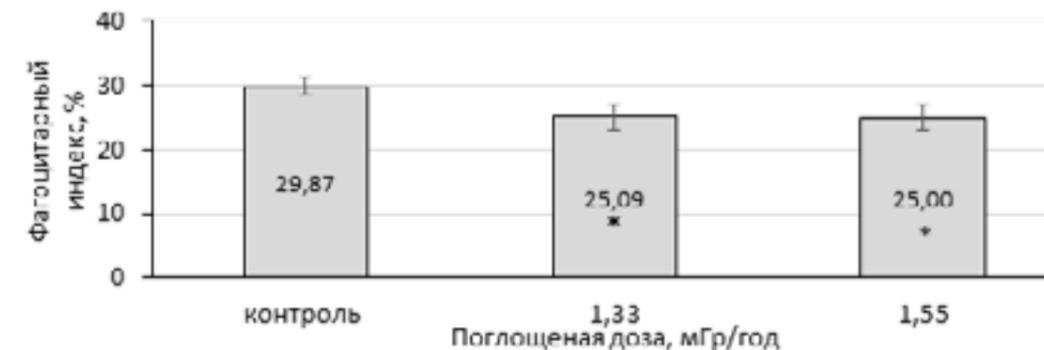


Рис. 2 – Фагоцитарный индекс лейкоцитов: * – $P < 0,05$ по отношению к контролю (0,92 мГр/год)
Fig. 2 – Phagocytic index of leukocytes: * – $P < 0,05$ relative to control (0.92 mGy/year)



Биохимические показатели сыворотки крови позволяют получить сведения о метаболизме органических и минеральных веществ в организме. Оценка биохимических показателей является универсальным методом определения функциональной активности органов и систем организма. Биохимические показатели периферической крови коров при дозах 1,33 и 1,55 мГр/год представлены в таблице 3. При воздействии радиоактивного излучения в дозе 1,33 мГр/год в сыворотке крови увеличился уровень щелочной фосфатазы на 386,53 нмоль/схл или в 1,6 раза ($P < 0,01$), при дозе 1,55 мГр/год – на 230,55 нмоль/схл или в 1,5 раза ($P < 0,05$).

По нашему мнению, увеличение уровня щелочной фосфатазы объясняется активизацией функции парациитовидных желез малыми дозами радиации. Содержание кальция в перифериче-

ской крови коров при дозе 1,33 мГр/год уменьшилось на 0,25 ммоль/л или на 8 % ($P < 0,05$), при дозе 1,55 мГр/год – на 0,21 ммоль/л или на 9,5 % ($P < 0,05$) относительно контроля (0,92 мГр/год).

Выявлено снижение аспартатаминотрансферазы (АСТ) в сыворотке крови животных при дозе 1,33 мГр/год на 0,10 мкмоль/схл или в 2 раза ($P < 0,01$) по сравнению с данными контроля. Однако увеличение поглощенной дозы до 1,55 мГр/год приводит к восстановлению активности АСТ до контрольных значений.

Уровень аланинаминотрансферазы (АЛТ) при дозе 1,33 мГр/год увеличился на 0,09 мкмоль/схл или в 4 раза ($P < 0,001$), тогда как при воздействии радиации в дозе 1,55 мГр/год отмечено снижение показателя на 0,02 мкмоль/схл или в 3 раза ($P < 0,01$) относительно контрольных величин.

Таблица 3 – Биохимические показатели периферической крови при субклинических дозах

Биохимические показатели	Референсные значения	Поглощенная доза, мГр/год		
		0,92 (n=41)	1,33 (n=38)	1,55 (n=31)
Резервная щелочность, мг%	460-580 [18]	437,4 ± 7,3	464,4 ± 9,4	440,5 ± 14,7
Щелочная фосфатаза, нмоль/схл	429-510 [18]	423,8 ± 80,6	810,3 ± 120,8**	654,3 ± 62,6*
АСТ, мкмоль/(схл)	0,20-0,32 [19]	0,20 ± 0,01	0,10 ± 0,002**	0,21 ± 0,01
АЛТ, мкмоль/(схл)	0,10-0,29 [19]	0,03 ± 0,004	0,12 ± 0,02***	0,01 ± 0,004**
Общий белок, г/л	61-85 [18]	82,5 ± 3,1	80,1 ± 2,0	74,4 ± 2,3*
Креатинин, мкмоль/л	88-177 [18]	82,42 ± 5,24	100,25 ± 4,74*	88,14 ± 5,23
Альбумин, %	34-50 [18]	43,9 ± 1,1	48,6 ± 1,4*	50,3 ± 1,4***
Кальций общий, ммоль/л	2,5-3,1 [19]	2,4 ± 0,04	2,2 ± 0,1*	2,2 ± 0,1*
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,5-2,1 [19]	2,2 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2
альфа-глобулины, %	10,5-20 [18]	9,9 ± 0,7	10,8 ± 0,5	10,5 ± 0,6
бета-глобулины, %	10,5-18 [18]	19,5 ± 0,9	19,5 ± 0,8	17,9 ± 1,2
гамма-глобулины, %	24-40 [18]	26,5 ± 1,4	21,0 ± 1,4**	21,2 ± 1,9*

При дозе радиационного воздействия в значении 1,33 мГр/год в крови коров содержание креатинина увеличилось на 17,83 мкмоль/л или на 21 %, при дозе 1,55 мГр/год наблюдался рост показателя на 5,72 мкмоль/л или на 7 %. Рост концентрации креатинина объясняется потенцирующим действием субклинических доз на эндокринную систему организма, в частности, на щитовидную железу. Это воздействие приводит к увеличению выработки креатинфосфокиназы, что в конечном итоге потенцирует образование креатинина клетками мышечной ткани. Возможно, увеличение креатинина обусловлено увеличением концентрации креатина, который, кроме энергетической функции в клетках мышечной ткани, выполняет роль антиоксиданта. Существуют данные, подтверждающие антиоксидантное действие креатина при малых дозах ионизирующего излучения. В работе Нерсесовой Л.С. с соавторами отмечено, что креатин обладает защитной функцией системы креатин-креатинкиназа, уменьшает повреждающее действие ионизирующего излучения (доза 450 мГр) и стимулирует адаптационные свойства [20].

Концентрация общего белка в сыворотке крови при субклинических дозах радиации ниже, чем в контрольной группе. При дозе 1,33 мГр/год выявлена тенденция к уменьшению концентрации общего белка на 2,42 г/л или на 3 % от значений контроля. При воздействии поглощенной дозы 1,55 мГр/год содержание общего белка снижалось на 8,14 г/л или на 10 % ($P < 0,05$) относительно данных контрольной группы (0,92 мГр/год).

При воздействии субклинических доз радиоактивного излучения происходило перераспределение относительного содержания альбуминов и глобулинов, что характеризовалось увеличением уровня альбуминов и уменьшением глобулинов за счет гамма-глобулинов.

Относительное содержание альбуминов в крови животных при малых дозах увеличивалось. При дозе 1,33 мГр/год содержание альбуминов выросло на 10,62 % ($P < 0,05$), а при дозе 1,55 мГр/год – на 14,36 % ($P < 0,001$) относительно данных контроля.

Содержание альфа и бета-глобулинов в крови животных во всех группах статистически не отличалось от значений контроля. В содержании гам-

ма-глобулинов установлено отличие от контроля. Низкодозовое ионизирующее воздействие приводило к снижению концентрации гамма-глобулинов в сыворотке крови на 20 %. При дозе 1,33 мГр/год достоверность различий составила $P < 0,01$, при дозе 1,55 мГр/год – $P < 0,05$. Снижение содержания гамма-глобулинов расценивалось нами как свидетельство уменьшения иммунобиологической реактивности организма животных.

Таким образом, ионизирующее излучение в малых дозах (1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год) влияло на гематологические показатели, функциональное состояние фагоцитов крови и некоторые показатели обмена веществ. Изменения гематологических показателей характеризовались умеренным эритроцитозом, лимфоцитозом, моноцитопенией и выбросом в кровяное русло незрелых форм нейтрофилов, что указывало на умеренную стимуляцию функциональной активности гемопоэза в красном костном мозге. Субклинические дозы ионизирующего излучения негативно влияли на функциональные способности фагоцитов крови, подавляя фагоцитарную активность лейкоцитов. Варьирование биохимических показателей сыворотки крови носило разновекторный характер. Об этом свидетельствовало увеличение уровня щелочной фосфатазы, креатинина и альбуминов, снижение содержания общего белка, в том числе за счет уменьшения количества гамма-глобулинов, а также изменение концентрации АЛТ и АСТ.

Заключение

Для оценки эколого-радиобиологического влияния субклинических доз нами выполнены исследования гематологических, биохимических и хемилюминесцентных показателей крови сельскохозяйственных животных из ферменных биогеоценозов с дополнительным техногенным загрязнением. Установлено, что при субклинических дозах 1,33 мГр/год и 1,55 мГр/год в крови крупного рогатого скота регистрировались умеренный эритроцитоз, лимфоцитоз, моноцитопения. Подобные изменения у крупного рогатого скота регистрировал Т.С. Плотко с соавторами (2017) в зоне радиоактивного загрязнения в Киевском полесье [15].

Кроме того, при анализе гематологических показателей нами выявлено наличие достаточного количества незрелых форм нейтрофилов, что полностью согласуется с данными Е.А. Михеевой (2006), полученными при исследовании крупного рогатого скота из агробиоценозов Орловской области [13]. В наших исследованиях у сельскохозяйственных животных, испытывающих дополнительную дозовую нагрузку, установлено изменение клеточного состава нейтрофильных гранулоцитов, что характеризовалось появлением незрелых форм лейкоцитов и резким снижением уровня сегментоядерных гранулоцитов. Это указывает на нарушение гемопоэза в красном костном мозге.

В настоящей работе установлено, что субклинические дозы ионизирующего излучения негативно влияли на функциональные способности фагоцитов крови, подавляя фагоцитарную активность лейкоцитов. Подобные результаты были получены у крупного рогатого скота из Киевского полесья, в

периферической крови которого регистрировалось снижение фагоцитарного индекса нейтрофилов и их элиминирующей способности [15]. Уменьшение фагоцитарной активности лейкоцитов нами расценивалось как негативный фактор влияния субклинических доз на организм коров. Сокращение фагоцитарной активности лейкоцитов приводит к снижению уровня неспецифической резистентности организма сельскохозяйственных животных, имеющих дополнительную дозовую нагрузку.

У животных с дозовой нагрузкой в сыворотке крови увеличивался уровень щелочной фосфатазы, креатинина и альбуминов, снижалось содержание общего белка. Падение уровня общего белка при облучении регистрировалось у лабораторных крыс В.В. Петряковым (2017) [21]. Нами было установлено уменьшение количества гамма-глобулинов, разновекторные изменения АСТ и АЛТ, в то же время выявлено отсутствие влияния ионизирующего излучения на содержание альфа-, бета-глобулинов, аналогичные биохимические данные получены А.И. Грицук с соавторами (2010) в работе на лабораторных животных [22].

Н.П. Асташевой (2017), при облучении телок черно-пестрой породы, получены волнообразные изменения содержания общего белка, щелочной фосфатазы [23]. Полученные нами результаты биохимических изменений в сыворотке крови животных в ферменных биогеоценозах с дополнительной техногенной нагрузкой находятся в согласованности с данными Н.П. Асташевой Н.П. Увеличение уровня щелочной фосфатазы в сочетании с установленным нами повышением концентрации Са в крови свидетельствует о дистрофических процессах в костной ткани, одним из факторов, вызывающих эти изменения, может являться стимуляция малыми дозами парациитовидных желез.

Список источников

- Report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. United Nations publication. New York. 2011. S.106.
- Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология. М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. 145с.
- Jaworowski Z. Radiation hormesis—a remedy for fear. Hum Exp Toxicol. 2010 Apr;29(4):263-70. doi: 10.1177/0960327110363974. PMID: 20332170.
- Zander A, Paunesku T, Woloschak G. Radiation databases and archives - examples and comparisons. Int J Radiat Biol. 2019 Oct;95(10):1378-1389. Doi: 10.1080/09553002.2019.1572249.
- Fakhri S, Piri S, Moradi SZ, Khan H. Phytochemicals Targeting Oxidative Stress, Interconnected Neuroinflammatory, and Neuroapoptotic Pathways Following Radiation. Curr Neuropharmacol. 2022;20(5):836-856. doi: 10.2174/1570159X19666210809103346. PMID: 34370636; PMCID: PMC9881105.
- Vaiserman A, Cuttler JM, Socol Y. Biogerontology // Low-dose ionizing radiation as a hormone: experimental observations and therapeutic perspective for age-related disorders. 2021. №22 (2). S.145-164. DOI: 10.1007/s10522-020-09908-5.
- Berry R 3rd, López-Martínez G. A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and



improves animal performance. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2020 Apr;242:110658. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110658. Epub 2020 Jan 16. PMID: 31954863; PMCID: PMC7066548.

8. Shibamoto Y., Nakamura H. // *International journal of molecular sciences. Overview of biological, epidemiological, and clinical evidence of radiation hormesis.* 2018. Vol. 19. No. 8. P. 2387.

9. Jargin S.V. // *Front Public Health. Radiation safety and hormesis.* 2020. V. 8:278. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00278.

10. Кудяшева А.Г. Изменчивость антиоксидантного статуса мелких млекопитающих в условиях техногенного радиоактивного загрязнения среды обитания // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2019. Т. 21. № 2. С.113-120.

11. Федотов Д.Н. Особенности морфологических механизмов адаптации эндокринных желез у млекопитающих на территории высокого радиоактивного загрязнения и снятия антропогенной нагрузки // *Ученые записки УО ВГАВМ.* 2022. Т. 58. Вып. 2. С.23-26. DOI 10.52368/2078-0109-58-2-23-26.

12. Гераскин С. А., Фесенко С. В., Волкова П. Ю., Исамов Н. Н. Что мы узнали о биологических эффектах облучения в ходе 35-летнего анализа последствий аварии на Чернобыльской АЭС // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2021. Т. 61. №3. С.234-260.

13. Михеева Е.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на показатели крови крупного рогатого скота // *Зоотехния.* 2006. № 7. С.24-26.

14. Бауржан, А. Изменение биохимических показателей крови экспериментальных животных после воздействия ионизирующего излучения / А. Бауржан, Ы.О. Кайрханова, Л. Пак, Д.Е. Узбеков, Г.К. Амантаева, Б. Русланова, М.М. Апбасова, Ж.Ж. Абишев // *Медицинский журнал. Астана.* 2020. №1 (103). С. 30-36.

15. Плотко Т.С., Славов В.П., Дедух Н.И. Оценка естественной резистентности коров в зоне радиоактивного загрязнения Киевского полесья в отдаленный период после аварии на ЧАЭС // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства.* 2017. №20-2. С.226-233

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

16. Федотова А. С. Особенности расчета поглощенных доз облучения для крупного рогатого скота в условиях Красноярского края / А.С. Федотова // *Аграрный вестник Урала.* 2021. № 12 (215). С. 77–86. DOI:10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86.

17. Амиров, Д.Р. Клиническая гематология животных: Учебное пособие / Д.Р. Амиров, Б.Ф. Тамимдаров, А.Р. Шагеева. Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, – 2020. – 126– С.129-132.

18. Васильева, С.В. Клиническая биохимия крупного рогатого скота: учебное пособие. – 2-е изд., испр./ С.В. Васильева, Ю.В. Конопатов. – СПб: Издательство Лань, 2017. – 188с.

19. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / Под ред. проф. И. П. Кондрахина. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.

20. Нерсесова, Л.С. Радиозащитный эффект креатина при повреждении ДНК мононуклеарных клеток периферической крови и адаптационные возможности креатин-креатинкиназной системы мозга и печени крыс / Л.С. Нерсесова, М.С. Петросян, Н.С. Бабаян, Г.Л. Тадевосян, Л.Г. Хондкарян, Ж.И. Акопян // *Радиация и риск.* – 2019. – Том 28. № 3 – С.119-131. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-119-131.

21. Петряков, В.В. Ветеринарная оценка основных биохимических показателей сыворотки крови крыс под воздействием радиации при включении в рацион водоросли хлореллы / В.В. Петряков // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета* – 2017 – №4. – С.144-145.

22. Грицук, А.И. Метаболические показатели плазмы крови животных при воздействии внешнего облучения / А.И. Грицук, Н.С. Мышковец, Н.Е. Фомченко // *Проблемы здоровья и экологии.* – 2010. – №2. – С.92-94.

23. Асташева, Н.П. Влияние облучения и голодания на физиологические, клинические, биохимические показатели и воспроизводительные качества тёлочек (экспериментальные исследования) / Н.П. Асташева, Л.Н. Ульяненко // *Радиация и риск.* – 2017. – Том 26. № 4. – С.132-144. DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-4-132-144.

References

1. Report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. United nations publication. New York. 2011. S.106.

2. Jabłokov A.V. Mif o bezopasnosti malyh doz radiacii: Atomnaja mifologija. M.: Centr jekologicheskoy politiki Rossii, ООО «Proekt-F», 2002. 145s. Jaworowski Z. Radiation hormesis—a remedy for fear. *Hum Exp Toxicol.* 2010 Apr;29(4):263-70. doi: 10.1177/0960327110363974. PMID: 20332170.

3. Jaworowski Z. Radiation hormesis—a remedy for fear. *Hum Exp Toxicol.* 2010 Apr;29(4):263-70. doi: 10.1177/0960327110363974. PMID: 20332170.

4. Zander A, Paunesku T, Woloschak G. Radiation databases and archives - examples and comparisons. *Int J Radiat Biol.* 2019 Oct;95(10):1378-1389. Doi: 10.1080/09553002.2019.1572249.

5 Fakhri S, Piri S, Moradi SZ, Khan H. Phytochemicals Targeting Oxidative Stress, Interconnected Neuroinflammatory, and Neuroapoptotic Pathways Following Radiation. *Curr Neuropharmacol.* 2022;20(5):836-856. doi: 10.2174/1570159X19666210809103346. PMID: 34370636; PMCID: PMC9881105.

6. Vaiserman A, Cuttler JM, Socol Y. Biogerontology // *Low-dose ionizing radiation as a hormetin: experimental observations and therapeutic perspective for age-related disorders.* 2021. №22 (2). S.145-164. DOI: 10.1007/s10522-020-09908-5.

7. Berry R 3rd, López-Martínez G. A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and improves animal



performance. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2020 Apr;242:110658. doi: 10.1016/j.cbpa.2020.110658. Epub 2020 Jan 16. PMID: 31954863; PMCID: PMC7066548.

8. Shibamoto Y., Nakamura H. // *International journal of molecular sciences. Overview of biological, epidemiological, and clinical evidence of radiation hormesis.* 2018. Vol. 19. No. 8. P. 2387.

9. Jargin S.V. // *Front Public Health. Radiation safety and hormesis.* 2020. V. 8:278. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00278.

10. Kudjasheva A.G. Izmenchivost' antioksidantnogo statusa melkih mlekopitajushhih v usloviyah tehnogennogo radioaktivnogo zagryaznenija srede obitaniya // *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* 2019. T. 21. № 2. S.113-120.

11. Fedotov D.N. Osobennosti morfologicheskikh mehanizmov adaptacij jendokrinnnyh zhelez u mlekopitajushhih na territorii vysokogo radioaktivnogo zagryaznenija i snjatija antropogennoj nagruzki // *Uchenye zapiski UO VGAVM.* 2022. T. 58. Vyp. 2. S.23-26. DOI 10.52368/2078-0109-58-2-23-26.

12. Geras'kin S. A., Fesenko S. V., Volkova P. Ju., Isamov N. N. Chto my uznali o biologicheskikh jeffektah obluchenija v hode 35-letnego analiza posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS // *Radiacionnaja biologija. Radiojekologija.* 2021. T. 61. №3. S.234-260.

13. Miheeva E.A. Vlijanie malyh doz ionizirujushhego izluchenija na pokazateli krovi krupnogo rogatogo skota // *Zootehnika.* 2006. № 7. S.24-26.

14. Kostenko S.A., Fedorova E.V., Dzhus P.P. i dr. Monitoring citogeneticheskikh pokazatelej somaticheskogo mutageneza mlekopitajushhih v usloviyah hronicheskogo nizkodozovogo obluchenija // *Materialy mezhdunarodnoj konferencii Biologicheskie jeffekty malyh doz ionizirujushhej radiacii i radioaktivnoe zagryaznenie srede.* Syktyvkar, 2014. S.53-57.

15. Plotko T.S., Slavov V.P., Deduh N.I. Ocenka estestvennoj rezistentnosti korov v zone radioaktivnogo zagryaznenija Kievskogo poles'ja v otdalennyj period posle avarii na ChAJeS // *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitija zhivotnovodstva.* 2017. №20-2. S.226-233

16. Fedotova A. S. Osobennosti rascheta pogloshhennyh doz obluchenija dlja krupnogo rogatogo skota v usloviyah Krasnojarskogo kraja / A.S. Fedotova // *Agrarnyj vestnik Urala.* 2021. № 12 (215). S. 77–86. DOI:10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86.

17. Amirov, D.R. Klinicheskaja gematologija zhivotnyh: Uchebnoe posobie / D.R. Amirov, B.F. Tamimdarov, A.R. Shageeva. Kazan': Centr informacionnyh tehnologij KGAVM, – 2020. – 126– С.129-132.

18. Vasil'eva, S.V. Klinicheskaja bihimija krupnogo rogatogo skota: uchebnoe posobie. – 2-e izd., ispr./ S.V. Vasil'eva, Ju.V. Konopatov. – SPb: Izdatel'stvo Lan', 2017. – 188s.

19. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki: spravochnik / Pod red. prof. I. P. Kondrahina. – М.: KolosS, 2004. – 520 s.

20. Nersesova, L.S. Radiozashhitnyj jeffekt kreatina pri povrezhdenii DNK mononuklearnyh kletok perifericheskoy krovi i adaptacionnye vozmozhnosti kreatin-kreatinkinaznoj sistemy mozga i pečeni kryс / L.S. Nersesova, M.S. Petrosjan, N.S. Babajan, G.L. Tadevosjan, L.G. Hondkarjan, Zh.I. Akopjan // *Radiacija i risk.* – 2019. – Том 28. № 3 – С.119-131. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-119-131.

21. Petryakov, V.V. Veterinarnaja ocenka osnovnyh bihimicheskikh pokazatelej syvorotki krovi kryс pod vozdejstviem radiacii pri vključenii v raciony vodorosli hlorelly / V.V. Petryakov // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* – 2017 – №4. – С.144-145.

22. Gricuk, A.I. Metabolicheskie pokazateli plazmy krovi zhivotnyh pri vozdejstvii vneshnego obluchenija / A.I. Gricuk, N.S. Myshkovec, N.E. Fomchenko // *Problemy zdorov'ja i jekologii.* – 2010. – №2. – С.92-94.

23. Astasheva, N.P. Vlijanie obluchenija i golodanija na fiziologicheskie, klinicheskie, bihimicheskie pokazateli i vosproizvoditel'nye kachestva tjolok (jeksperimental'nye issledovaniya) / N.P. Astasheva, L.N. Ul'janenko // *Radiacija i risk.* – 2017. – Том 26. № 4. – С.132-144. DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-4-132-144.

Contribution of the authors:

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

The authors declare that there is no conflict of interest.

Информация об авторах

Федотова Арина Сергеевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, krasfas@mail.ru

Турицына Евгения Геннадьевна, д-р вет. наук, доцент, профессор кафедры анатомии, патологической анатомии и хирургии ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», г. Красноярск, Россия, turitsyna@mail.ru

Author information

Fedotova Arina S., PhD of Biological Sciences, Associate Professor at the Department, FSEI HPE Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia, krasfas@mail.ru.

Turitsyna Evgenia G., Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Pathological Anatomy and Surgery of the Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine of the Krasnoyarsk State Agrarian University, turitsyna@mail.ru,

Статья поступила в редакцию 12.03.2024, одобрена после рецензирования 26.04.2024, принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted to the editorial office 12.03.2024, approved after review 26.04.2024, accepted for publication 06.06.2024.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с.100-109
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 100-109

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 638.144
DOI: 10.36508/RSATU.2024.49.57.013

ПРИГОТОВЛЕНИЕ САХАРОМЕДОВОЙ ПОДКОРМКИ НА ПАСЕКЕ

Даниил Сергеевич Ананьин¹, Николай Евгеньевич Лузгин², Владимир Валентинович Утолин³, Вячеслав Михайлович Ульянов⁴, Николай Александрович Грунин⁵

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

¹ ananin.daniil@mail.ru

² nikolay.luzgin@mail.ru

³ 6451985@mail.ru

⁴ ulyanov-v@list.ru

⁵ gruninnikolai@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В настоящее время уровень механизации производственных процессов на пасеках нашей страны находится на достаточно низком уровне, большая часть работ выполняется вручную. Данный факт негативно сказывается на производительности пчеловодов, качестве и количестве конечной продукции. Известно, что сохранность, развитие и продуктивность пчелиной семьи в большей мере зависят от наличия качественных кормов в улье. Из-за сложившейся ситуации в отечественном аграрном секторе, когда использование современных технологий производства продукции растениеводства сопряжено с применением большого количества минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов, а также климатическими и погодными колебаниями, пчеловоды вынуждены осуществлять подкормку пчел в осенний и весенний периоды. Для искусственного закармливания пчел используют канди, приготовленную из меда и сахарной пудры с добавлением лекарственных и профилактических препаратов. Процесс приготовления канди является достаточно сложным и трудоемким. Для промышленных пасек существует комплект оборудования, позволяющий механизировать процессы при приготовлении канди. Малые и средние пасеки не имеют возможности использования существующих средств механизации по причине их высокой стоимости. Поэтому вопрос механизации приготовления канди в условиях малых и средних пасек нашей страны, которых преимущественное большинство, остается не решенным и является актуальным в настоящее время.

Методология. При приготовлении канди необходимым условием является смешивание меда и сахара. Проблема в данном случае состоит в том, что зачастую мед находится в закристаллизованном состоянии и его невозможно смешать. Поэтому мед предварительно перед смешиванием необходимо декристаллизовать путем длительного нагрева при строго регламентируемых значениях температуры. Согласно техническим условиям на производство канди сахар предварительно измельчается до состояния пудры с ее последующей сепарацией. В настоящее время в условиях малых и средних пасек механизировать процессы приготовления канди невозможно из-за отсутствия специальных машин. Для решения данной задачи необходимо проанализировать имеющиеся технические средства, применяемые в аналогичных технологических процессах и адаптировать их для механизации приготовления канди.

Результаты. На основании анализа современных технических средств, используемых в пищевой

промышленности, нами было установлено, что основные процессы: измельчение сахарного песка и его просеивание, смешивание, фасовку и упаковку при приготовлении канди для малых и средних пасек возможно механизировать серийными машинами и оборудованием. В частности, декристаллизацию меда предложено осуществлять в термокамере собственной конструкции с автоматическим режимом поддержания заданной температуры. Таким образом, доказано, что возможно механизировать процессы при приготовлении канди для малых и средних пасек при максимальном использовании серийных машин и минимальных затратах на изготовление недостающего оборудования.

Заключение. Результаты испытания предложенного комплекта оборудования для механизации технологических процессов приготовления канди на пасеке ФГБОУ ВО РГАТУ показали, что возможно механизировать технологические процессы при приготовлении канди и обеспечивать сезонными подкормками до 100 пчелосемей в год.

Ключевые слова: сахар, мед, воск, пудра, медово-сахарная подкормка, канди, просеиватель, измельчитель, декристаллизация, термокамера, смеситель, упаковка

Для цитирования: Ананьин Д.С., Лузгин Н.Е., Утолин В.В., Ульянов В.М., Грунин Н.А. Приготовление сахаромедовой подкормки на пасеке // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2. С. 100-109 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.49.57.013>

Original article

PREPARATION OF SUGAR AND HONEY FEEDING AT THE APIAR

Daniil S. Ananyin¹, Nikolay E. Luzgin², Vladimir V. Utolin³, Vyacheslav M. Ulyanov⁴, Nikolay A. Grunin⁵

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

¹ ananin.daniil@mail.ru

² nikolay.luzgin@mail.ru

³ 6451985@mail.ru

⁴ ulyanov-v@list.ru

⁵ gruninnikolai@mail.ru

Abstract

Problem and purpose. Currently, the level of mechanization of production processes in apiaries in our country is at a fairly low level; most of the work is done manually. This fact negatively affects the productivity of beekeepers, the quality and quantity of the final product. It is known that the safety, development and productivity of a bee colony largely depends on the availability of high-quality food in the hive. Due to the current situation in the domestic agricultural sector, when the use of modern crop production technologies involves the use of large amounts of mineral fertilizers, pesticides and herbicides, as well as climatic and weather fluctuations, beekeepers are forced to feed bees in the autumn and spring. To feed bees, they use candy, prepared from honey and powdered sugar with the addition of medicinal and prophylactic drugs. The process of preparing candy is quite complex and labor-intensive. For industrial apiaries, there is a set of equipment that allows to mechanize the processes when preparing candy. Small and medium-sized apiaries do not have the opportunity to use existing mechanization tools due to their high cost. Therefore, the issue of mechanization of the preparation of candy in conditions of small and medium-sized apiaries in our country, being the vast majority, remains unsolved and is relevant at the present time.

Methodology. When preparing candy, a necessary condition is to mix honey and sugar. The problem in this case is that honey is often in a crystallized state and cannot be mixed. Therefore, before mixing, honey must be decrystallized by prolonged heating at strictly regulated temperatures. According to the technical conditions for the production of candy, sugar is first crushed to the state of powder and its subsequent separation. Currently, in small and medium-sized apiaries, it is impossible to mechanize the processes of preparing candy due to the lack of special machines. To solve this problem, it is necessary to analyze the available technical means used in similar technological processes and adapt them to mechanize the preparation of candy.

Results. Based on an analysis of modern technical means used in the food industry, it was found that the main processes: grinding granulated sugar and sifting it, mixing, and packaging when preparing candy for small and medium-sized apiaries can be mechanized with serial machines and equipment. In particular, it is proposed to carry out the decrystallization of honey in a heat chamber of own design with an automatic mode for maintaining a given temperature. Thus, it was proved that it is possible to mechanize processes in the preparation of candy for small and medium-sized apiaries with maximum use of serial machines and minimal costs to manufacture the missing equipment.

Conclusion. The results of testing the proposed set of equipment for mechanizing the technological processes of preparing candy in the apiary of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education RSATU



showed that it is possible to mechanize the technological processes to prepare candy and provide seasonal feeding to up to 100 bee colonies per year.

Key words: sugar, honey, wax, powder, sugar and honey feeding, candy, honey sifter, grinder, decrystallization, heat chamber, mixer, packaging.

For citation: Ananyin D.S., Luzgin N.E., Utolin V.V., Ulyanov V.M., Grunin N.A. Preparation of sugar and honey feeding at the apiar // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 2. P.100-109 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.49.57.013>

Постановка проблемы

В настоящее время уровень механизации производственных процессов на пасеках нашей страны находится на достаточно низком уровне, большая часть работ выполняется вручную. Данный факт негативно сказывается на производительности пчеловодов, качестве и количестве конечной продукции. Известно, что сохранность, развитие и продуктивность пчелиной семьи в большей мере зависят от наличия качественных кормов в улье. Из-за сложившейся ситуации в отечественном аграрном секторе, когда использование современных технологий производства продукции растениеводства сопряжено с применением большого количества минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов, а также климатическими и погодными колебаниями, пчеловоды вынуждены осуществлять подкормку пчел в осенний и весенний периоды. Пчелы могут самостоятельно обеспечить себя кормом для поддержания жизнедеятельности семьи в зимний период и развития весной. Однако значительную часть корма у них забирает пчеловод, да и в природе не всегда есть достаточный взятки для сбора нектара. Поэтому часто приходится давать в зиму дополнительно искусственные корма, наиболее распространенным из которых является канди, представляющий собой тесто, состоящее по большей части из сахарной пудры и меда с добавлением воды. По ТУ 10РФ 399-80 пропорция компонентов следующая: сахарная пудра – 80 %, мед – 19 %, вода – 1 %. Допускается введение лечебных добавок. На одну пчелосемью надо заготовить, при разных внешних условиях, от двух до пяти килограммов подобного корма [1,2].

В условиях частных пасек приготовление подкормки возможно, однако требуется наличие средств механизации для подготовки компонентов – сахарной пудры и распущенного меда. Закупать промышленно приготовленную сахарную пудру или подкормку в специализированных магазинах

слишком затратно, если речь идет о пасеках на 50 пчелосемей и более, так как один килограмм пудры дороже исходного продукта в 2-4 раза, а канди стоит в среднем около 200 рублей за килограмм. Это может поставить под угрозу весь бизнес пчеловода, так как при дальнейших неблагоприятных условиях есть риск превышения затрат над доходом.

Поэтому рациональнее вести приготовление кормов самостоятельно, измельчая сахар в пудру, распуская мед, дозируя компоненты по рецепту и смешивая их с применением доступного оборудования. Упаковку тестообразного корма с целью защиты от засыхания можно производить в целлофановые пакеты, либо покрывая ее поверхность защитным слоем воска. При этом эксплуатационные затраты сравнительно невелики и включают в себя расходы на обслуживание оборудования и стоимость электроэнергии.

На пасеках в 50 пчелосемей и выше, где потребность в подкормке составляет сотни килограммов, требуется хотя бы минимальный набор средств механизации. При этом можно и нужно использовать и приспособлять имеющиеся у каждого пчеловода оборудование под требуемые параметры и режимы процесса приготовления тестообразной подкормки.

Оборудование приготовления сахарной пудры

Известны промышленные машины для приготовления сахарной пудры из сахарного песка [3,4]. Они достаточно высокопроизводительны, позволяют получать продукт хорошего качества, но при этом имеют высокую стоимость и большую часть времени будут простаивать, так как ограничены в области применения. Поэтому рационально применить измельчитель на базе шлифовальной машины (УШМ) с устройством плавного пуска и регулировки частоты вращения рабочего органа (рис. 1). Для этой цели УШМ необходимо снабдить рамой и измельчающим рабочим органом.

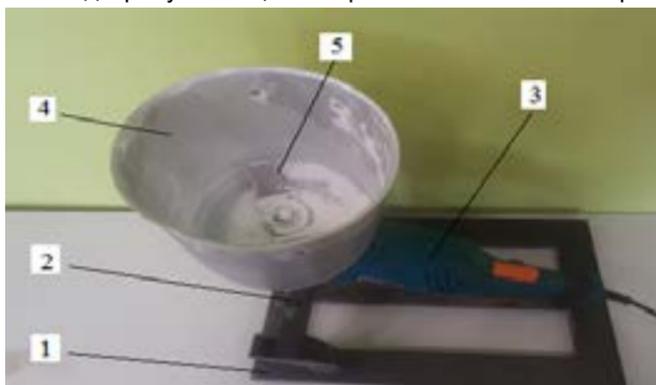


Рис. 1 – Устройство для приготовления сахарной пудры
Fig. 1 – The device for preparing powdered sugar



Предлагаемое устройство должно включать в себя станину 1 с поворотной рамкой 2, в которой крепится УШМ 3. На УШМ защитный кожух необходимо заменить на цилиндрическую емкость 4 с крышкой (на рисунке не показана). Вместо штатного диска устанавливается двухлопастной нож 5, по форме скопированный со стандартной кофемолки и увеличенный в масштабе по диаметру дна емкости с учетом минимального зазора от стенок.

Большим недостатком сахарной пудры является гигроскопичность – способность поглощать влагу из окружающей среды. Это свойство приводит к комкованию. Также она взрывоопасна. Поэтому при приготовлении пудры, а, особенно, при фасовке, необходимо соблюдать требования безопасности.

Оборудование для просеивания сахарной пудры

Канди, приготовленный на плохо смолотой пудре, быстро кристаллизуется, превращаясь в каменистую массу, не пригодную для потребления пчелами. Пудра не должна иметь ни крупинки, ни, тем более, комочков, ощущаемых при растирании ее пальцами (размер отдельных частиц не должен превышать 20 мк). После приготовления пудры ее просеивают на сите с отверстиями соответствующего размера. Поэтому процессу просеивания следует уделять особое внимание. Качество просеивания зависит от формы и размеров ячеек сит, размеров частиц и влажности продукта, толщины слоя продукта на сите, характера движения продукта по поверхности сита и характера движения самого рабочего органа (сита).

В нашей стране и за рубежом производится достаточно большое разнообразие машин-просеивателей, отличающихся конструктивно, способом просеивания, а также по требуемой производительности: как механические ручные просеиватели с емкостями небольшого объема (рис. 2), так и промышленно применяемые машины с лопастными и барабанными рабочими органами-двигателями, с подвижными и неподвижными ситами (рис. 3), вибрационного (рис. 4), возвратно-поступательного действия (рис. 5) и т.д. [5,6].



Рис. 2 – Ручной механический просеиватель
Fig. 2 – The manual mechanical sifter



а) пирамидальный бурат



б) с круговым движением сита

Рис. 3 – Просеиватели с замкнутым ситом
a) pyramidal burat b) with circular movement of the sieve

Fig. 3 – Sifters with a closed sieve



а) бытовой



б) промышленный
Рис. 4 – Вибрационный просеиватель
а) household б) industrial
Fig. 4 – The vibrating sifter



Рис. 5 – Просеиватель с возвратно-поступательным движением сита типа «Тарар»
Fig. 5 – The sifter with reciprocating motion of the “Tarar” type sieve

Мы применяли разные варианты просеивателей – в зависимости от требуемого количества подкормки брали ручной просеиватель (рис. 2) или бытовой просеиватель вибрационного типа (рис. 4, а). Считаем – предпочтительнее использование просеивателя вибрационного типа, он обладает достаточной производительностью и обеспечивает высокое качество процесса, при этом имеет доступную цену.

Оборудование и технологии для роспуска (декристаллизации) меда

Мед для приготовления канди должен быть в жидком виде и не иметь кристаллов, поэтому его предварительно распускают, не допуская перегрева. Роспуск меда или декристаллизация – это процесс нагревания затвердевшего меда с целью

восстановления его исходной текучести.

В настоящее время на рынке декристаллизаторы представлены как отечественными, так и импортными образцами, отличающимися по конструкции и принципу действия [7,8].

Поверхностные декристаллизаторы (рис. 6) представляют собой гибкий теплоэлектрический нагревательный элемент, помещенный в защитную оболочку, с кабелем питания, и предназначены для нагревания меда, помещенного в стеклянную, пластиковую или металлическую емкость [9]. Их преимущество состоит в том, что они просты по конструкции и могут широко применяться в быту.



Рис. 6 – Поверхностные декристаллизаторы меда.

Fig. 6 – Surface honey decrystallizers

При промышленном производстве, когда требуется распустать большие объемы меда, применяют **корпусные декристаллизаторы**, состоящие из четырех термоактивных кассет, соединенных между собой торцами (рис. 7). В пространстве между ними создается необходимая температура, за счет которой емкости с медом быстро прогреваются, и он декристаллизуется.



Рис. 7 – Корпусные декристаллизаторы меда
Fig. 7 – Boxed honey decrystallizers

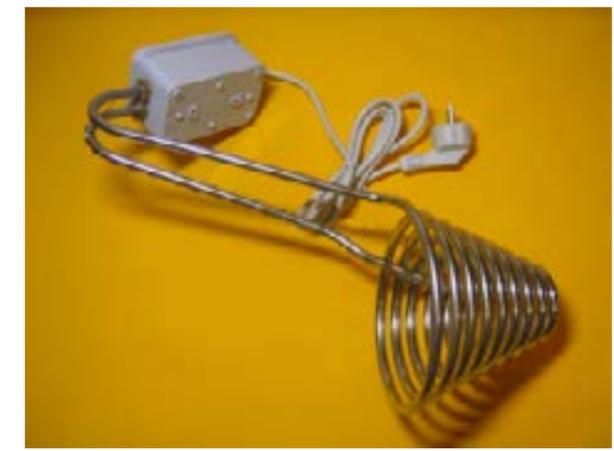
Вышеописанные конструкции «медогреек» не требуют открытия емкостей с медом, он декристаллизуется бесконтактно. Но имеются варианты и «контактных» декристаллизаторов.

Спиральный декристаллизатор (рис. 8) по конструкции и принципу работы имеет сходство с кипятильником – имеет нагревательный элемент с питающим проводом. Нагревательную часть полностью погружают в специально подготовленную

выемку, закладывая сверху медом, и включают в сеть. Контактующий с нагревателем мед начинает разогреваться и переходить в жидкое состояние, а спираль «медогрейки» постепенно опускается вниз, пока не достигнет дна емкости. По производительности и габаритам спиральные декристаллизаторы бывают разные, их выбирают в зависимости от объема тары с медом.



а)



б)

Рис. 8 – Спиральный декристаллизатор меда
а) для крупной тары б) для малых объемов
Fig. 8 – The spiral honey decrystallizer
a) for large containers b) for small volumes

В ФГБНУ ВНИИРАЭ разработаны микроволновые установки марки УРМ, отличающиеся по производительности и комплектации (рис. 9).

Данные машины относят также к бесконтактным, нагрев закристаллизованного меда в открытой опрокинутой таре производится в течение короткого времени воздействием микроволн. Мед прогревается во всем объеме, а не поверхностно. Жидкий мед быстро перетекает из зоны нагрева, не перегревается и не теряет полезных свойств.

В бытовых условиях, когда продукт хранится небольшими порциями в обычных банках, доста-

точно конусного или спирального декристаллизатора. Но если речь идет о промышленном пчеловодстве и о работе с большими количествами меда, то стоит отдать предпочтение гибким, корпусным инфракрасным моделям или микроволновым установкам. Они обладают следующими преимуществами: не контактируют с медом, равномерно прогревают продукт, имеют автоматический терморегулятор, что дает полный контроль над температурным режимом и исключает перегрев. Температурные нормы не превышаются, что гарантирует сохранность полезных свойств меда.



Данные устройства удобны и просты в эксплуатации. Однако часто стоимость данных машин составляет значительную часть прибыли пчеловода, а на небольших пасеках зачастую превышает ее. Исходя из этого, мы предложили вариант конструкции термокамеры, для изготовления которой использовали доступные в торговых сетях материалы и элементы.



Рис. 9 – Микроволновая установка для роспуска мёда UPM-4
Fig. 9 – The microwave unit for dissolving honey URM-4

Корпус термокамеры изготовлен из листов пенополистирола (рис. 10). По внутреннему периметру корпуса 1 закреплена инфракрасная нагревательная пленка 2, а снаружи – терморегулятор 3. В крышке термокамеры закрепили температурный датчик терморегулятора, а также термометр для визуального контроля температуры (не показаны) [10].



1 – корпус, 2 – инфракрасная нагревательная пленка, 3 – терморегулятор
Рис. 10 – Термокамера для роспуска меда
1 – housing, 2 – infrared heating film, 3 – thermostat
Fig. 10 – The thermal chamber for dissolving honey

В данной конструкции корпус термокамеры можно изготовить из любого низкотеплопроводного материала, а нагрев производить любыми доступными средствами.

Оборудование для приготовления сахаро-медового теста (канди)

В небольших количествах требуемой подкормки ее компоненты можно смешивать вручную, добавляя в жидкий мед просеянную сахарную пудру. Однако в больших объемах производства возникает потребность в механизации данного процесса. Специальных машин для приготовления тестообразной подкормки на настоящий момент нет. Поэтому надо ориентироваться на производства, где осуществляют смешивание сходных по консистенции с канди веществ [11, 12, 13].

Мы изучили машины, применяемые в пищевой промышленности для приготовления хлебопекарного теста [14], фаршемешалки [15], но остановили свой выбор на компактной бетономешалке с поворотной опрокидывающейся чашей (рис. 11).

В ее конструкцию нам не пришлось вносить значительных изменений. Наиболее значимым было предусмотреть механизм закрывания горловины чаши для предотвращения пыления сахарной пудры на начальном этапе смешивания.



Рис. 11 – Тестомеситель
Fig. 11 – The dough mixer.

Данная конструкция хорошо себя зарекомендовала при приготовлении необходимых объемов подкормки, начиная от потребности пасеки в 50 пчелосемей и выше. Приготовление 10 килограммов канди на ней занимало не более 7-10 минут, с учетом всех технологических операций на смешивание.

Перемешивают массу до тех пор, пока она не станет визуально однородной. Контроль качества готового канди осуществляли визуально следующим образом. Качество считали удовлетворительным, если комок канди размером с куриное яйцо, положенный на горизонтальную поверхность не менял своей формы.



Оборудование для фасовки и упаковки канди

Фасовку приготовленного теста производят, как правило, порциями по 0,5-1,5 кг. Дозирование производят весовым способом. Для этого достаточно наличия любых бытовых или торговых весов.

С целью обеспечения сохранности канди в процессе хранения и исключения засыхания при скармливании пчелам расфасованную подкормку помещают в целлофановые или полиэтиленовые пакеты и герметизируют импульсным запайщиком, предварительно максимально удалив из пакета воздух. В случае отсутствия импульсного запайщика пакетов можно завязывать вручную, что несколько усложнит процесс упаковки. Иногда применяют упаковочную бумагу, но она не всегда позволяет полностью герметизировать подкормку.

Другим вариантом защиты канди от засыхания является нанесение тонкой защитной восковой оболочки, которая является естественным материалом для пчел. Целлофан и полиэтилен воспринимается пчелами как инородное тело, от которого они стремятся избавиться, а его микрочастицы попадают в ячейки и далее – в мед. Также для удаления остатков целлофана пчеловод вынужден несколько раз открывать улей и беспокоить пчел. Восковая оболочка имеет минимальную толщину и является природным, естественным для пчел, продуктом, не оказывающим негативно влияния на продукцию пчеловодства. На основании собственной практики и мнения пчеловодов нам известно, что восковое сырье, находящееся в верхней части улья, пчелы используют для строительства сот, и не только.

Воск – это природный строительный материал для пчел. Они повторно используют «старый» воск для строительства маточников, строительства и запечатывания сотов. Также сохраняют излишки воска про запас, отстраивая разные шишки и гребни вверху и внизу на рамках, углах и на стенках ульев. Упавшие кусочки часто приращивают к дну улья как ступеньки.

Для нанесения восковой оболочки на поверхность канди необходимо устройство, разогревающее твердый воск и переводящее его в жидкую фазу [16].

Технологическая линия приготовления канди, адаптированная к потребностям пчеловода

Технология приготовления канди с применением вышеуказанного оборудования следующая.

Взвешивают сухой сахар-песок в количестве, которое способно измельчить за одну загрузку устройства для изготовления сахарной пудры. Предложенная конструкция измельчителя позволяет измельчать за один цикл до 0,5 кг сахара-песка. Время измельчения зависит от размера частиц в исходном продукте и его влажности и варьируется в диапазоне 30-60 секунд.

Далее просеивают измельченный сахар в вибрационном просеивателе.

Мед для подкормки готовят заранее, помещая его за 4-5 дней в термокамеру для роспуска. Температуру в термокамере выставляют не выше 42°С, что связано со свойствами меда. За это время закристаллизованный мед полностью распустится

и станет жидким.

В состав канди можно вводить различные лечебные добавки. Для этого их сначала растворяют в небольшом количестве очищенной воды [17], а потом добавляют в мед, который пойдет в подкормку, и перемешивают. Также в состав подкормки вводят пергу и белковые компоненты.

Приготовленные компоненты канди взвешивают и засыпают во вращающуюся чашу смесителя – сначала пудру, поверх нее – медовый сироп. Пропорция компонентов следующая: сахарная пудра – 75 %, мед – 20 %, вода – 5 % [18].

При взаимодействии жидких и сухих компонентов в смесителе происходит перераспределение влаги между ними. В результате получают продукт – канди, напоминающий по консистенции хлебопекарное тесто. Время приготовления 10 килограммов канди в нашем смесителе – 7-10 минут.

Канди упаковывают в полиэтиленовые пакеты порциями по 1 кг и фасуют в небольшие картонные коробки по 5 кг.

Выводы

На основании анализа существующих технические средств для приготовления канди осуществлен подбор оптимальных, в конкретных условиях, серийно выпускаемых машин, и предложены оригинальные конструкции машин, при объединении которых в единую производственную линию возможно максимально механизировать процесс производства медово-сахарной подкормки для пчел. Считаем, что на основании вышеизложенного механизировать процесс приготовления канди возможно практически любому пчеловоду из имеющихся и доступных средств.

Список источников

1. Энергосберегающая установка для переработки продуктов пчеловодства / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, И. А. Успенский [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 5. – С. 28-29.
2. Билаш, Н. Г. Подкормка пчелиных семей на зиму / Н. Г. Билаш, В. И. Лебедев // Пчеловодство. – 2022. – № 9. – С. 20-21.
3. Критерий рабочего процесса и конструкция измельчителя растительных материалов / В. М. Ульянов, В. В. Утолин, Д. Э. Тугеев, Д. Н. Ефремов // Вестник аграрной науки Дона. – 2023. – Т. 16, № 1(61). – С. 66-75.
4. Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна / В. Е. Чуйков, В. В. Коновалов, М. В. Донцова, С. С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 45-55.
5. Патент № 2801851 С1 Российская Федерация, МПК В07В 1/12, В07В 1/46, С13В 45/02. Способ сепарации сахара-песка и устройство для его реализации: № 2022127160: заявл. 19.10.2022: опубл. 17.08.2023 / Р. С. Соколов, С. В. Говоров, Д. А. Семенихин, Б. С. Борисов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "ГРУППА КОМПАНИЙ АТХ".
6. Очистка воскового сырья под воздействием ультразвука / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, А. А. Симдянкин [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 24-25.



7. Классификация кремвалок (декристаллизаторов) меда / В.М. Ульянов, В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, К.А. Власов // Инновационная техника и технология. – 2022. – Т. 9, № 3. – С. 74-83.

8. Электрическое устройство для поддержания микроклимата в пчелином улье / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 4(298). – С. 36-38.

9. Исследование нагрева меда в рекристаллизаторе / Д. А. Овсянников, Д. С. Цокур, А. С. Лытнев, А. А. Блягоз // Сельский механизатор. – 2018. – № 7-8. – С. 26-27.

10. Шилов, Ю. А. Технологические аспекты переработки меда и влияние температуры рекристаллизации на его диастазную активность / Ю. А. Шилов, В. В. Крупицын // Технология и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2018. – № 2(11). – С. 36-38.

11. Балашов, О. Ю. Особенности получения прессованных кормов из побочных продуктов пивоваренного производства / О. Ю. Балашов, В. В. Утолин, Н. Е. Лузгин // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 1(22). – С. 50-54.

12. Патент на полезную модель № 207804 U1 Российская Федерация, МПК В65G 33/14, А23N 17/00. Смеситель сыпучих материалов: № 2021122637: заявл. 28.07.2021: опубл. 17.11.2021 / В.Д. Липин, С.Н. Борычев, А.В. Шемякин [и др.].

13. Ульянов, В. М. Производительность двухспирального смесителя концентрированных кор-

мов / В. М. Ульянов, М. В. Паршина, В. А. Батирова // Вестник аграрной науки Дона. – 2021. – № 3(55). – С. 46-55.

14. Испытания спирального смесителя в производственных условиях / В. В. Утолин, Н. Е. Лузгин, Е. Е. Гришков [и др.] // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 26-27.

15. Сverdlik, G. I. Современные конструкции фаршемешалок в производстве колбас / Г. И. Сverdlik, А. Ю. Атаева, Д. Ю. Базиев // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник докладов IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Владикавказ, 25–27 мая 2022 года. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2023. – С. 193-194.

16. Исследование ультразвуковой очистки воскового сырья / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, И. А. Успенский [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 5(146). – С. 155-160.

17. Обоснование оптимальных параметров электроимпульсного устройства для очистки воды / С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Д.Е. Каширин [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 3. – С. 30-31.

18. Оценка эффективности нагревателей воды в животноводстве / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Д. Е. Каширин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 6(300). – С. 42-45.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. *Energosberegayushchaya ustanovka dlya pererabotki produktov pchelovodstva* / S. N. Borychev, D. Ye. Kashirin, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2022. – № 5. – С. 28-29.

2. *Bilash, N. G. Podkormka pchelinykh semei na zimu* / N. G. Bilash, V. I. Lebedev // *Pchelovodstvo*. – 2022. – № 9. – С. 20-21.

3. *Kriteriy rabocheho protsessa i konstruktsiya izmel'chitelya rastitel'nykh materialov* / V. M. Ul'yanov, V. V. Utolin, D. E. Tugeyev, D. N. Yefremov // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. – 2023. – Т. 16, № 1(61). – С. 66-75.

4. *Obosnovaniye napravleniya sovershenstvovaniya konstruktsiy drobilok zerna* / V. Ye. Chuykov, V. V. Konovalov, M. V. Dontsova, S. S. Petrova // *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2023. – № 3. – С. 45-55.

5. *Patent № 2801851 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B07B 1/12, B07B 1/46, C13B 45/02. Sposob separatsii sakhara-peska i ustroystvo dlya yego realizatsii: № 2022127160: заявл. 19.10.2022: opubl. 17.08.2023 / R. S. Sokolov, S. V. Govorov, D. A. Semenikhin, B. S. Borisov; заявитель Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "GRUPPA KOMPANIY ATKH".*

6. *Ochistka voskovogo syr'ya pod vozdeystviyem ul'trazvuka* / S. N. Borychev, D. Ye. Kashirin, A. A. Simdyankin [i dr.] // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2022. – № 6. – С. 24-25.

7. *Klassifikatsiya kremovalok (dekristallizatorov) meda* / V.M. Ul'yanov, V.V. Utolin, N.Ye. Luzgin, K.A. Vlasov // *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya*. – 2022. – Т. 9, № 3. – С. 74-83.

8. *Elektricheskoye ustroystvo dlya podderzhaniya mikroklimate v pchelinom ul'ye* / S. N. Borychev, D. Ye. Kashirin, A. A. Simdyankin [i dr.] // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2022. – № 4(298). – С. 36-38.

9. *Issledovaniye nagreva meda v rekristallizatore* / D. A. Ovsyannikov, D. S. Tsokur, A. S. Lytnev, A. A. Blyagoz // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2018. – № 7-8. – С. 26-27.

10. *Shilov, YU. A. Tekhnologicheskiye aspekty pererabotki meda i vliyaniye temperatury rekristallizatsii na yego diastaznuyu aktivnost'* / YU. A. Shilov, V. V. Krupitsyn // *Tekhnologii i tovarovedeniye sel'skokhozyaystvennoy produktii*. – 2018. – № 2(11). – С. 36-38.

11. *Balashov, O. YU. Osobennosti polucheniya pressovannykh kormov iz pobochnykh produktov pivovarennoy proizvodstva* / O. YU. Balashov, V. V. Utolin, N. Ye. Luzgin // *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*.



– 2018. – № 1(22). – С. 50-54.

12. *Patent na poleznuyu model' № 207804 U1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B65G 33/14, A23N 17/00. Smesitel' syuchikh materialov: № 2021122637: заявл. 28.07.2021: opubl. 17.11.2021 / V.D. Lipin, S.N. Borychev, A.V. Shemyakin [i dr.].*

13. *Ul'yanov, V. M. Proizvoditel'nost' dvukhsiral'nogo smesitelya kontsentrirovannykh kormov* / V. M. Ul'yanov, M. V. Parshina, V. A. Batirova // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. – 2021. – № 3(55). – С. 46-55.

14. *Ispytaniya spiral'nogo smesitelya v proizvodstvennykh usloviyakh* / V. V. Utolin, N. Ye. Luzgin, Ye. Ye. Grishkov [i dr.] // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2018. – № 2. – С. 26-27.

15. *Sverdlik, G. I. Sovremennyye konstruktsii farshemeshalok v proizvodstve kolbas* / G. I. Sverdlik, A. YU. Atayeva, D. YU. Baziyeu // *Sovremennyye nauchno-tekhnicheskiye i sotsial'no-gumanitarnyye issledovaniya: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii* : Sbornik dokladov IV Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Vladikavkaz, 25–27 maya 2022 goda. – Vladikavkaz: Severo-Kavkazskiy gorno-metallurgicheskii institut (gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet), 2023. – С. 193-194.

16. *Issledovaniye ul'trazvukovoy ochistki voskovogo syr'ya* / D. N. Byshov, D. Ye. Kashirin, I. A. Uspenskiy [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. – 2019. – № 5(146). – С. 155-160.

17. *Obosnovaniye optimal'nykh parametrov elektroimpul'snogo ustroystva dlya ochistki vody* / S.N. Borychev, I.A. Uspenskiy, D.Ye. Kashirin [i dr.] // *Sel'skiy mekhanizator*. – 2022. – № 3. – С. 30-31

18. *Otsenka effektivnosti nagrevateley vody v zhivotnovodstve* / S. N. Borychev, I. A. Uspenskiy, D. Ye. Kashirin [i dr.] // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. – 2022. – № 6(300). – С. 42-45

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

Ананьин Даниил Сергеевич, аспирант кафедры технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,

Лузгин Николай Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, nikolay.luzgin@mail.ru

Утолин Владимир Валентинович, д-р техн. наук, профессор кафедры технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 6451985@mail.ru

Ульянов Вячеслав Михайлович, д-р техн. наук, заведующий кафедрой технических систем в АПК, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, ulyanov-v@list.ru

Грунин Николай Александрович, преподаватель ФДПО и СПО, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, gruninnikolai@mail.ru

Author information

Ananyin Daniil S., postgraduate student of the Department of Technical Systems in Agro-Industrial Complex, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev,

Luzgin Nikolay E., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agro-Industrial Complex, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, nikolay.luzgin@mail.ru

Utolin Vladimir V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agro-Industrial Complex, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, 6451985@mail.ru

Ulyanov Vyacheslav M., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technical Systems in Agro-Industrial Complex, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, ulyanov-v@list.ru

Grunin Nikolay A., teacher of FDPE and SPO, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, gruninnikolai@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.03.2024; одобрена после рецензирования 20.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 24.03.2024; approved after reviewing 20.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 635.032/034
DOI: 10.36508/RSATU.2024.57.49.014

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ АПК

Александр Викторович Грачев ¹, Евгений Николаевич Неверов ²✉, Алена Константиновна Горелкина ³¹ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ) г. Новокузнецк, Россия^{2,3} ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия² neverov42@mail.ru**Аннотация.****Проблема и цель.** Целью является получение данных в результате моделирования с привлечением нейросети и обоснование возможности использования аппарата искусственных нейронных сетей в тепличном комплексе.**Методология.** Агропромышленный комплекс (АПК), как отрасль в целом, невозможен без наличия в нем методов и способов производства, требующих заметного количества внедрённых средств автоматизации производства и управления. Управление практически любой системой невозможно без обработки больших объёмов статистических данных. Использование системы управления тепличным комплексом в сфере АПК имеет те же задачи. В статье приведено описание подхода к проектированию специального модуля системы цифрового управления теплицей с возможностью получения прогнозируемых данных об оценке технических элементов объекта. Объект исследования: тепличный объект общего назначения и цифровые данные, получаемые через коммуникационную сеть от цифровых технических элементов. Кратко описана используемая коммуникационная сеть. Предполагается использование технических элементов, имеющих функции накопления и/или передачи измеряемых данных.**Результаты.** На первом этапе была исследована сама возможность применения обученных нейросетей для работы с данными элементов от объектов АПК. На втором - исследовалась возможность использования аппарата искусственной нейросети на ограниченном наборе данных для получения прогнозных результатов. В описываемом подходе предполагается использование численных методов для моделирования и метод прогноза с помощью аппарат искусственных нейронных сетей для прогноза состояния технических элементов.**Заключение.** Модуль, с использованием нейросети, может быть применен в составе управляющего ПО для мониторинга технических элементов и объектов АПК. Используемый способ применения нейросети с простой архитектурой, с упором на результаты моделирования, позволил исследовать применение такого подхода в системе управления теплицей на основе статистики с объекта.**Ключевые слова:** нейронные сети, машинное обучение, многослойный перцептрон, статистика, прогнозирование, модели, прогнозная оценка, сельское хозяйство, оборудование агропромышленного комплекса**Для цитирования:** Грачев А.В., Неверов Е.Н., Горелкина А.К. Метод использования цифровых технологий в разработке систем цифрового управления теплицей на предприятии АПК // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2, С. 110-117 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.57.49.014>

Original article

METHOD OF USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF DIGITAL GREENHOUSE CONTROL SYSTEMS AT AGRICULTURAL ENTERPRISE

Alexander V. Grachev ¹, Evgeniy N. Neverov ²✉, Alena K. Gorelkina ³¹ FSBEI HE «Siberian State Industrial University», Novokuznetsk, Russia.

© Грачев А.В., Неверов Е.Н., Горелкина А.К., 2024 г.

^{2,3} FSBEI HE «Kemerovo State University», Kemerovo, Russia² neverov42@mail.ru**Annotation.****Problem and purpose.** The goal is to obtain data as a result of modeling using a neural network and to justify the possibility of using artificial neural networks in a greenhouse complex.**Methodology.** The agro-industrial complex (AIC), as an industry as a whole, is impossible without the presence in it of methods and methods of production that require a significant amount of implemented means of automation of production and management. Managing almost any system is impossible without processing large volumes of statistical data. The use of a greenhouse complex management system in the agricultural sector has the same tasks. The article describes an approach to designing a special module of a digital greenhouse control system with the ability to obtain predictive data on the assessment of the technical elements of the facility. Object of study: a general-purpose greenhouse facility and digital data received through a communication network from digital technical elements. The communication network used is briefly described. It is assumed that technical elements have the functions of storing and/or transmitting measured data.**Results.** At the first stage, the very possibility of using trained neural networks to work with element data from agricultural objects was investigated. On the second, the possibility of using an artificial neural network apparatus on a limited set of data to obtain predictive results was explored. The described approach assumes the use of numerical methods for modeling and a forecasting method using artificial neural networks to predict the state of technical elements.**Conclusion.** The module, using a neural network, can be used as part of control software for monitoring technical elements and agricultural objects. The used method of using a neural network with a simple architecture, with an emphasis on modeling results, made it possible to explore the use of such an approach in a greenhouse control system based on statistics from the facility.**Key words:** neural networks, machine learning, multilayer perceptron, statistics, forecasting, models, predictive assessment, agriculture, agro-industrial complex equipment**For citation:** Grachev A.V., Neverov E.N., Gorelkina A.K. Method of using digital technologies in the development of digital greenhouse control systems at agricultural enterprise // Herald of Ryzan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 110-117 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.57.49.014>**Введение**

Развитие агропромышленного комплекса (АПК) в настоящее время невозможно без наличия в нем методов и способов производства, требующих заметного количества внедрённых средств автоматизации производства и управления различными системами [1,2].

В настоящее время управление практически любой системой невозможно без обработки больших объёмов статистических данных. Объём, который в тепличном комплексе также очень велик, требует контроля и управления [3,4].

Для этого цифровая система управления тепличного комплекса должна не только реагировать на изменившиеся условия и передавать команду на внесение корректирующего воздействия, но также должна вносить такие воздействия, при которых учтены возможные последствия, т.е. прогнозировать состояние элементов во время производственного процесса [5,6].

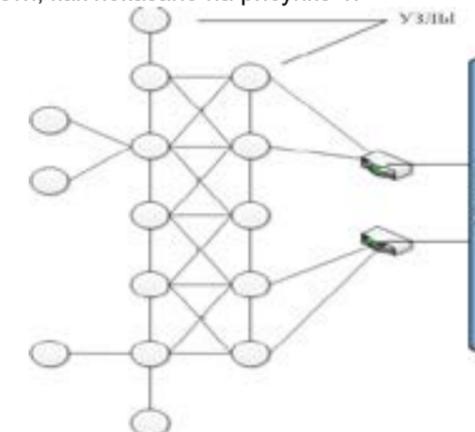
Целью данной научной статьи является получение данных в результате моделирования с привлечением нейросети и обоснование возможности использования аппарата искусственных нейронных сетей в тепличном комплексе.

Задачами явилось изготовление тестовой теплицы с автоматизированным контрольно-измерительным комплексом и проведение ряда тестовых испытаний, наиболее точно отражающих работу типового объекта типа теплица на предприятии АПК, с учетом характерного для большинства

предприятий АПК в России уровня автоматизации, наличия локальной компьютерной сети и доступной статистики.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта была разработана и изготовлена теплица по выращиванию саженцев с установленными наборами контрольно-измерительной аппаратуры (датчиками), соединенными с помощью обычной локальной компьютерной сети с диспетчерским узлом агротехнолога. Данные собирались с датчиков через узлы компьютерной сети, как показано на рисунке 1.

Рис. 1 – Схема сбора данных
Fig. 1 – Data collection scheme

Подключение к локальному компьютерному диспетчерскому пульта серии датчиков позволит наблюдать за процессом сразу с нескольких узлов, увеличив объем собираемой статистики. [7] Собирающийся объем еще больше затруднит его анализ «в ручном» режиме агротехнологом. Любой производственный объект тепличного комплекса на предприятии АПК можно воспринимать как сеть цифровых устройств, узлов, преобразующих физические процессы в цифровые данные. [8, 9] Узел имеет свои показатели работы и показатели состояния. Эти показатели могут изменяться во время работы, могут находиться как в рамках нормальных, так и сильно отклоняться от того интервала, который был ранее принят и считался нормальным. В задачах управления и автоматизации применяются первичные измерительные технические узлы (датчики). Это датчики, имеющие возможность метрически снимать данные температуры, влажности, уровни углекислого газа и т.д.

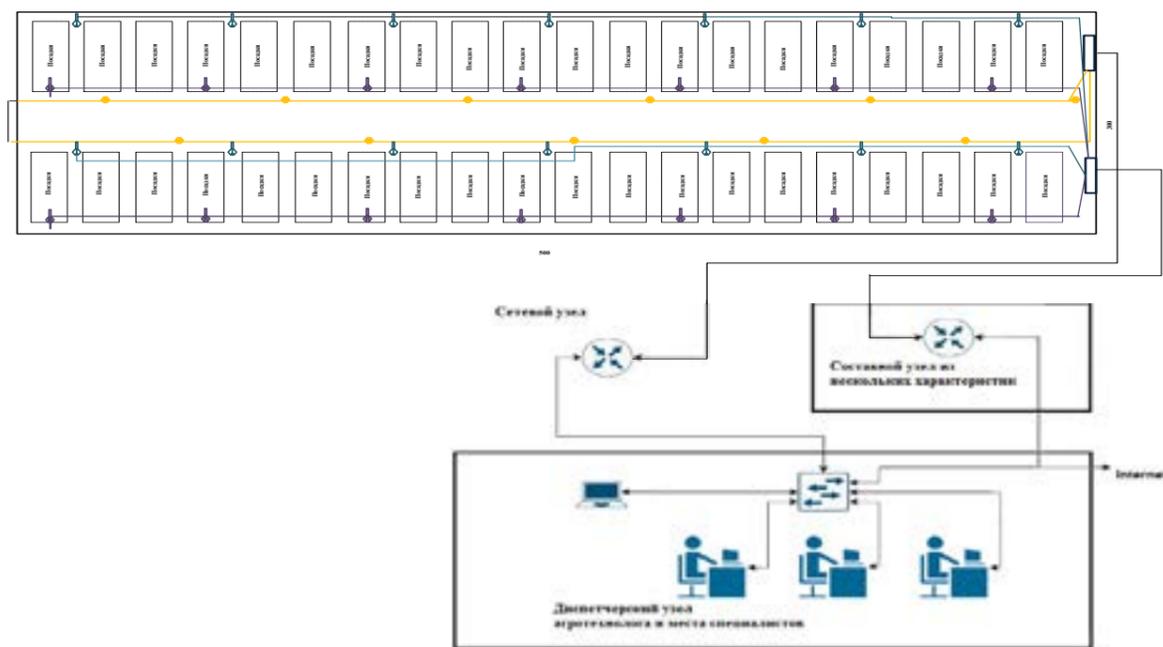


Рис. 2 – Схема тепличного объекта в связке с управляющими пультами и установленными датчиками

Fig. 2 – Diagram of a greenhouse facility in conjunction with control panels and installed sensors

Результаты исследований и их обсуждение

Моделированием можно выделить из всех узлов те, которые имеют лучшие характеристики. Однако в условиях структурной неопределённости заранее невозможно предсказать состав, топологию и количество активных узлов в сетевой структуре. Когда в сети датчиков задействовано большое количество узлов для передачи большого объема данных, это создает значительную нагрузку на вычислительные мощности. В таком случае выходом может стать использование аппарата искусственных нейронных сетей (АИНС). На вход подаются характеристики каждого узла из выборки. На выходе имеем прогноз состояния технического узла [10-13].

Набор данных, используемых в исследовании, представлял собой значения, полученные с технических узлов (датчик + передающее устройство), установленных на тестовом объекте типа теплица, представляющих собой конечные узлы серии технических программируемых устройств проекта Arduino. Сбор данных производился в «грязном» виде, т.е. изначально не ставилась задача, что они будут использованы для исследования. Отсечка проводилась по таймеру через 100 часов, всего было около 2000 сборок ненормированных данных.

Исследования проводились на тепличном объекте типового (общего) назначения, схема размещения сети датчиков представлена на рисунке 2. Выращиваемые культуры в теплице – салатное производство. Помимо салата в горшках выращиваются огурцы, укроп, петрушка, сельдерей, кинза, базилик.

Пример работы нейросети в рамках исследования на тестовых данных, представляющих собой статистические показатели работы отдельного объекта производственной цепочки АПК, приведены в таблице 1.

Эксперименты проводились только для данных объекта – теплица. Объект разработан как составной технический объект на базе общедоступных сетевых технологий, оцениваемый в виде нескольких свёрточных характеристик, оказывающих воздействие на работу. Набор данных собирался по сети и отражал значения цифровых датчиков. Для эксперимента использовались доступные данные по характеристикам для показателей температуры, освещённости и влажности.

Таким образом, в таблице 1 указаны доли от единицы соответствия оцениваемого технического элемента, обеспечивающего контроль определенного параметра (температуры) и его оценочное участие в работе производственной области в теплице, т.е. для нормальной работы объекта оценка работы элемента контроля температуры. Т.е. не менее половины времени производственного процесса (0,487), участие датчика контроля температуры необходимо для нормального вы-

полнения работ (0,756). Норма активной работы (передача параметров) за цикл в долях – 0,613. Влияние на культуры в теплице оказывает уже при доле влияния внешних факторов на объект – 0,223, т.е. это один из основных элементов для контроля работ на тепличном объекте, был использован более чем в половине работ на теплице – 0,556. Оценка отражает именно использование технического элемента в теплице в процессе производственного цикла.

Таблица 1 – Результаты применения нейросети для задачи прогноза.

Тип воздействия	Загруженность теплицы	Доля выполненных работ	Затрачиваемое время	Влияние внешних факторов	Доля участия в выполненных циклах
Характеристики теплицы					
Освещённость	0,601	1,712	0,673	0,514	2,281
Влажность	0,757	0,717	1,511	0,031	2,361
Температура	0,487	0,756	0,613	0,223	0,556

На представленных рисунках 3-4 приведены гистограммы работы программного модуля, на которых в виде графиков проиллюстрированы и сравнены результаты прогноза: первый и второй столбцы показывают текущее состояние технического элемента указанного воздействия, т.е. нормальное и модельное состояние, а третий столбец гистограммы – это прогноз состояния технического элемента.

Пример результата для других характеристик (влажность, освещённость) представленный на рисунках 3-4, состоит из трех частей.

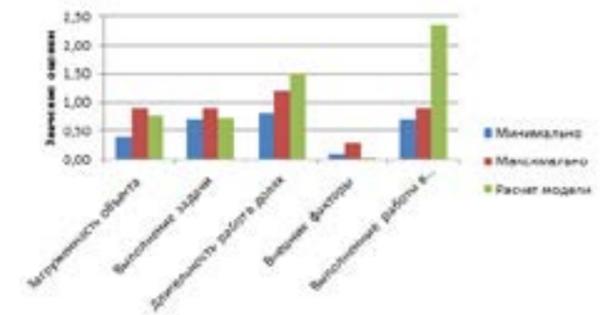


Рис. 3 – Примеры расчетов для параметра «влажность»

Fig. 3 – Examples of calculations for the “humidity” parameter

Синий цвет гистограммы на рисунках 3-4 – это минимальная нормальная граница изменения состояния технического элемента при его работе в производственном процессе (табл.1). Красный цвет – это модельный расчет все еще допустимых изменений для технического элемента влажности в работе теплицы в производственном процессе. Зеленый цвет отражает результат работы нейросети и её прогноз, т.е. возможное состояние технического элемента.

Сильно разнящиеся показатели при расчете нейросети – результат аномального воздействия, в таком случае модель лишь отражает выход за

границы допустимых параметров и требует немедленной реакции от специалиста. На рисунке 3 значения нейросети отразили совокупное превышающее влияние влажности на предыдущих циклах. На рисунке 4 было зафиксировано накопленное превышение освещённости в процессе производства.

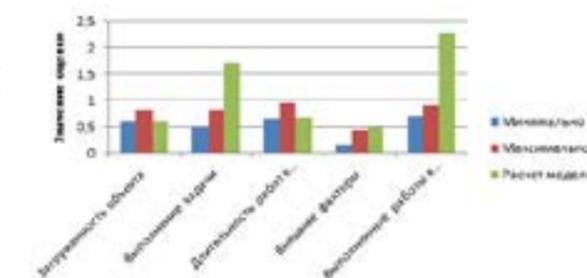


Рис. 4 – Пример тестового прогноза для параметра «освещённость»

Fig. 4 – Example of a test forecast for the “illuminance” parameter

Для дальнейшей работы на объекте необходимо оценить влияние существующих изменений, то есть влияние изменённого состояния технических элементов, на работу теплицы и на производственный процесс. Так как каждый процесс в производственном цикле – это этапы последовательных операций, направленных для получения продукта, то это также и процесс последовательной работы сети технических узлов на разных этапах. Исходя из этого, для удобного использования оценочных числовых значений в работе профильного специалиста, следом за этапом получения прогнозной оценки отдельных элементов необходимо рассчитать предварительную оценку работы участка технических элементов как единого целого, т.е. всю сеть технических элементов одного типа, где сам участок представлен как сегмент из нескольких единиц технических элементов. Общую оценку можно провести по выражению:

$$M_{all} = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^n (M_{elm})$$

где:

M_{all} – оценки сегмента;

M_{elm} – оценка технического элемента выбранного типа;

n – количество объектов в сегменте;

m – количество производственных циклов.

Расчет по формуле 1 позволил получить свернутую оценку группы технических элементов одного технического назначения: температура, влаж-

ность и т.д. Однако численные значения удобны для вычислений и оценки, для работы же специалиста агротехнолога необходимо привести численные значения в понятную оценку для применения специалистом не ИТ-области.

Для этого в рамках исследования была разработана матрица правил, приводящих численные значения результатов прогнозирования в удобный и читаемый формат. Основные его элементы представлены в таблице 2.

Предполагается, что каждый узел является полноправным участником сети. На вход объекта управления (множество узлов) в виде входных величин подаются собранные технические характеристики узла и тип данных для задачи, принятой к выполнению.

Таблица 2 – Пример основных правил интерпретации прогноза

Условие	Значение
Прогноз попадает в допустимый диапазон минимального и максимального значений	Условия допустимые
Прогноз выше максимума нормы	Условия улучшились
Прогноз ниже минимума нормы	Условия ухудшились
Прогноз сильно выше модельного значения	Условия требуют корректировки
Прогноз сильно ниже модельного значения	Условия близки к ненормальному состоянию
Прогноз превысил показатель 1-1,5	Условия влияния данного объекта на данный цикл превышены. Требуется проверка работы
Прогноз ниже 0	Условия нельзя оценить/данные отсутствуют или некорректны

Пример работы программы и её текстового вывода в виде листа Excel приведен на рисунке 5. Примеры аналитического вывода в виде графиков приведены ранее на рисунках 3-4.

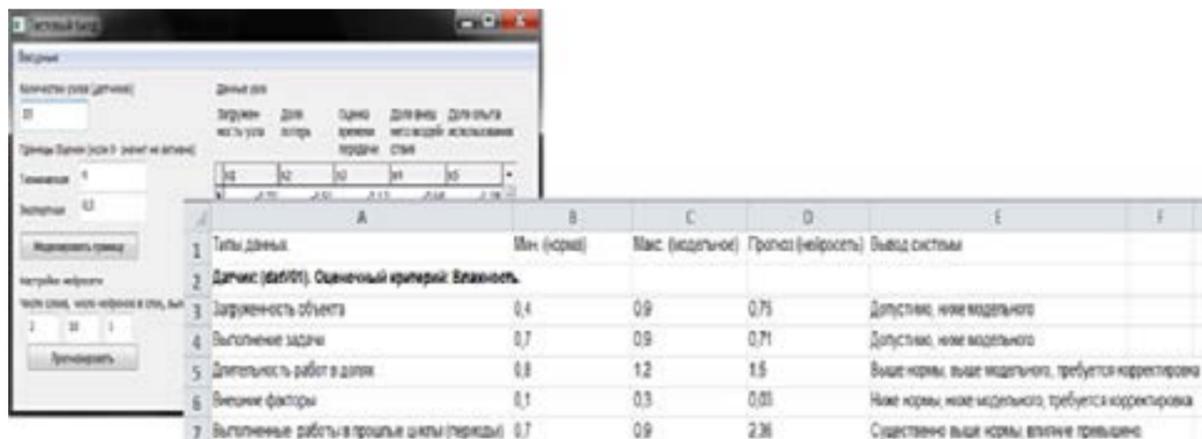


Рис. 5 – Пример представления текстового вывода
Fig. 5 – Example of text output representation

Внедрение систем прогнозирования состояния технических узлов объекта АПК не избавит агротехнолога от ошибок или неисправностей и про-

стоет, но позволит специалисту агротехнологу уйти от рутинных операций или их части и тем самым снизить определённые издержки.

При сложных условиях работы агропредприятий в России и отсутствии на них культуры анализа информации об объектах важным является применение в цифровых системах управления теплицей нескольких уровней анализа доступных данных от технических элементов. Также важным будет возможность получения информации путем моделирования работы теплицы и прогнозирования изменений состояния её элементов и их влияния на производственный процесс.

Заключение

В рамках работы были проведены эксперименты на тестовом объекте для исследования возможности использования обученной нейросети для прогноза состояния технических элементов объектов АПК. Для чего на первом этапе была исследована сама возможность применения обученных нейросетей для работы с данными элементов объектов АПК, а затем возможность применения аппарата искусственной нейросети на ограниченном наборе данных для получения прогнозируемых результатов. Этот набор данных содержал статистику в виде легко измеряемых данных, а также статистику сырых, мало пригодных данных, влияющих на объект только в составе с еще некоторыми характеристиками. Для их применения была произведена свертка в комплексную характеристику для использования в прогнозе и в составе разрабатываемого комплекса тестовых программ.

Интерпретируя полученные в работе результаты на тестовом объекте, можно сделать заключение:

- так как любой процесс производства – это цепочка последовательных операций, направленных на достижение результата, то качественный результат работы автоматизированной теплицы зависит от состояний и работы узлов контроля параметров электрооборудования теплицы, отвечающих за каждый из своих участков в производственном процессе;

- использование малого набора данных в работе нейросети может дать определенный результат, который удовлетворителен для использования специалистом в качестве системы прогноза для принятия управляющих решений на объектах АПК;

- система с внедрением нейросети может быть использована в составе специализированного ПО технических объектов АПК для возможности прогнозирования состояния отдельного технического элемента тепличного объекта АПК.

Список источников

1. Тимофеев М. Г., Бабайцев А.В., Никонорова Л.И. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 71. – EDN HGGVDR.
2. Юрченко, И. Ф. Интеграция цифровых систем в сферу агропроизводства на мелиорированных землях / И. Ф. Юрченко // Международный технико-экономический журнал. – 2020. – № 4. – С. 73-80. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-73-4-73-80.

– EDN JRBVYVH.

3. Илышев, А. П. Искусственный интеллект и нейросетевые технологии в цифровой платформе прорывного развития российского АПК / А. П. Илышев, О. М. Толмачев // Экономика и социум: современные модели развития. – 2019. – Т. 9, № 4(26). – С. 492-507. – DOI 10.18334/ecsoc.9.4.100453. – EDN CUJFOV.

4. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства / В.Е. Ториков, В.А. Погоньшев, Д.А. Погоньшева, Г.Е. Дорных // Вестник Курской ГСХА. 2020. № 9. С. 6-13.

5. Network science: Applications for sustainable agroecosystems and food security / F. M. Windsor, J. J. N. Kitson, K. E. Miller [et al.] // Perspectives in Ecology and Conservation. – 2022. – Vol. 20, No. 2. – P. 79-90. – DOI 10.1016/j.pecon.2022.03.001. – EDN MVFDQG.

6. Risk Management of Agri-Food Value Chains- Exploring Research Trends from the Web of Science / I. E. Petrescu, R. Ignat, M. Constantin, M. Istudor // Springer Proceedings in Business and Economics : 4th, Bucharest, 10–11 июня 2021 года. – Bucharest, 2022. – P. 55-66. – DOI 10.1007/978-3-030-93286-2_4. – EDN GYPTUQ.

7. О методе оценивания промежуточных узлов передачи данных для маршрутизации в иерархических сетях разной топологии / А.В. Грачев, Т.В. Киселева, А.С. Добрынин, Р.С. Койнов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 1. – С. 32–38.

8. SAE J3016 (2016): Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems, Revision September 2016, SAE International

9. Kyu-Chul Nam1, Yong-Joo Kim, Hak-Jin Kim, Chan-Woo Jeon4, Wan-Soo Kim. A study on autonomy level classification for self-propelled agricultural machines//Korean Journal of Agricultural Science 48(3) September 2021. Pp. 617-627.

10. Плотников И.Б. Разработка мехатронного модуля узла криоконцентратора карусельного типа для обеспечения промышленной безопасности при создании новых продуктов глубокой переработки / И.Б. Плотников, И.А. Короткий, Е.Н. Неверов, А.М. Попов, А.Н. Расщепкин, К.Б. Плотников // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (69). С. 118-125.

11. Порохнов А.Н. Разработка системы компьютерного зрения для анализа внешнего вида торога, полученного в установке индукционного типа для термической обработки пищевого сырья / А.Н. Порохнов, П.С. Руднев, Е.В. Николаева, И.С. Миленьева, Е.Н. Неверов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12. № 2 (62). С. 112-120.

12. Энергоснабжение, технологические машины и оборудование агропромышленного комплекса / Неверов Е.Н., Короткий И.А., Бакин И.А., Бородулин Д.М., Короткая Е.В., Горелкина А.К., Тимощук И.В. // Монография. Кемерово, 2022.



13. Неверов, Е. Н. Автоматизация низкотемпературных систем: практикум: учебное пособие / Е. Н. Неверов, П. С. Коротких. — Кемерово: КемГУ, 2020. - 108 с. - ISBN 978-5-8353-2752-2.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Timofeev M. G., Babajcev A.V., Nikonorova L.I. *Iskusstvennyj intellekt v sel'skom hozyajstve // Nauka i Obrazovanie*. 2020. Т. 3. № 4. С. 71. – EDN HGGVDR.
2. Yurchenko, I. F. *Integraciya cifrovyyh sistem v sferu agroprodukcii na meliorirovannyh zemlyah / I. F. Yurchenko // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. – 2020. – № 4. – С. 73-80. – DOI 10.34286/1995-4646-2020-73-4-73-80. – EDN JRBYVH.
3. Ilyshev, A. P. *Iskusstvennyj intellekt i nejrosetevye tekhnologii v cifrovoj platforme proryvnogo razvitiya rossijskogo APK / A. P. Ilyshev, O. M. Tolmachev // Ekonomika i socium: sovremennye modeli razvitiya*. – 2019. – Т. 9, № 4(26). – С. 492-507. – DOI 10.18334/ecsoc.9.4.100453. – EDN CUUFOV.
4. *Sostoyaniye cifrovoj transformacii sel'skogo hozyajstva / V.E. Torikov, V.A. Pogonyshchev, D.A. Pogonyshcheva, G.E. Domyh // Vestnik Kurskoj GSKHA*. 2020. № 9. С. 6-13.
5. *Network science: Applications for sustainable agroecosystems and food security / F. M. Windsor, J. J. N. Kitson, K. E. Miller [et al.] // Perspectives in Ecology and Conservation*. – 2022. – Vol. 20, No. 2. – P. 79-90. – DOI 10.1016/j.pecon.2022.03.001. – EDN MVFDQG.
6. *Risk Management of Agri-Food Value Chains-Exploring Research Trends from the Web of Science / I. E. Petrescu, R. Ignat, M. Constantin, M. Istudor // Springer Proceedings in Business and Economics : 4th, Bucharest, 10–11 iyunya 2021 goda. – Bucharest, 2022. – P. 55-66. – DOI 10.1007/978-3-030-93286-2_4. – EDN GYPTUQ.*
7. *O metode ocenivaniya promezhutochnyyh uzlov peredachi dannyh dlya marshrutizacii v ierarhicheskikh setyah raznoj topologii / A.V. Grachev, T.V. Kiseleva, A.S. Dobrynin, R.S. Kojnov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii*. – 2015. – № 1. – С. 32–38.
8. SAE J3016 (2016): *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems*, Revision September 2016, SAE International
9. Kyu-Chul Nam¹, Yong-Joo Kim, Hak-Jin Kim, Chan-Woo Jeon⁴, Wan-Soo Kim. *A study on autonomy level classification for self-propelled agricultural machines // Korean Journal of Agricultural Science* 48(3) September 2021. Pp 617-627.
10. Plotnikov I.B. *Razrabotka mekhatronnogo modulya uzla kriokontsentratora karusel'nogo tipa dlya obespecheniya promyshlennoy bezopasnosti pri sozdaniy novykh produktov glubokoy pererabotki / I.B. Plotnikov, I.A. Korotkiy, Ye.N. Neverov, A.M. Popov, A.N. Rasshchepkin, K.B. Plotnikov // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024. № 1 (69). С. 118-125.
11. Porokhnov A.N. *Razrabotka sistemy komp'yuternogo zreniya dlya analiza vneshnego vida tvoroga, poluchennogo v ustanovke indukcionnogo tipa dlya termicheskoy obrabotki pishchevogo syr'ya / A.N. Porokhnov, P.S. Rudnev, Ye.V. Nikolayeva, I.S. Milent'yeva, Ye.N. Neverov // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2023. Т. 12. № 2 (62). С. 112-120
12. *Energosnabzheniye, tekhnologicheskie mashiny i oborudovaniye agropromyshlennogo kompleksa / Neverov E.N., Korotkiy I.A., Bakin I.A., Borodulin D.M., Korotkaya E.V., Gorelkina A.K., Timoshchuk I.V. // Monografiya. Kemerovo, 2022.*
13. Neverov, E. N. *Avtomatizaciya nizkotemperaturnyyh sistem: praktikum: uchebnoe posobie / E. N. Neverov, P. S. Korotkiy. — Kemerovo: KemGU, 2020. - 108 s. - ISBN 978-5-8353-2752-2.*

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

Грачев Александр Викторович, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ) г. Новокузнецк, Россия

Неверов Евгений Николаевич, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия, neverov42@mail.ru

Горелкина Алена Константиновна, д-р техн. наук, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия



Author information

Grachev Alexander V., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State Industrial University" (SibGIU) Novokuznetsk, Russia

Neverov Evgeniy N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, neverov42@mail.ru

Gorelkina Alena K., Doctor of Technical Sciences, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Статья поступила в редакцию 07.03.2024; одобрена после рецензирования 11.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 07.03.2024; approved after reviewing 11.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Научная статья
УДК 631.348:632.08
DOI: 10.36508/RSATU.2024.97.20.015

КАЧЕСТВО ПРЕПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ АЭРОЗОЛЕМ

Алексей Константинович Зиновьев¹, Георгий Константинович Рембалович², Александр Владимирович Шемякин³, Михаил Юрьевич Костенко⁴^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия¹ akzinoviev@yandex.ru
² rgk.rgatu@yandex.ru
⁴ km340010@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Ранний картофель является очень ценным пищевым продуктом. Достижение хорошей урожайности картофеля зависит от способов и видов оборудования, которое применяется для обработки семян перед посадкой. Цель исследований – минимизировать расход препаратов и повысить эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля.**Методология.** Исследование проводилось по параметрам работы установки: скорости движения роликового транспортера, частоте вращения роликов. Также изучалось распределение раствора по поверхности образцов при прохождении через камеру на соответствующих режимах. Предметные стекла в специальных приспособлениях устанавливали в общем потоке клубней картофеля, и генератор обрабатывал поток горячим аэрозолем, затем стекла исследовались в лабораторных условиях с помощью микроскопа. Для оценки эффективности работы установки была исследована плотность покрытия образца каплями аэрозоля.**Результаты.** Получена зависимость количества кристаллов от скорости роликового транспортера и частоты вращения роликов. Средний размер кристаллов составляет 4,7 мкм, средний диаметр капель горячего тумана составляет около 9,5 мкм. Наибольшее покрытие каплями обрабатываемой поверхности происходит на наименьшей скорости работы роликового транспортера $V_1=1$ м/с и на более низкой частоте $F_1=28,40$ об/мин. Для данных режимов максимальная концентрация кристаллов (на стеклянном кубе внутри напечатанного шара) на 1 см^2 поверхности составила 45111 шт. Минимальное количество кристаллов – 38415 шт на стеклянном кубе внутри напечатанного шара на 1 см^2 – было отмечено при скорости роликового транспортера $V_3=3,0$ м/с и частоте вращения роликов $F_3=36,1$ об/мин. Среднее значение количества кристаллов на 1 см^2 составляет 41132 штук.**Заключение.** Проведенный эксперимент по исследованию эффективности покрытия объекта горячим туманом (аэрозолем) показал, что за счет регулирования параметров установки для предпосадочной обработки семян раннего картофеля можно добиться высокой плотности капель раствора гумата калия, наносимого на поверхность объекта.**Ключевые слова:** картофель, установка, горячий туман, предпосадочная обработка, гумат калия, скорость роликового транспортера, частота вращения роликов**Для цитирования:** Зиновьев А.К., Рембалович Г.К., Шемякин А.В., Костенко М.Ю. Качество предпосадочной обработки клубней аэрозолем // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2. С.118-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.20.015>

Original article

QUALITY OF PRE-PLANTING AEROSOL TREATMENT OF TUBERS

Alexey K. Zinoviev¹, Georgy K. Rembalovich², Alexander V. Shemyakin³, Mikhail Yu. Kostenko⁴^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

© Зиновьев А.К., Рембалович Г.К., Шемякин А.В., Костенко М.Ю., 2024 г.

¹ akzinoviev@yandex.ru
² rgk.rgatu@yandex.ru
⁴ km340010@rambler.ru

Annotation.

Problem and purpose. Early potatoes are a very valuable food product. Achieving good potato yields depends on the methods and types of equipment used to treat seeds before planting. The purpose of the research is to minimize the consumption of drugs and increase the efficiency of pre-planting treatment of potato tubers.**Methodology.** The study was carried out according to the operating parameters of the installation: the speed of the roller conveyor, the speed of rotation of the rollers. We also determined the distribution of the solution on the surface of the samples when passing through the chamber in the appropriate modes. Slides in special devices were launched into the general flow of potato tubers and the generator treated the flow with a hot aerosol, and then the glasses were examined in laboratory conditions using a microscope. To assess the efficiency of the installation, experimental studies were carried out on the density of sample coverage with aerosol droplets.**Results.** The dependence of the number of crystals on the speed of the roller conveyor and the rotation frequency of the rollers was obtained. The average crystal size is 4.7 μm , the average diameter of hot mist droplets is about 9.5 μm . The greatest coverage of the treated surface with drops occurs at the lowest operating speed of the roller conveyor $V_1=1$ m/s and at a lower frequency $F_1=28.40$ rpm. For these modes, the maximum concentration of crystals on a glass cube inside a printed ball) per 1 cm^2 of surface was 45111 pieces. The minimum number of crystals of 38415 pieces on a glass cube inside a printed sphere of 1 cm^2 was noted at a roller conveyor speed $V_3=3.0$ m/s and a roller rotation speed $F_3=36.1$ rpm. The average number of crystals per 1 cm^2 is 41,132 pieces.**Conclusion.** An experiment conducted to study the effectiveness of covering an object with hot fog (aerosol) showed that by adjusting the parameters of the installation for pre-planting treatment of early potato seeds, it is possible to achieve a high density of droplets of a solution of potassium humate applied to the surface of the object.**Key words:** potatoes, installation, hot fog, pre-planting treatment, potassium humate, roller conveyor speed, roller rotation speed**For citation:** Zinoviev A.K., Rembalovich G.K., Shemyakin A.V., Kostenko M.Yu. Quality of pre-planting treatment of tubers with aerosol // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 2. P.118-124 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.97.20.015>

Введение

Ранний картофель является очень ценным пищевым продуктом, так как имеет хорошие вкусовые качества, может быть использован для приготовления различных блюд, содержит много витаминов и питательных веществ. В раннем свежем картофеле содержатся витамины С, В, В₁, В₂, А, РР, К [2,4]. Кроме того, в клубнях содержится порядка 14-22 % крахмала, белков – 1,4-3 %, клетчатки – почти 1 %, жира – всего 0,3 % [2].

В 2022 году общая площадь земель, занятых под выращивание картофеля, составила (без учета частных хозяйств населения) 301,9 тыс. га. Увеличение площадей с 2021 года составило 7,7 % или 21,5 тыс.га [2]. Данные Минсельхоза РФ показывают, что в 2022 году в товарном секторе было собрано порядка 7,2 млн тонн картофеля [2].

Достижение хорошей урожайности картофеля зависит от способов и видов оборудования, которое применяется для обработки семян перед посадкой [1,4]. В настоящее время оборудование для этих целей выпускается серийно и может использоваться, как отдельными гражданами в условиях частных хозяйств, так и в условиях фермерских хозяйств и больших агропромышленных комплексов [7].

В настоящее время существует много видов оборудования, использующего различные принципы обработки семенного картофеля [5,7]. Оборудование для обработки семенных клубней в потоке представляет транспортирующие устрой-

ства для клубней, на которые воздействует поток горячего тумана аэрозолей биопрепаратов. Оборудование используется для обработки семенного картофеля перед посадкой, а также во время посадки для обработки клубней и дна борозд жидкими препаратами. Наиболее часто для обработки используются препараты контактного действия [4]

Цель исследований – минимизировать расход препаратов и повысить эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля.

Обзор направлений предпосадочной обработки картофеля

Одной из важнейших задач семеноводства является сохранение в течение всего времени хранения семян их продуктивности. Кроме того, важной задачей является организация системы защиты клубней от вредителей и неблагоприятных условий внешней среды, а также оздоровление почвенной микробиоты, внесение в почву микроэлементов и стимуляторов роста.

В настоящее время различными научными коллективами страны и частными селекционными компаниями разрабатываются новые направления по предпосадочной обработке картофеля.

К этим направлениям относятся различные методы воздействия на клубни с целью повышения их устойчивости против вредителей, регулирования роста; использование различных сортов картофеля, которые являются высокопродуктивными, адаптивными к почвенно-растительным-климатическим условиям региона, а также сортов с раз-

личным сроком вегетации [3].

Использование семенного материала определенных сортов, которые отличаются морфологическими свойствами и приспособленностью к определенным климатическим условиям, отмечают авторы [4,5].

При этом, весьма важными являются такие мероприятия, как [6]:

- оздоровление клубней;
- совершенствование технологий производства элитных сортов;
- повышение объемов выхода семенного картофеля;
- снижение материальных затрат на предпосевную обработку;
- уменьшение затрат ресурсов, потребляемых на ведение технологических процессов по предпосевной обработке.

В [8] автор указывает на важность аэрозольной обработки посевного материала и предлагает отказаться от крупнокапельного опрыскивания в целях протравливания клубней перед посадкой.

Преимущества мелкодисперсного способа обработки состоят в:

- снижении расхода препарата;
- снижении количества ядохимикатов, попадающих в окружающую среду;
- возможности включения генераторов аэрозоля в оборудование для возделывания почв и посадки клубней;
- достижении минимального повреждения клубней вследствие микроскопического размера капель аэрозоля;
- возможности регулирования формы и размеров потока аэрозоля;
- обеспечении любых расходов жидкости для предпосевной обработки семян.

Причем различные технические решения позволяют с большей или меньшей эффективностью производить обработку клубней, сохраняя на их поверхности ценный биологический материал с закреплением его специальными составами с целью снижения потерь в окружающую среду при посадке.

Перспективным направлением при предпосевной обработке семян является использование препаратов, изготовленных на основе нанотехнологий. Одним из таких препаратов является ВСНБ, полученный на основе водной суспензии наноструктурированного бентонита. В работе [1] описано получение этого препарата с использованием активации природного бентонита щековой и роторной дробилками. Размер частиц ВСНБ составляет 5,0-82,0 нм. Для производства этого вещества был использован УЗ-прибор, который производил диспергацию дробленого бентонита в течение 20 минут на частоте 15,0 кГц. После этого вещество стабилизировали деионизированной водой, в соотношении 1:4.

В день посадки этим веществом обработали клубни картофеля. Затем еще 2 раза проводили некорневые обработки, в период бутонизации и в период цветения. Расход реагента ВСНБ для обработки семян картофеля был равен 6,0-8,0 кг, а

некорневые обработки потребовали 2,0 л/га.

В [12] были получены прибавки урожая клубней в результате использования ВСНБ, которые составили при обработке только семенного материала 6,7 %; при некорневой обработке – 3,7 %, при комплексной обработке – 11 %.

Положительный эффект при использовании наноструктурированного материала объясняется повышением площади контакта гетерофазного взаимодействия частиц [1].

Обеспечение высокого фитосанитарного благополучия посадок картофеля может быть достигнуто за счет использования специального препарата на основе наночастиц железа, цинка, меди, молибдена. Он позволяет защитить картофель от таких распространенных в Центральных регионах РФ заболеваний, как фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз.

Наночастицы при обработке клубней картофеля применяют для борьбы с фитопатогенами. Наночастицы железа, цинка и меди представляют собой монокристаллические структуры круглой правильной формы. Наночастицы молибдена имеют неправильную форму и покрыты полупрозрачной оксидной пленкой. После получения наночастиц металлов было проведено их диспергирование в воду и введение их в смесь полимеров Na-карбоксиметилцеллюлозы и полиэтиленгликоля-400.

Перед посадкой картофеля проводилась обработка клубней [1,3,8] с целью:

- образования полимерного покрытия на поверхности клубней для защиты их от внешних воздействий;
- сохранения питательных веществ в клубне;
- для организации дополнительного питания;
- для стимуляции роста и развития растений.

При этом полимерная композиция предотвращала попадание металлов в почву и позволяла сохранить ее микробиоту.

По результатам экспериментов, представленных в [1,3,8], было установлено, что распространенность альтернариоза снизилась в 2,2 раза, а фитофтороза в 3,4 раза. Снижение заболеваний при предпосевной обработке клубней привело к росту урожайности картофеля на 25,7 %, а количество товарных клубней возросло на 11,7 % в сравнении с контрольной группой.

Таким образом, новым направлением в области предпосевной обработки картофеля можно считать использование химических препаратов, изготовленных с использованием наночастиц и полимерных композиций.

Материалы и методы исследования

Для оценки эффективности работы установки были проведены экспериментальные исследования параметров установки и получаемой при аэрозольной обработке плотности покрытия образца. Исследование проводилось 25 мая 2023 года на территории учебно-производственного хозяйства Коломенского аграрного колледжа, которое на-

ходится в городском округе Коломна и относится к третьему (III) агроклиматическому району Московской области с дерново-подзолистыми почвами суглинистого гранулометрического состава. Территория городского округа Коломна наиболее благоприятна для выращивания овощных культур и картофеля.

Конструкция разработанной установки для предпосадочной обработки раннего картофеля приведена на рисунке 1. Установка отличается компактными массогабаритными размерами, хорошей мобильностью, так как предусмотрено ее расположение на колесах, обеспечивает достаточно высокую производительность обработки.

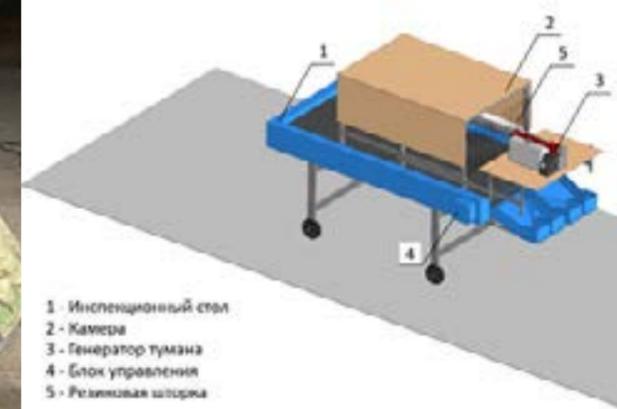
Условия появления горячего тумана и его дисперсность зависят от следующих факторов [8]:

- тепловые потери в окружающую среду;
- температуры раствора гуматов;
- количество теплоты, выделяемой при сгорании топлива.

Исследование проводилось по параметрам работы установки: скорости движения роликового транспортера, частоты вращения роликов. Также исследовали распределение раствора на поверхности образцов при прохождении через камеру на соответствующих режимах. Предметные стекла в специальных приспособлениях устанавливали в общем потоке клубней картофеля (рис. 1) и генератор обрабатывал поток горячим аэрозолем, а затем стекла исследовались в лабораторных условиях с помощью микроскопа.



а) внешний вид установки



б) конструктивные особенности установки

Рис. 1 – Конструкция разработанной установки для предпосадочной обработки раннего картофеля
Fig. 1 – Design of the developed installation for pre-planting treatment of early potatoes

Скорость движения роликового транспортера регулировалась с помощью частотного преобразователя, исследование проводилось на трех режимах скорости (V_1 , V_2 , V_3). Частота вращения роликов регулировалась прижимной рейкой на трех уровнях для роликов разного диаметра, что обеспечивало разную частоту вращения роликов (n_1 , n_2 , n_3).

Моделирование процесса нанесения раство-

ра на поверхность объекта проводилось в производственных условиях. В качестве объекта исследований были использованы клубни картофеля, а также их модельные образцы, которые представляли собой пластиковые шары, внутри которых размещались предметные стекла (рис. 2). Пластиковый шар представляет собой каркас, который предназначен для закрепления в нем под разными углами стекол.



Рис. 2 – Модель объекта, обрабатываемого горячим туманом
Fig. 2 – Model of an object treated with hot fog



Такая модель исследуемого образца была принята, исходя из условия получения наглядного представления о распределении раствора, поступающего в виде горячего тумана на исследуемые поверхности.

В условиях эксперимента генератор вырабатывал горячий туман (аэрозоль) из раствора гумата калия. По окончании проведения обработки горячим туманом стекла извлекались из шара с помощью пинцета и направлялись на осмотр на биологическом микроскопе марки Альтами типа «ЛЮМ-1». Стекла, обработанные горячим туманом гуматов осматривали при увеличении 100х (рис.3).

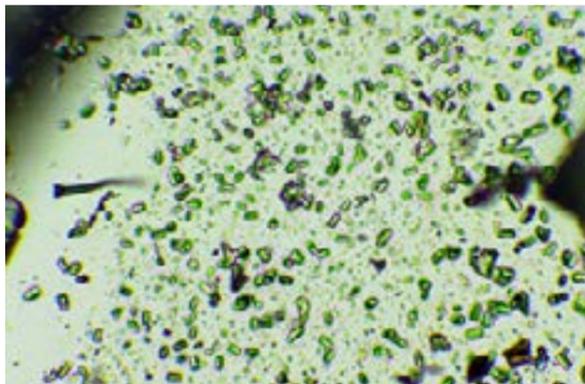


Рис. 3 – Общий вид предметных стекол с каплями раствора гуматов при увеличении 100х

Fig. 3 – General view of glass slides with drops of humate solution at 100x magnification

Расположение кристаллов гуматов, представленное на рисунке 3, свидетельствует об их достаточно высокой плотности и равномерном распределении по поверхности стекла. Данный метод позволяет оценивать распределение диспергированного аэрозоля на поверхности предметных стекол. Для закрепления осажденных на стеклах каплей проводили нагрев предметного стекла до испарения влаги, которая могла стекать и смазываться. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы стекло при нагревании не треснуло. После нагрева на стекле остается только сухой солевой остаток, который представляет собой отдельные кристаллы соли. В данном эксперименте кристаллы соли имитируют капли аэрозоля, которым производится обработка клубней картофеля.

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные данные измерений обрабатывали в программе Statistica. Средний размер кристаллов составляет 4,7 мкм, средний диаметр капель горячего тумана составляет около 9,5 мкм. Полученное уравнение регрессии характеризуется высоким коэффициентом детерминации $R_2=0,97522636$ и коэффициентом регрессии $R = 0,9875355$, что показывает высокую степень соответствия уравнения опытным данным. Наиболее значимым фактором является скорость роликового транспортера.

$$N = 62235,0179 - 709,652 \cdot V - 5095,2985 \cdot n + 8,2922 \cdot V^2 + 43,496 \cdot V \cdot n + 221,8333 \cdot n^2$$

где N – количество кристаллов рабочего раствора, шт/см²;

V – скорость роликового транспортера, м/с;
 n – частота вращения роликов, об/мин.

Полученная зависимость количества кристаллов от скорости роликового транспортера и частоты вращения роликов изображена на рисунке 4.

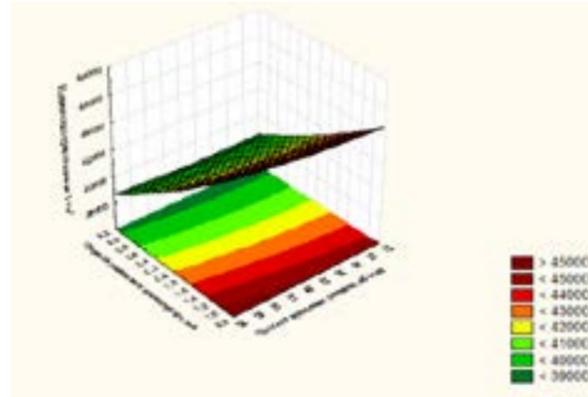


Рис. 4 – Зависимость количества кристаллов от скорости роликового транспортера и частоты вращения роликов

Fig. 4 – Dependence of the number of crystals on the speed of the roller conveyor and the speed of rotation of the rollers

Наибольшее покрытие каплями обрабатываемой поверхности происходит на наименьшей скорости работы роликового транспортера $V_1=1$ м/с и на более низкой частоте $F_1=28,40$ об/мин. Для данных режимов максимальная концентрация кристаллов (на стеклянном кубе внутри напечатанного шара) на 1 см² поверхности составила 45111 шт. Минимальное количество кристаллов 38415 шт на стеклянном кубе внутри напечатанного шара на 1 см² было отмечено при скорости роликового транспортера $V_3=3,0$ м/с и частоте вращения роликов $F_3=36,1$ об/мин. Среднее значение количества кристаллов на 1 см² составляет 41132 штук. Следует отметить, что при увеличении частоты вращения роликов увеличилась равномерность распределения капель на разных стеклах внутри модельных объектов, однако данный вопрос требует дополнительного исследования.

От качества покрытия картофеля, проходящего через поток горячего тумана, зависит интенсивность развития растений, урожайность, величина клубней и качественные показатели клубней.

Следовательно, изменение скорости перемещения обрабатываемого объекта и регулирование частоты вращения роликов установки позволяют изменять плотность нанесения кристаллов раствора препаратов на поверхность обрабатываемого картофеля.



Заключение

Проведенный эксперимент по исследованию эффективности покрытия объекта горячим туманом (аэрозолем) показал, что за счет регулирования параметров установки для предпосадочной обработки семян раннего картофеля можно добиться высокой плотности распределения раствора гумата калия, наносимого на поверхность объекта.

Список источников

1. Биккинина Л.М.-Х., Прищепенко Е.А., Алиев Ш.А. Влияние наноструктурированного бентонита на урожайность и качество картофеля. // Вестник ПНИПУ, 2020, №2. С. 50 – 61.
2. Бутов И.С. Картофелеводство России: итоги 2022 года. // Журнал Картофель и овощи, №2/2023. С. 3 – 5.
3. Гелашвили К.Ц. Предпосевная обработка гибридных семян картофеля биостимуляторами роста нового поколения. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Владикавказ, 2017 – 177 с.
4. Лебедева Н.В. Ускоренное размножение ранних сортов картофеля в условия in vitro и его использование в семеноводстве Северо-Запада РФ.

Вклад авторов:

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

References

1. Bikkinina L.M.-H., Prishchepenko E.A., Aliev S.H.A. Vliyanie nanostrukturirovannogo bentonita na urozhajnost' i kachestvo kartofelya. / Vestnik PNIPIU, 2020, №2. S. 50 – 61.
2. Butov I.S. Kartofelevodstvo Rossii: itogi 2022 goda. // Zhurnal Kartofel' i ovoshchi, №2/2023. S. 3 – 5.
3. Gelashvili K.C. Predposevnaya obrabotka gibridnyh semyan kartofelya biostimulyatorami rosta novogo pokoleniya. / Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk. Vladikavkaz, 2017 – 177 s.
4. Lebedeva N.V. Uskorennoe razmnozhenie rannih sortov kartofelya v usloviya in vitro i ego ispol'zovanie v semenovodstve Severo-Zapada RF. / Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk. Velikie Luki, 2015. – 188 s.
5. Levshin, A. G. Vozdelyvanie ekologicheskogo chistogo kartofelya rannego v dvuhurozhajnoj kul'ture v usloviyah Moskovskoj oblasti: prakticheskie rekomendacii / Levshin A. G., Gasparyan I. N., Dyjkanova M. E. [i dr.]. – Moskva: RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2020.– 42 s.
6. Rod'kina I. A. Izmenchivost' morfologicheskikh priznakov pri vegetativnom razmnozhenii androklonov kartofelya // Biotekhnologiya. 2011. №2. S. 31-39.
7. Tekhnologiya proizvodstva kartofelya v Astrahanskoj oblasti (rekomendacii). // GNU VNIIOB S.H.B. Bajrambekov, V.V Korinec, Z.B. Valeeva, N.K. Dubrovin, V.A. Bicherev., Korneva O.G. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva. Astrahan', 2007. – 75 s.
8. Hasanov E.R. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv predposevnoj obrabotki semyan sel'skohozyajstvennyh kul'tur. / Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Ufa, 2015 – 40 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

Зиновьев Алексей Константинович, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, akzinoviev@yandex.ru

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru



Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева

Костенко Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, km340010@rambler.ru

Author information

Zinoviev Alexey K., graduate student of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, akzinoviev@yandex.ru

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head, Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, km340010@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; одобрена после рецензирования 13.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 13.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т. 16, №2, с. 125-132
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 125-132

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 629.3.083.4
DOI:10.36508/RSATU.2024.20.76.016

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТАХ

Антон Валерьевич Игнатов¹, **Валентин Владимирович Сафонов**², **Василий Васильевич Чекмарев**³, **Дмитрий Анатольевич Никитин**⁴, **Кирилл Игоревич Рогатовский**⁵

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

⁵ ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия

¹camohod1990@yandex.ru

²safonow2010sgau@yandex.ru

³chekmarev.v@yandex.ru

⁴nilppr@rambler.ru

⁵krogatovskiy@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Целью настоящего исследования является определение возможности модернизации системы параллельного вождения сельскохозяйственных машин с позиции ее адаптации под беспилотный режим управления.

Методология. Рассмотрен принцип эксплуатации и основные компоненты системы параллельного вождения на примере системы автоматического рулевого управления Sveaverken F100. Описаны преимущества использования функции автоматического разворота, такие как: повышение качества выполнения агрономических операций, автоматическое планирование маршрута, автоматическое рулевое управление техникой, автоматическое завершение разворотной полосы, возможность запуска планирования линии автовождения в любой точке поля. Представлены компоненты системы RTK, как элемента спутниковой навигации в системе точного земледелия.

Результаты. Для адаптации системы параллельного вождения в беспилотной системе управления транспортно-технологической машиной необходимо произвести ряд технических изменений. В частности, в большинстве случаев заводы-изготовители указывают на необходимость поднятия рабочих органов агрегата из грунта в момент выполнения разворота на поле во избежание их повреждения. Соответственно, при выполнении программы авторазворота система параллельного вождения самостоятельно сможет управлять агрегатом, что повысит эффективность и безопасность рабочего процесса, исключив человеческий фактор. Выявлено, что для реализации автономной работы на данных машинах существует необходимость в замене гидравлического распределителя и установке отдельного блока управления им.

Заключение. Отдельно установленный блок управления гидравлическим распределителем должен собирать информацию с датчиков давления гидравлической жидкости, установленных на выходах с распределителя и на сливных магистралях. Это необходимо для быстрого перекрытия потока жидкости в случае нарушения герметичности системы и недопущения механических повреждений агрегата, в случае повышенного давления в контурах системы. Системы стабилизации навесного оборудования помогут сохранить необходимую глубину обработки почвы. Подобные улучшения положительно скажутся на состоянии гидравлического насоса.

Ключевые слова: параллельное вождение, точное земледелие, беспилотные системы, система RTK, транспортно-технологические машины, гидрораспределитель

Для цитирования: Игнатов А. В., Сафонов В. В., Чекмарев В. В., Никитин Д. А., Рогатовский К. И. Совершенствование элементов системы параллельного вождения при сельскохозяйственных работах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.125-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.20.76.016>



IMPROVEMENT OF ELEMENTS OF PARALLEL DRIVING SYSTEM DURING AGRICULTURAL WORKS

Anton V. Ignatov¹, Valentin V. Safonov², Vasily V. Chekmarev³, Dmitry A. Nikitin⁴, Kirill I. Rogatovsky⁵^{1,2,3,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia⁵ Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia¹ camoxod1990@yandex.ru² safonow2010sgau@yandex.ru³ chekmarev.v@yandex.ru⁴ nilppr@rambler.ru⁵ krogatovskiy@mail.ru**Abstract.****Problem and purpose.** The purpose of this study is to determine the possibility of modernizing the system of parallel driving of agricultural machines from the position of its adaptation to the unmanned control mode.**Methodology.** The principle of operation and main components of the parallel driving system are considered on the example of the Sveaverken F100 automatic steering system. The advantages of using the function of automatic turning are described, such as: improving the quality of agronomic operations, automatic route planning, automatic steering of machinery, automatic completion of the headland, the possibility of starting the planning of the driving line at any point of the field. The components of RTK system as an element of satellite navigation in the precision farming system are presented.**Results.** In order to adapt the parallel driving system to the unmanned control system of the transport and technological machine, a number of technical changes must be made. In particular, in most cases, manufacturers specify the necessity to lift the machine's working bodies out of the ground when making a U-turn in the field, in order to avoid damaging them. Accordingly, when executing the auto-turn program, the parallel driving system will be able to control the machine independently, which will increase the efficiency and safety of the working process, eliminating the human factor. It has been revealed that in order to realize autonomous operation on these machines, there is a need to replace the hydraulic distributor and install a separate control unit.**Conclusion.** Separately installed hydraulic manifold control unit should collect information from hydraulic fluid pressure sensors installed at manifold outlets and on drain lines. This is necessary to quickly shut off the fluid flow in case of system leakage failure and prevent mechanical damage to the machine in case of increased pressure in the system circuits. Stabilization systems of attached equipment will help to maintain the required depth of cultivation. Such improvements will have a positive effect on the condition of the hydraulic pump.**Key words:** parallel driving, precision farming, unmanned systems, RTK system, transportation-technological machines, hydraulic valve**For citation:** Ignatov A. V. V., Safonov V. V., Chekmarev V. V., Nikitin D. A., Rogatovsky K. I. Improvement of the elements of the parallel driving system during agricultural works // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 125-132 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.20.76.016>**Введение**

В настоящее время в производственный процесс сельскохозяйственных работ активно внедряется система беспилотных технологий. И агропромышленный комплекс не исключение. Подобные автоматизированные системы вышли на совершенно другой уровень. Данные системы стали частью большой информационной среды, что позволяет производить обмен информацией между различными типами сельскохозяйственной техники. Вместе с этим, контроль над подобными информационными средами полностью в руках лиц, принимающих решения, что позволяет получать информацию из первых уст, минуя иерархическую лестницу, соответственно, получать неискаженную информацию в короткие временные рамки. Элементы автоматического определения технологических воздействий используются и в машинах, управляемых операторами. Эти же элементы мо-

гут использоваться и в беспилотных системах, например, в системе параллельного вождения, которая позволяет обеспечить наиболее оптимальный проход сельскохозяйственной техники с агрегатом по полю. Такой подход позволяет снизить влияние человеческого фактора на оптимальную обработку полей механизатором, которому сложно обеспечить прямолинейное движение агрегатов, из-за чего допускаются необработанные участки.

Высокоточное земледелие начинается с агронавигаторов. Это универсальный прибор, в базовой комплектации работает как простой курсоуказатель для выполнения широкого спектра работ. Однако основной задачей прибора является: работа в комплекте с системами контроля над процессом внесения различных химических составов при проведении полевых работ. Данные системы позволяют контролировать нормы внесения химикатов на гектар, прогнозировать заход на обра-



ботанный участок, заранее отключая секции или отдельно форсунки на опрыскивателе. Применяя подобные системы на сельскохозяйственной технике, можно снизить временные затраты при выполнении большого спектра сельскохозяйственных работ и обезопасить выращиваемые культуры от пагубного влияния недозированных химикатов. Эксплуатация и совершенствование элементов системы высокоточного земледелия позволит оптимизировать как технологический процесс, так и экономические расходы на его реализацию.

Вопросы эксплуатации автоматизированных систем в агропромышленном комплексе, в том числе систем параллельного вождения, рассмотрены в работах [1-10].

Материалы и методы исследования

В последние годы отечественный рынок насыщен электрическими системами параллельного вождения (рис. 1). Это более дешевый аналог гидравлических систем. При установке на сельскохозяйственную технику электрической системы параллельного вождения не происходит вмеша-

тельства в штатные системы машины.

Система параллельного вождения призвана ускорить процессы полевых работ, снизить сопутствующие затраты и увеличить производительность. Рассмотрим систему Sveaverken F100 в качестве примера.

Система автоматического рулевого управления Sveaverken F100 сочетает в себе технологию GNSS и RTK, гарантируя точность 2,5 см от прохода к проходу на любой местности. В начале 2024 года планируется добавить возможность управления системами контроля посева, внесения жидких и сыпучих удобрений и химикатов [11]. Система сможет работать с агрегатами ISOBUS. ISOBUS – это стандартный коммуникационный протокол, поддерживаемый основными производителями сельскохозяйственной техники, который обеспечивает совместимость тракторов и навесного оборудования различных производителей, позволяя обмениваться данными с помощью универсального языка на едином дисплее в кабине трактора.

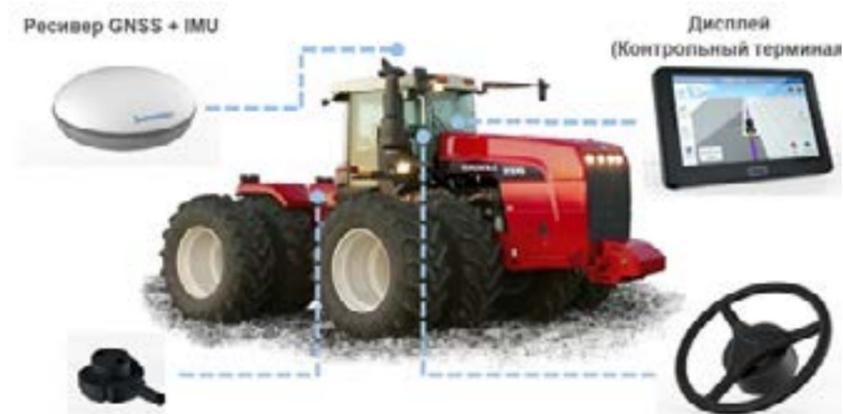


Рис. 1 – Основные компоненты системы параллельного вождения.

Fig. 1 – Main components of the parallel driving system.

Функции системы:

- отображение отклонения – показывает уровень отклонения от навигационной линии в реальном времени;
- отображение скорости – показывает истинную скорость в реальном времени с возможностью выбора единицы измерения;
- отображение площади работ – показывает фактически обработанную площадь в автоматическом или ручном режиме;
- смещение навигационной линии к текущей позиции – используется для «подтягивания»/«центровки» навигационной линии строго по центру в соответствии с текущим местоположением машин;
- изменение навигационной линии – позволяет изменить направление и длину текущей навигационной линии;
- изменение отклонения, смещение навигационной линии влево или вправо от текущей позиции при необходимости – функция позволяет компен-

- сировать небольшие отклонения, связанные с некачественно проведенной калибровкой машины;
- сигнал об окончании навигационной линии – воспроизведение предупреждающего сигнала при приближении к концу навигационной линии/гона;
- режим с одной или множеством навигационных линий – для повышения удобства работы, режим может переключаться по необходимости;
- режим прямой навигационной линии – работа по прямым линиям навигации;
- режим ломанной навигационной линии – работа по ломанным или круглым линиям навигации;
- передача навигационных линий – передача данных выбранным пользователям онлайн;
- компенсация рельефа – точное следование траектории при работе на подъемах/спусках до 35° и наклонах до 30°, уверенная работа в рисовых чеках;
- NMEA – передача точных данных геопозиционирования и скорости по протоколу NMEA (при наличии соответствующего кабеля). Скорость



передачи 2400 В/С, 4800 В/С, 9600 В/С, 14400 В/С, 19200 В/С, 38400 В/С, 57600 В/С, 115200 В/С, 460800 В/С. Форматы вывода GST, GGA, HDT; VTG; частоты 1/60 Hz, 1/30 Hz, 1/10 Hz, 1/5Hz, 1 Hz.

Все ранее созданные навигационные линии можно передавать на другие устройства. Если на другом тракторе установлена данная система, то при наличии интернет-соединения обмен информацией происходит автоматически. Вместе с этим имеется возможность загружать в терминал Sveaverken F100 файлы от сторонних систем любых производителей.

Еще одним преимуществом подобного вида систем является возможность быстрого перемещения системы с одной единицы сельскохозяйственной техники на другую [12].

Преимущества использования функции автоматического разворота:

- сохранение не менее 30 % площади разворотной полосы и значительное повышение эффективности выполнения агрономических операций;
- автоматическое планирование маршрута для лучшего соответствия рабочей области поля;
- автоматическое рулевое управление техникой в указанных границах поля без ручного вмешательства оператора;
- автоматическое завершение разворотной полосы;
- запуск планирования линии автовождения в любой точке поля (при использовании данной функции колесная машина в случае ошибки оператора не сможет пересечь границы поля, тем самым сохранив непредназначенные для обработки участки земли от вмешательства).

Низкая цена, безотказность, возможность работать как на RTK, так и на спутниковой коррекции, делает данную систему одной из лидирующих на рынке России. Имеется возможность в режиме реального времени обмениваться информацией с другими терминалами Sveaverken F100, что облегчает координацию нескольких единиц сельскохозяйственной техники, работающих на одном поле.

Установка Wi-Fi камер для наблюдения за слепыми зонами в момент выполнения полевых работ поможет снизить временные затраты в момент агрегатирования сельскохозяйственной техники с орудием и сократить время реагирования на внештатную ситуацию с агрегатом. Есть возможность подключения сразу двух камер к одному терминалу.

Применение Bluetooth пульта поможет снизить время реакции механизатора при возникновении помехи движению, быстро перевести систему в ручное управление для выполнения маневра, не прибегая к воздействию на сенсор терминала, что в некоторых ситуациях может быть затруднительно.

Для выполнения высокоточных работ требуется сантиметровая точность. Системы, опирающиеся на сигнал RTK (рис.2), способны построить навигационную линию с коридором смещения до 2,5 см.

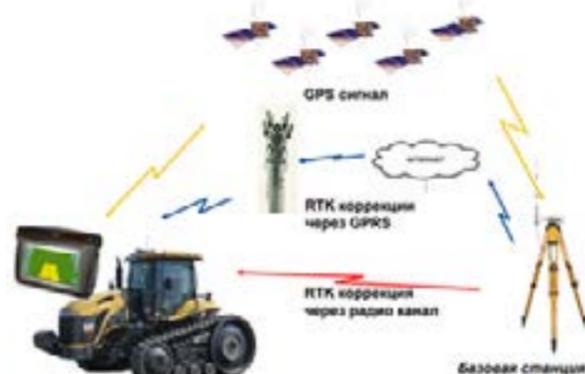


Рис. 2 – Компоненты системы RTK.
Fig. 2 – RTK system components.

Результаты исследований и их обсуждение

Системы параллельного вождения не могут функционировать без оператора в кабине. В условиях кадрового дефицита существует необходимость в системах, способных полностью в автоматическом режиме выполнять поставленные задачи. Особое значение имеет унификация подобных систем с уже имеющейся в эксплуатации сельскохозяйственной техникой [13].

Во многих европейских тракторах с завода установлены распределители потоков гидравлической жидкости с клапанным блоком на электронном управлении. Начиная с 2006 года, на многих видах сельскохозяйственной техники есть возможность программировать определенные операции, связанные с прицепным или навесным оборудованием, на кнопки, находящиеся на панели управления. Обмен данными между распределительным блоком и панелью управления происходит через CAN шину сельскохозяйственной техники. Необходимо это для быстрой диагностики гидравлической системы и выведения кодов ошибок на панель управления. После программирования определенных кнопок пропадает необходимость использовать рычаги гидравлического распределителя, что повышает скорость работы механизатора и исключает возможность случайного или ошибочного нажатия на рычаги распределителя.

Подключение к CAN шине сельскохозяйственной техники дает возможность, передавая определенного вида сигнал от системы параллельного вождения, добиться автоматического позиционирования прицепного и навесного орудия в зависимости от местоположения машины в пространстве. В большинстве случаев заводы-изготовители просят поднимать рабочие органы агрегата из грунта в момент выполнения разворота на поле во избежание их повреждения. Соответственно, при выполнении программы авторазворота система параллельного вождения самостоятельно сможет управлять агрегатом, что повысит производительность и безопасность рабочего процесса, исключив человеческий фактор.

На данный момент самыми распространен-



ными марками сельскохозяйственной техники являются: машины Минского Тракторного Завода, Петербургского Тракторного Завода и завода Ростсельмаш в Ростове-на-Дону [14]. На всех типах машин, выпускаемых на этих заводах, устанавливаются механические, пропорциональные, трехпозиционные гидравлические распределители.

Для реализации режима автономной работы на данных машинах они должны быть оснащены, в первую очередь, распределителями потоков гидравлической жидкости с электронным управлением. Поэтому существует необходимость в за-

мене штатного механического гидравлического распределителя на гидрораспределитель с электромагнитным управлением и установке отдельного блока управления им (рис. 3) [14]. Подобное оборудование необходимо устанавливать на энергонасыщенные машины, которые выполняют большое количество операций.

При выборе гидравлического распределителя, для замены штатного, необходимо понимать принцип действия и существующие варианты таких изделий (табл. 1).

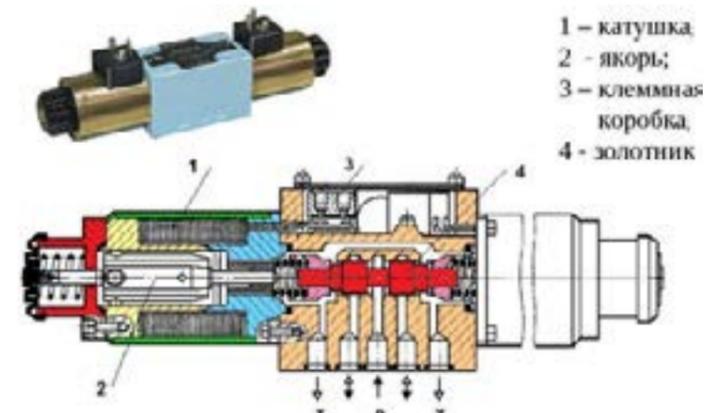


Рис. 3 – Гидрораспределитель с электромагнитным управлением.
Fig. 3 – Electromagnetically controlled hydraulic valve.

Таблица 1 – Сочетания условных проходов и способов управления

Вид управления		Условный проход, мм				
		6	10	16	20	32
Ручное	рычагом	+	+	+	+	+
	поворотным переключателем	+	+			
Механическое		+	+			
Электромагнитное		+	+			
Гидравлическое		+	+	+	+	+
Пневматическое		+	+			
Электрогидравлическое				+	+	+

Для замены штатного гидравлического распределителя необходимо подобрать аналог, подходящий к определенной транспортно-технологической машине. В большинстве случаев можно использовать секционный, трехпозиционный, гидроэлектрический, гидравлический распределитель от завода РостПромМаш. Расход масла Q_p через золотник гидрораспределителя рассчитывается, как:

$$Q_p = S_p \mu_p \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

где S_p – площадь проходного сечения рабочего окна;

μ_p – коэффициент расхода;
 Δp – перепад давления;
 ρ – плотность рабочей жидкости.

Существует несколько вариантов изготовления гидрораспределителя: с одним, двумя или без запорных клапанов. Имеется блочное исполнение, в котором крышка с одной или двумя рабочими секциями объединена в блок. Количество рабочих секций от 1 до 7, предназначены они для распределения потока рабочей жидкости в гидросистемах. Номинальный расход 50 л/мин, номинальное давление 6,3; 12,5; 16 МПа. Рабочая жидкость – минеральные масла вязкостью от 6 до 800 мм²/с [15]. Существуют гидравлические распределители европейских компаний, например, Duplomatic,



Parker, Carponi, Rexroth, которые используются во многих производственных отраслях.

Распределитель от завода РостПромМаш в процессе монтажа позволит заменить частично или полностью штатный гидравлический распределитель, если тот не имеет возможности электро-гидравлического управления. Зависимость перепада давления от рабочей жидкости для гидрораспределителей представлена на рисунке 4 [15].

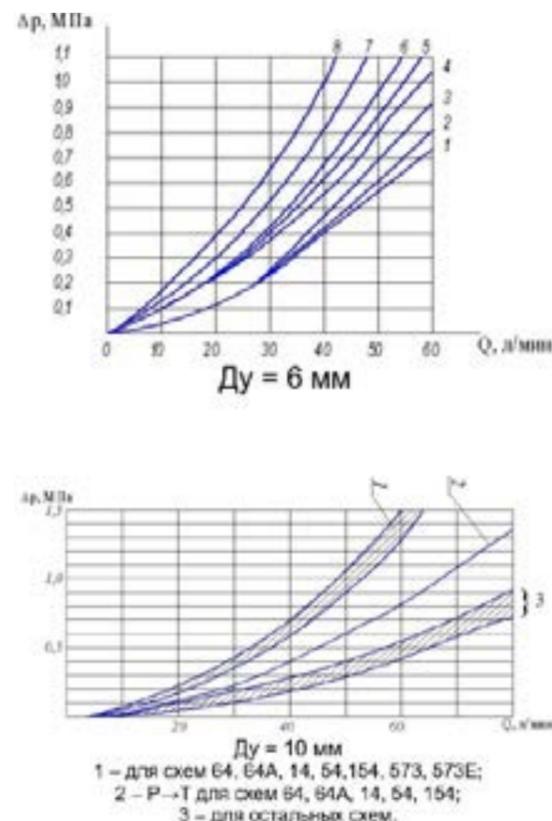


Рис. 4 – Зависимость перепада давления от рабочей жидкости $\Delta p=f(Q)$ для гидрораспределителей.

Fig. 4 – Dependence of pressure drop on working fluid $\Delta p=f(Q)$ for hydraulic valves.

Для установки на трактора с пятью парами гидравлических выходов следует применить гидравлический распределитель СЕТОР-03 и электромагнитные клапаны.

После установки подобного оборудования на колесную машину необходимо откалибровать всю систему и обучить оператора.

Заключение

Одним из немаловажных вопросов остается безопасность, безотказность и эффективность внедренных улучшений. Отдельно установленный блок управления гидравлическим распределителем должен собирать информацию с датчиков давления гидравлической жидкости, установленных на выходах с распределителя и на сливных магистралях. Это необходимо для быстрого перекрытия потока жидкости в случае нарушения

герметичности системы и недопущения механических повреждений агрегата, в случае повышенного давления в контурах системы.

Системы стабилизации навесного оборудования помогут сохранить необходимую глубину обработки почвы.

Подобные улучшения положительно скажутся на состоянии гидравлического насоса. При калибровке блока управления распределителем можно задать номинальные и максимальные значения в контурах гидравлической системы путем дозированного открывания клапанов, что позволит регулировать потоки жидкости, не давая возможности появления избыточного или недостаточного давления. Подобный подход позволит увеличить долговечность рассматриваемого агрегата.

Список источников

1.Полищук, Ю. В. Эффективность использования самоходного опрыскивателя оборудованного системой автоматического вождения / Ю. В. Полищук, Н. В. Лаптев, А. П. Комаров // Нива Поволжья. – 2020. – № 4(57). – С. 86-92.

2.Абдрахманов, В. Х. Исследование возможности реализации технологии точного позиционирования / В. Х. Абдрахманов, К. В. Важдаяев, Р. Б. Салихов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 118-129.

3.Комаров, А. П. Влияние систем точного земледелия на эффективность выполнения посевных работ / А. П. Комаров, Ю. В. Полищук, Н. В. Лаптев // Вестник Курганской ГСХА. – 2020. – № 2(34). – С. 20-23.

4.Abdrahmanov V.Kh., Salikhov R.B., Vazhdaev K.V. Development of a Sound Recognition System using STM32 Microcontrollers for Monitoring the State of Biological Objects // Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) - 2018: XIV International Scientific-Technical Conference. Novosibirsk, Russia. 2018. Vol. 1. P. 170-173. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545278 EDN: ZAMUIY

5.Garcia L.C., Van der Meer R.W., De Souza N.M., Justino A., Neto P.H.W. Seeding maneuvers using navigaKelc D., Stajnko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. Int J Agric & Biol Eng, 2019, vol. 12, № 5, с. 173-178.

6. Kelc D., Stajnko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. Int J Agric & Biol Eng, 2019, vol. 12, № 5, с. 173-178.

7. Keskin M., Han Y.J., Dodd R.B. Areview of yield monitoring instrumentation applied to the combine harvesters for precision agriculture purposes. International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, Adana, 1999, pp. 426-431.

8.Barocco R. Yield Mapping Hardware Components for Grains and Cotton Using On-the-Go Monitoring Systems. The Department of Agricultural and Biological Engineering, UF/IFAS Extension, 2017, 12 p.

9.Воропаева Е.В., Воропаев В.В., Лекомцев П.В. Использование технологии точного земледелия в растениеводстве // I Лужские научные чте-



ния. Современное научное знание: теория и практика: сб. материалов научно-практ. конф. СПб: ЛГУ им. А.С.Пушкина, 2013. С. 69-72.

10.Якушев В. В. Информационное обеспечение точного земледелия: монография. Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ, 2016, 364 с.

11.Алексеенкова, Е. Переходим "на цифру" / Е. Алексеенкова // АгроФорум. – 2020. – № 3. – С. 54-61.

12.Линенко А.В. Повышение эффективности автоматических систем вождения машино-тракторным агрегатом / А. В. Линенко, Р. Р. Галиуллин, А. И. Азнагулов, В. В. Лукьянов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6(80). – С. 151-153.

13.Линенко А.В. Подруливающее устройство

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1.Polishchuk, YU. V. Effektivnost' ispol'zovaniya samohodnogo opryskivatela oborudovannogo sistemoy avtomaticheskogo vozhdeniya / YU. V. Polishchuk, N. V. Laptev, A. P. Komarov // Niva Povolzh'ya. – 2020. – № 4(57). – С. 86-92.

2.Abdrahmanov, V. H. Issledovanie vozmozhnosti realizacii tekhnologii tochnogo pozicionirovaniya / V. H. Abdrahmanov, K. V. Vazhdaev, R. B. Salihov // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 118-129.

3.Komarov, A. P. Vliyanie sistem tochnogo zemledeliya na effektivnost' vypolneniya posevnyh работ / A. P. Komarov, YU. V. Polishchuk, N. V. Laptev // Vestnik Kurganskoy GSKHA. – 2020. – № 2(34). – С. 20-23.

4.Abdrahmanov V.Kh., Salikhov R.B., Vazhdaev K.V. Development of a Sound Recognition System using STM32 Microcontrollers for Monitoring the State of Biological Objects // Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) - 2018: XIV International Scientific-Technical Conference. Novosibirsk, Russia. 2018. Vol. 1. P. 170-173. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545278 EDN: ZAMUIY

5.Garcia L.C., Van der Meer R.W., De Souza N.M., Justino A., Neto P.H.W. Seeding maneuvers using navigation system. Engenharia Agricola, 2016, vol. 36, № 2, s. 361-366.

6.Kelc D., Stajnko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. Int J Agric & Biol Eng, 2019, vol. 12, № 5, s. 173-178.

7.Keskin M., Han Y.J., Dodd R.B. Areview of yield monitoring instrumentation applied to the combine harvesters for precision agriculture purposes. International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, Adana, 1999, pp. 426-431.

8.Barocco R. Yield Mapping Hardware Components for Grains and Cotton Using On-the-Go Monitoring Systems. The Department of Agricultural and Biological Engineering, UF/IFAS Extension, 2017, 12 p.

9.Voropaeva E.V., Voropaev V.V., Lekomcev P.V. Ispol'zovanie tekhnologii tochnogo zemledeliya v rastenievodstve // I Luzhskie nauchnye chteniya. Sovremennoe nauchnoe знание: teoriya i praktika: sb. materialov nauchno-prakt. конф. Spb: LGU im. A.S.Pushkina, 2013. С. 69-72.

10.YAKushev V. V. Informacionnoe obespechenie tochnogo zemledeliya: monografiya. Sankt Peterburg: FGBNU AFI, 2016, 364 s.

11.Alekseenkova, E. Perekhodim "na cifru" / E. Alekseenkova // AgroForum. – 2020. – № 3. – С. 54-61.

12.Linenko A.V. Povyshenie effektivnosti avtomaticheskikh sistem vozhdeniya mashino-traktornym agregatom / A. V. Linenko, R. R. Galiullin, A. I. Aznagulov, V. V. Luk'yanov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 6(80). – С. 151-153.

13.Linenko A.V. Podrulivayushchee ustrojstvo dlya upravleniya mashinno-traktornym agregatom s reduktornym elektroprivodom / A.V. Linenko, V.V. Luk'yanov, SH.F. Siraev [i dr.] // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2 (50). S. 125 - 130.

14.Didmanidze O.N., Devyanin C.N., Parlyuk E.P. Traktor sel'skohozyajstvennyj: vchera, segodnya, zavtra. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020;21(1):74-85.

15.Oficial'nyj sajt OOO «Elecgidravlika — servis» : [sajt]. - 2024. URL: <http://eletsgidravlika.ru/prajs-list/gidroraspredeliteli-sekcionnye-rm50-s-mexanicheskim-upravleniem-i-re50-s-elektrogidravlicheskim-upravleniem-12-i-24-v-tu-2-5748393-09-93/> (data obrashcheniya: 28.02.2024).

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**

Игнатов Антон Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, satohod1990@yandex.ru

Сафонов Валентин Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, safonow2010sgau@yandex.ru

Чекмарев Василий Васильевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, chekmarev.v@yandex.ru

Никитин Дмитрий Анатольевич, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, nilppr@rambler.ru

Рогатовский Кирилл Игоревич, магистрант кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., krogatovskiy@mail.ru

Author information

Ignatov Anton V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, satohod1990@yandex.ru

Safonov Valentin V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, safonow2010sgau@yandex.ru

Chekmarev Vasily V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, chekmarev.v@yandex.ru

Nikitin Dmitry A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Technical Support of Agroindustrial Complex», Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, nilppr@rambler.ru

Rogatovsky Kirill I., Master's student of the Department «Organization of transportation, traffic safety and car service», Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, krogatovskiy@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.02.2024; одобрена после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 29.02.2024; approved after reviewing 24.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с.133-139
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 133-139

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.3
DOI: 10.36508/RSATU.2024.10.95.017

АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

Марья Александровна Липатова¹, **Алексей Анатольевич Голиков**², **Андрей Сергеевич Дмитриев**³, **Сергей Николаевич Борычев**⁴

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

¹ lipatovamarya555@yandex.ru

² golikov.rgatu@yandex.ru

³ sisim62@mail.ru

⁴ 89066486088@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. При уборке картофеля на эффективность применяемой техники оказывает влияние множество факторов, среди которых немаловажную роль играют природно-климатические условия. Если современные комбайны способны в полной мере соответствовать действующим в настоящее время нормативно-правовым актам, то к работе более старых моделей возникает множество претензий. Одним из способов решения данной проблемы является модернизация отдельных рабочих органов картофелеуборочных машин. Поэтому цель данного исследования – определение оптимальных параметров разработанного устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей в бункерных комбайнах, построенных по классической компоновочной схеме.

Методология. В ходе лабораторных исследований были применены стандартизованные методики, описанные в ГОСТ ISO 7743-2013 и ГОСТ 28713-2018. Обработка полученных результатов производилась при помощи методов корреляционно-регрессионного анализа. При оптимизации параметров построенных уравнений регрессии применялся симплексный метод решения задач линейного программирования и разработанная программа для ЭВМ № 2023684827 «Оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей».

Результаты. В рамках научно-исследовательской деятельности было разработано устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей, предназначенное для замены серийного рабочего органа вторичной сепарации картофелеуборочных машин (отбойного валика наклонной пальчатой горки бункерного картофелеуборочного комбайна), построенных по классической компоновочной схеме. Для определения оптимальных его параметров проведены лабораторные исследования. Установлено, что при диаметре цилиндрического надувного элемента устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей 40 мм модуль его упругости составляет $E=1,86 \cdot 10^6$ Па, при диаметре 45 мм – $E=1,45 \cdot 10^6$ Па, при диаметре 50 мм – $E=1,19 \cdot 10^6$ Па. Минимальные величины показателей «повреждение клубней, от общей массы» и «потери клубней» обеспечиваются при диаметре цилиндрических надувных элементов разработанного устройства 50 мм и частоте вращения $\omega_2=130$ об/мин.

Заключение. Проведенные лабораторные исследования позволили установить параметры устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей, обеспечивающие оптимальные значения показателей «повреждение клубней, от общей массы» и «потери клубней». Полученные результаты будут использованы для определения экономического эффекта от модернизации картофелеуборочных машин, построенных по классической компоновочной схеме, путем замены их серийных рабочих органов вторичной сепарации.

Ключевые слова: картофелеуборочный комбайн, повреждение клубней, потери клубней, устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей

Для цитирования: Липатова М.А., Голиков А.А., Дмитриев А.С., Борычев С.Н. Аспекты совершенствования картофелеуборочной техники // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.133-139 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.10.95.017>

ASPECTS OF IMPROVING POTATO HARVESTING EQUIPMENT

Maria A. Lipatova¹, Alexey A. Golikov², Andrey S. Dmitriev³, Sergey N. Borychev⁴^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ lipatovamarya555@yandex.ru² golikov.rgatu@yandex.ru³ sisim62@mail.ru⁴ 89066486088@mail.ru**Abstract.**

Problem and purpose. When harvesting potatoes, the effectiveness of the technique used is influenced by many factors, among which natural and climatic conditions play an important role. If modern combines are able to fully comply with the currently valid regulations, then there are many complaints about the operation of older models. One of the ways to solve this problem is the modernization of individual working bodies of potato harvesters. Therefore, the purpose of this study is to determine the optimal parameters of the developed device for separating root crops from impurities of hopper combines built according to the classical layout scheme.

Methodology. In the course of laboratory studies, standardized methods described in GOST ISO 7743-2013 and GOST 28713-2018 were applied. The results were processed using correlation and regression analysis methods. When optimizing the parameters of the constructed regression equations, the simplex method for solving linear programming problems and the developed computer program No. 2023684827 "Optimization of device parameters for separating root crops from impurities" were used.

Results. As part of the research activity, a device for separating root crops from impurities was developed, designed to replace the serial working body of the secondary separation of potato harvesters (the jack roller of the inclined finger slide of the bunker potato harvester), built according to the classical layout scheme. Laboratory tests were carried out to determine the optimal parameters. Found that the diameter of the cylindrical inflatable element of the device for separating roots from impurities 40 mm module of elasticity is $E=1,86 \cdot 10^6$ PA, with diameter 45 mm - $E=1,45 \cdot 10^6$ PA, with a diameter of 50 mm $E=1,19 \cdot 10^6$ Па PA. The minimum values of the indicators "damage to tubers, from the total mass" and "loss of tubers" are provided when the diameter of the cylindrical inflatable elements of the developed device is 50 mm and the rotation speed $n_2=130$ revolutions per minute.

Conclusion. The conducted laboratory studies allowed us to establish the parameters of the device for separating root crops from impurities, providing optimal values of the indicators "damage to tubers, from the total mass" and "loss of tubers". The results obtained will be used to determine the economic effect of upgrading potato harvesters built according to the classical layout scheme by replacing their serial secondary separation working bodies.

Key words: potato harvester, damage to tubers, loss of tubers, device for separating root crops from impurities

For citation: Lipatova M.A., Golikov A.A., Dmitriev A.S., Borychev S.N. Aspects of improving potato harvesting equipment// Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P.133-139 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.10.95.017>

Введение

Возделывание картофеля, как и любой другой сельскохозяйственной культуры, требует значительных затрат: финансовых, временных, трудовых [1, 2]. Для сокращения издержек приходится постоянно совершенствовать как технологическую, так и техническую составляющую производства [3].

Еще несколько лет назад существенных проблем с поставками зарубежной техники не наблюдалось, а выбор конкретной модели и модификации мог ограничиться лишь амбициями и финансовым благополучием сельскохозяйственного производителя. Самым технологичным классом картофелеуборочной техники являются комбайны бункерного типа, имеющие либо подъемно-поворотную, либо классическую компоновочную схему.

В настоящее время производители картофелеуборочной техники в линейке выпускаемой ими продукции имеют лишь несколько моделей, построенных по классической компоновочной схеме, причем преимущественно самоходного типа. Так, к примеру, у фирмы Dewulf это двухрядные (R3060) и четырехрядные (Kwatro; Enduro, Kwatro Xtreme) машины [4], у AVR лишь Puma 4.0 [5]. Фирма Grimme выпускает исключительно картофелеуборочные комбайны подъемно-поворотной компоновочной схемы [6].

Стоит отметить, что в условиях введенных мировым сообществом экономических санкций в отношении Российской Федерации у зарубежных производителей картофелеуборочной техники исчезли законные способы не только поставлять современные образцы комбайнов, но и оказывать гарантийные обязательства по обслуживанию и

ремонту уже проданных ранее.

В конечном счете, аграрии страны, не имея возможности обновления парка сельскохозяйственной техники, продолжают эксплуатировать имеющиеся машины, невзирая на снижение их производительности и возрастающее число технических отказов [7], что, в конечном счете, отразится на себестоимости производства [8].

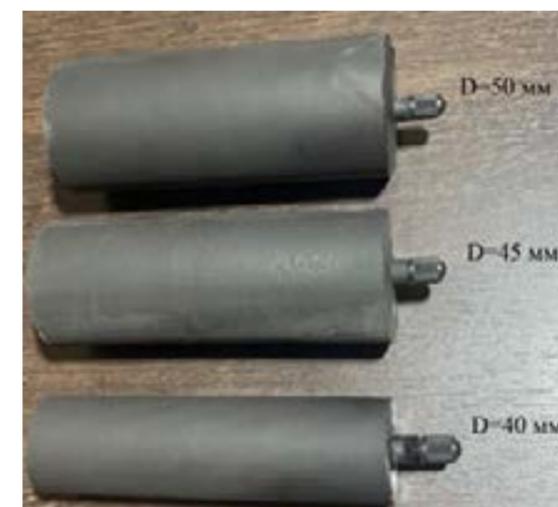
На сельскохозяйственных угодьях страны зачастую можно встретить технику, массовый выпуск которой был запущен в конце 90-х начале 00-х годов. Заложенные при их разработке технические задания не способны в полной мере соответствовать существующим в настоящее время нормативно-правовым актам [9].

Для решения описанной выше проблемы по-

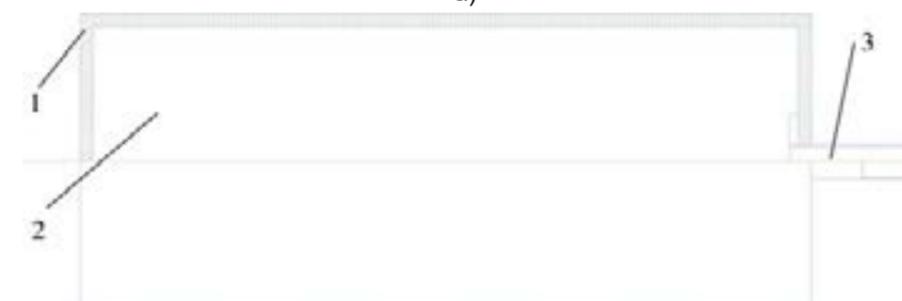
стоянно ведутся научные изыскания [10, 11, 12]. Рассмотрим ниже результаты лабораторных исследований устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей [13], предназначенного для модернизации наклонной пальчатой горки картофелеуборочных комбайнов, построенных по классической компоновочной схеме.

Материалы и методы исследования

Программа исследований включала два этапа. На первом объектом выступали надувные элементы устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 1), а на втором – лабораторная установка, включающая разработанное устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 2).



a)



б)

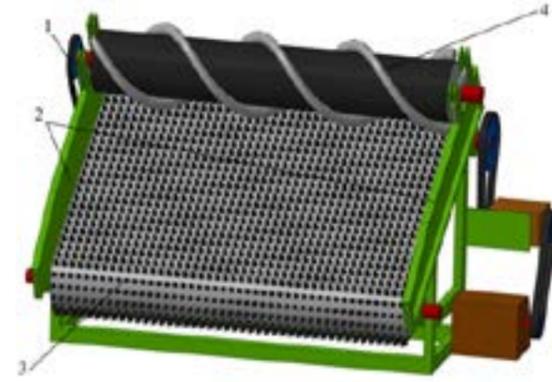
а) общий вид; б) схема; 1– стенка надувного элемента; 2 – полость, заполненная воздухом; 3 – золотник.

Рис. 1 – Надувной элемент устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей
a) general view; b) scheme; 1– the wall of the inflatable element; 2 – a cavity filled with air; 3 – a spool.

Fig. 1 – An inflatable element of the device for separating root crops from impurities

Первый этап исследований проходил в соответствии с ГОСТ ISO 7743-2013 Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при сжатии; второй – с ГОСТ 28713-2018 Машины для уборки картофеля. Методы испытаний.

Обработка полученных данных производилась при помощи регрессионного анализа. Оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей симплексным методом.



1 – привод устройства; 2 – рама установки; 3 – пальчатая горка; 4 – устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей.
 Рис. 2 – Общий вид лабораторной установки
 1 – device drive; 2 – installation frame; 3 – finger slide; 4 – a device for separating root crops from impurities.
 Fig. 2 – A general view of the laboratory installation

Результаты исследований и их обсуждение

На первом этапе лабораторных исследований был определен модуль упругости надувных элементов устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 3):

- диаметром 40 мм $E=1,86 \cdot 10^6$ Па;
- диаметром 45 мм $E=1,45 \cdot 10^6$ Па;
- диаметром 50 мм $E=1,19 \cdot 10^6$ Па.

На втором этапе лабораторных исследований были определены оптимальные параметры устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (x_1 – диаметр надувного элемента устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей; x_2 – частота вращения устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей; x_3 – масса клубня), которым соответствуют минимальные значения результативных показателей y (потери клубней; повреждение клубней, от общей массы).

Параметр x_1 принимал значение 40, 45, 50 мм; x_2 ; – от 130 до 170 об/мин; x_3 – от 64,6 до 107 г. Процесс работы установки приведен на рис. 4.



Рис. 3 – Процесс определения модуля упругости надувного элемента устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей
 Fig. 3 – The process of determining the modulus of elasticity of the inflatable element of the device for separating root crops from impurities



Рис. 4 – Процесс работы лабораторной установки
 Fig. 4 – The process of operation of the laboratory installation



Полученные в ходе лабораторных исследований данные были подвергнуты статистической обработке с целью определения взаимосвязи между параметрами устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (x_1 ; x_2 ; x_3) и результативным показателем (y).

Для показателя «потери клубней» уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 4,1417 - 0,025x_1 - 0,00247x_2 - 0,00684x_3 \quad (1)$$

Для показателя «повреждение клубней, от общей массы» уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,5497 - 0,01356x_1 + 0,00408x_2 + 0,00325x_3 \quad (2)$$

При оптимизации параметров разработанного устройства необходимо учитывать их влияние на показатели, характеризующие качество выполнения машинной уборки картофеля (два из которых были рассмотрены в ходе проведенных исследований, а третий исключен ввиду незначительного влияния на него испытываемого устройства для от-

деления корнеклубнеплодов от примесей).

Для решения задачи оптимизации параметров разработанного устройства применялся симплексный метод. При заданных интервалах варьирования получили следующее: $x_1=50$ мм; $x_2=130$ об/мин; $x_3=107$ г.

Принимая во внимание изменчивость параметра x_3 , преобразуем уравнения регрессии 1 и 2 с учетом установленных значений x_1 и x_2 .

Для показателя «потери клубней» уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 2,5706 - 0,00684x_3 \quad (3)$$

Для показателя «повреждение клубней, от общей массы» уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,4021 + 0,00325x_3 \quad (4)$$

Графики влияния размера клубней картофеля (усредненное значение определенного сорта картофеля) на исследуемые показатели приведены на рисунках 5-6.

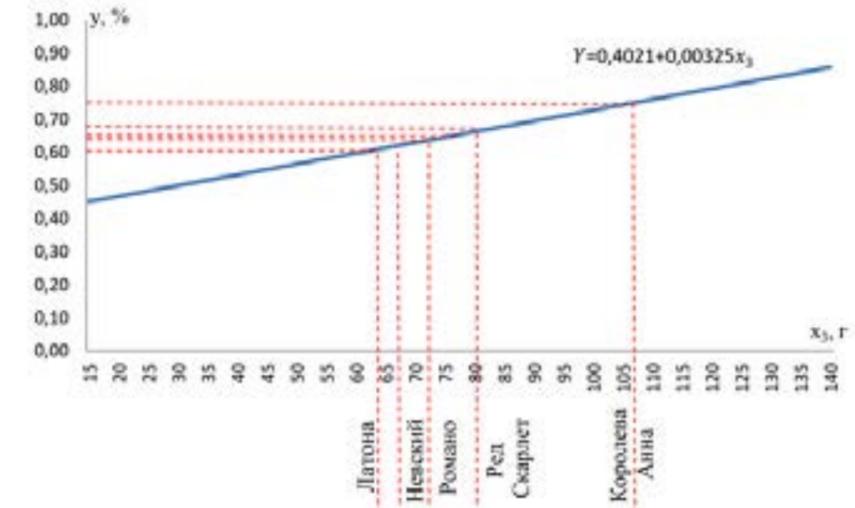


Рис. 5 – График влияния размера клубней картофеля от показателя «потери клубней»
 Fig. 5 – Graph of the effect of the size of potato tubers on the indicator of "tuber losses"

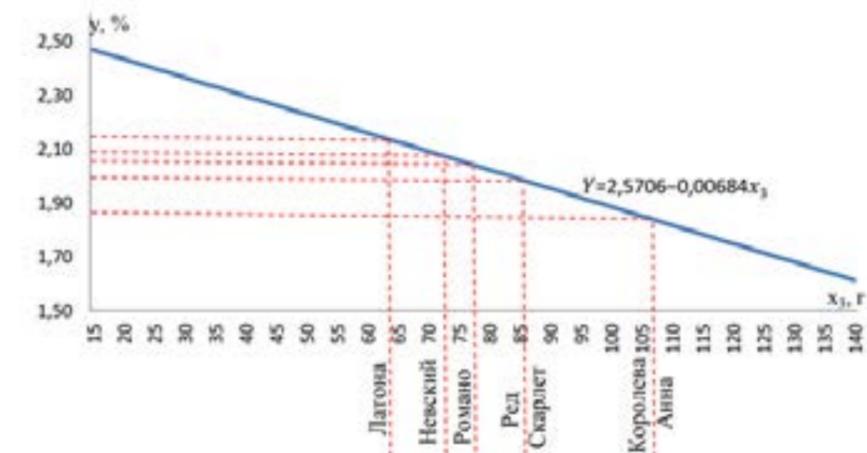


Рис. 6 – График влияния размера клубней картофеля на показатель «повреждение клубней, от общей массы»
 Fig. 6 – Graph of the effect of the size of potato tubers on the indicator "damage to tubers, by total weight"



Из графиков следует, что параметр x_3 и показатель «потеря клубней» имеют прямую зависимость, а с показателем «повреждение клубней, от общей массы» – обратную.

В ходе проведенных лабораторных исследований были определены параметры устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей [13], при которых обеспечиваются оптимальные величины показателей «повреждение клубней, от общей массы» и «потеря клубней»: диаметр цилиндрических надувных элементов $x_1=50$ мм; частота вращения $x_2=130$ об/мин.

Были установлены величины модулей упругости цилиндрических надувных элементов устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей различных диаметров: для 40 мм $E=1,86 \cdot 10^6$ Па; для 45 мм $E=1,45 \cdot 10^6$ Па; для 50 мм $E=1,19 \cdot 10^6$ Па.

Заключение

Проведенные лабораторные исследования позволили установить параметры устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей, обеспечивающие оптимальные значения показателей «повреждение клубней, от общей массы» и «потеря клубней» [14]. На последующих этапах научных изысканий в области повышения эффективности работы картофелеуборочных машин, построенных по классической компоновочной схеме путем разработки усовершенствованных рабочих органов вторичной сепарации, необходимо выполнение полевых испытаний.

Список источников

- Борычев, С. Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Борычев Сергей Николаевич. – Рязань, 2008. – 484 с.
- Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с.
- Метод комплексной оценки качества выполнения технологических операций энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосьяков // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 12-16. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-12-16. – EDN UIBBIU.
- Официальный сайт производителя сельскохозяйственной техники Dewulf [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dewulfgroup.com> (дата обращения: 26.02.2024).
- Официальный сайт производителя сельскохозяйственной техники Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG [Электронный ресурс]. – Режим досту-

па: <https://grimme.com/ru> (дата обращения: 26.02.2024).

6. Официальный сайт производителя сельскохозяйственной техники ЗАО «Колнаг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kolnag.ru> (дата обращения: 26.02.2024).

7. Математическая модель определения показателей качества энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.] // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2023. – № 2. – С. 78-83. – DOI 10.31857/2500-2082/2023/2/78-83. – EDN QLLZFG.

8. Theoretical justification of the technical means of potato machine harvesting / S. T. Kodirov, G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskiy [et al.] // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. – 2022. – No. 179. – P. 294-305. – DOI 10.21515/1990-4665-179-019. – EDN TBFDDGA.

9. К вопросу о повреждениях картофеля при уборке и закладке на хранение / С. Н. Борычев, Д. В. Колошин, Л. А. Маслова [и др.] // *Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 159. – С. 280-293. – DOI 10.21515/1990-4665-159-019. – EDN HDDTAU.

10. The Results of Laboratory Studies of the Device for Evaluation of Suitability of Potato Tubers for Mechanized Harvesting / A. Dorokhov, A. Ponomarev, V. Zernov [et al.] // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 12, No. 4. – DOI 10.3390/app12042171. – EDN WJUMHY.

11. Лучкова, И. В. Развитие картофелеуборочной техники и ее современные перспективы / И. В. Лучкова, С. Н. Борычев // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2020. – № 2(58). – С. 419-428. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-02-41. – EDN SREXNT.

12. Обоснование конструктивных параметров малогабаритного картофелекопателя / Г. Г. Рамазанова, Н. Г. Байбобоев, П. И. Гаджиев, У. Г. Гайипов // *Техника и оборудование для села*. – 2023. – № 6(312). – С. 20-23. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-6-20-23. – EDN OKMDEZ.

13. Патент на полезную модель № 215305 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2022109072 : заявл. 05.04.2022 : опубл. 08.12.2022 / С. Н. Борычев, М. А. Липатова, А. В. Шемякин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN QTZPVE.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023684827 Российская Федерация «Оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей» : № 2023680060 : заявл. 29.09.2023 : опубл. 21.11.2023 / М. А. Липатова, С. Н. Борычев, А. А. Голиков.

Anatol'evich. – Rязан', 2022. – 292 s.

3. Metod kompleksnoj ocenki kachestva vypolneniya tekhnologicheskikh operacij energoresursosberegayushchej tekhnologii uborki korneplodov i kartofelya / A. S. Dorohov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov, M. A. Mosyakov // *Agroinzheneriya*. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 12-16. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-12-16. – EDN UIBBIU.

4. Oficial'nyj sayt proizvoditelya sel'skohozyajstvennoj tekhniki Dewulf [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.dewulfgroup.com> (data obrashcheniya: 26.02.2024).

5. Oficial'nyj sayt proizvoditelya sel'skohozyajstvennoj tekhniki Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://grimme.com/ru> (data obrashcheniya: 26.02.2024).

6. Oficial'nyj sayt proizvoditelya sel'skohozyajstvennoj tekhniki ZAO «Kolnag» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.kolnag.ru> (data obrashcheniya: 26.02.2024).

7. Matematicheskaya model' opredeleniya pokazatelej kachestva energo-resursosberegayushchej tekhnologii uborki korneplodov i kartofelya v usloviyah povyshennoj vlazhnosti pochvy / A. S. Dorohov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov [i dr.] // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. – 2023. – № 2. – С. 78-83. – DOI 10.31857/2500-2082/2023/2/78-83. – EDN QLLZFG.

8. Theoretical justification of the technical means of potato machine harvesting / S. T. Kodirov, G. K. Rembalovich, I. A. Uspenskiy [et al.] // *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. – 2022. – No. 179. – P. 294-305. – DOI 10.21515/1990-4665-179-019. – EDN TBFDDGA.

9. K voprosu o povrezhdeniyah kartofelya pri uborke i zakladke na hranenie / S. N. Borychev, D. V. Koloshein, L. A. Maslova [i dr.] // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2020. – № 159. – С. 280-293. – DOI 10.21515/1990-4665-159-019. – EDN HDDTAU.

10. The Results of Laboratory Studies of the Device for Evaluation of Suitability of Potato Tubers for Mechanized Harvesting / A. Dorokhov, A. Ponomarev, V. Zernov [et al.] // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 12, No. 4. – DOI 10.3390/app12042171. – EDN WJUMHY.

11. Luchkova, I. V. Razvitie kartofeleuborochnoj tekhniki i ee sovremennye perspektivy / I. V. Luchkova, S. N. Borychev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2020. – № 2(58). – С. 419-428. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-02-41. – EDN SREXNT.

12. Obosnovanie konstruktivnykh parametrov malogabaritnogo kartofelekopatelya / G. G. Ramazanova, N. G. Bajbobojev, P. I. Gadzhiev, U. G. Gajipov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. – 2023. – № 6(312). – С. 20-23. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-6-20-23. – EDN OKMDEZ.

13. Patent na poleznuyu model' № 215305 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 33/08. ustrojstvo dlya otdeleniya korneklubneplodov ot primesej : № 2022109072 : yayavl. 05.04.2022 : opubl. 08.12.2022 / S. N. Borychev, M. A. Lipatova, A. V. SHemyakin [i dr.] : yayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva". – EDN QTZPVE.

14. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2023684827 Rossijskaya Federaciya «Optimizaciya parametrov ustrojstva dlya otdeleniya korneklubneplodov ot primesej» : № 2023680060 : yayavl. 29.09.2023 : opubl. 21.11.2023 / M. A. Lipatova, S. N. Borychev, A. A. Golikov.

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

Липатова Мария Александровна, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, lipatovamarya555@yandex.ru

Голиков Алексей Анатольевич, д-р техн. наук, профессор кафедры автотракторной техники и теплоэнергетики, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, golikov.rgatu@yandex.ru

Дмитриев Андрей Сергеевич, аспирант, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sisim62@mail.ru

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

Author information

Lipatova Maria A., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, lipatovamarya555@yandex.ru

Golikov Alexey A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automotive Engineering and Thermal Power Engineering, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, golikov.rgatu@yandex.ru

Dmitriev Andrey S., postgraduate student, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, sisim62@mail.ru

Borychev Sergey N., Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department "Construction of Engineering structures and Mechanics" Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 04.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 04.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.

References

- Borychev, S. N. *Mashinnyetekhnologiiuborkikartofelya sispol'zovaniem usovershenstvovannykh kopatelej, kopatelej-pogruzchikov i kombajnov : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Borychev Sergej Nikolaevich. – Rязан', 2008. – 484 s.*
- Golikov, A. A. *Sovershenstvovanie uborki kartofelya : special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sel'skogo hozyajstva" : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Golikov Aleksej*



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2, с. 140-146
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 140-146

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.34
DOI: 10.36508/RSATU.2024.45.90.018

УКЛАДЧИК КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ С ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Наталья Борисовна Мартынова¹, Виктор Иванович Балабанов², Лариса Анатольевна Журавлева³

^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

¹ nmartinova@rgau-msha.ru
² vbalabanov@rgau-msha.ru
³ dfz@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Сдерживающим фактором для широкого внедрения капельного полива при выращивании картофеля является низкая степень механизации и, как следствие, высокая доля ручного труда при проведении работ по укладке капельной ленты в картофельный гребень. Целью исследований было создание конструкции специализированного укладчика капельной ленты для увеличения производительности и обеспечения требуемого качества укладочных работ.

Методология. В процессе исследований установлены численные значения колебаний скорости базовой машины и оценка их влияния на натяжение капельной ленты и, как следствие, качество укладочных работ. В процессе лабораторных исследований были получены значения тяговых сопротивлений при укладке капельной ленты и проанализирована возможность поддержания постоянного натяжения ленты.

Результаты. В ходе исследований получены оптимальные значения натяжения ленты для качественной укладки в гребень. Оценено влияние колебаний вращающихся узлов трансмиссии и рабочего органа на скоростной режим машины и рассмотрены пути минимизации вредного воздействия колебаний скорости машины на качество работ по укладке капельной ленты. По результатам исследований предложена конструкция постоянно действующего тормоза с рекомендованным усилием 180 Н. В дальнейшем были определены оптимальные размеры тормозной пружины. Конструкция укладчика капельной ленты была установлена на формирователе гребней Grimme GF-75/4 и в процессе полевых исследований на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева определены оптимальные скоростные режимы укладочных работ.

Заключение. Для обеспечения требуемого качества работ по укладке капельной ленты необходимо поддерживать ее постоянное натяжение. Это достигается путем введения в конструкцию укладчика капельной ленты постоянно действующего тормоза. Доработанная конструкция машины позволила повысить скорость машины до 1,86 м/с, что привело к росту производительности работ на 28 %.

Ключевые слова: капельный полив, механизация работ, колебания скорости, натяжение ленты, тормозное усилие

Для цитирования: Мартынова Н.Б., Балабанов В.И., Журавлева Л.А. Укладчик капельной ленты с тормозным устройством // Вестник Рязанского государственного аграрного университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С. 140-146 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.45.90.018>



Original article

DRIP TAPE LAYER WITH BRAKE DEVICE

Natalya B. Martynova¹, Viktor I. Balabanov², Larisa A. Zhuravleva³

^{1,2,3} Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

¹ nmartinova@rgau-msha.ru
² vbalabanov@rgau-msha.ru
³ dfz@yandex.ru

Annotation.

Problem and purpose. A limiting factor for the widespread introduction of drip irrigation in potato growing is the low degree of mechanization and, as a consequence, the high proportion of manual labor when laying drip tape in the potato ridge. The goal of the research was to create a design for a specialized drip tape layer to increase productivity and ensure the required quality of laying work.

Methodology. In the process of research, numerical values of fluctuations in the speed of the base machine were established and an assessment of their influence on the tension of the drip tape and, as a consequence, the quality of laying work was established. In the process of laboratory research, the values of traction resistance when laying drip tape were obtained and the possibility of maintaining a constant tension of the tape was analyzed.

Results. During the research, the optimal tape tension value for high-quality placement in the ridge was obtained. The influence of vibrations of rotating transmission units and the working element on the speed of the machine is assessed and ways to minimize the harmful effects of machine speed fluctuations on the quality of work on laying drip tape are considered. Based on the research results, a design for a permanent brake with a recommended force of 180 N was proposed. Subsequently, the optimal dimensions of the brake spring were determined. The design of the drip tape layer was installed on a Grimme GF-75/4 ridge former and during field research at the Field Experimental Station of the RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev determined the optimal speed conditions for laying work.

Conclusion. To ensure the required quality of work on laying drip tape, it is necessary to maintain its constant tension. This is achieved by introducing a permanent brake into the design of the drip tape stacker. The modified design of the machine made it possible to increase the machine speed to 1.86 m/s, which led to an increase in work productivity by 28 %.

Key words: drip irrigation, mechanization of work, speed fluctuations, tape tension, braking force.

For citation: Martynova N.B., Balabanov V.I., Zhuravleva L.A. Drip tape layer with brake device. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P. 140-146 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.45.90.018>

Введение

Капельное орошение является перспективным способом полива из-за значительной экономии поливной воды, возможности работы на местности со сложным рельефом. При этом потери на испарение и фильтрацию воды в глубокие слои почвы минимальны [1]. Немаловажным является обстоятельство, что выпуск капельных лент, трубок, фитингов налажен на отечественных предприятиях, наблюдается неуклонный рост производственных мощностей. Нет необходимости в поставках импортных деталей и запасных частей, что наблюдается при других способах полива [2]. В сложных современных условиях это является очевидным преимуществом. Однако промышленностью выпускается ограниченное число специальных машин для укладки капельной ленты, в основном для поверхностной укладки. [3]. Широко используются кустарно изготовленные, которые не могут обеспечить качественную укладку ленты, что может привести к обрыву ленты при сильном натяжении или

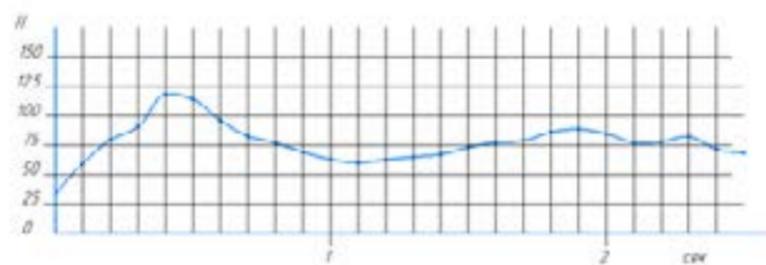
ее перекручиванию при ослаблении натяжения. Это, в свою очередь, приведет к необходимости проведения ремонтных работ, что значительно усложнит строительство системы капельного полива [4]. Специальные машины для капельного полива выпускаются в США фирмами Andros и Rain Flo, однако импорт данной техники экономически не оправдан, а в воздавшейся непростой политической ситуации вряд ли осуществим [5]. К тому же эти фирмы не выпускают машины для укладки капельной ленты в картофельный гребень.

Материалы и методы исследования

Как показали лабораторные исследования, возникающие усилия сопротивления при укладке капельной ленты в почву не превышают 180 Н, следовательно, разработанное оборудование может быть установлено на сельскохозяйственные машины, в частности, на формирователь картофельных гребней, совмещая технологические операции и практически не оказывая влияния на тягово-эксплуатационные свойства машины (рис. 1).



а



б

Рис. 1 – Проведение лабораторных исследований укладчика капельной ленты в грунтовой лотке:

а – модель укладчика; б – тяговые усилия

Fig. 1 – Conducting laboratory tests of the drip tape layerer in a soil tray:

а – model of the stacker; б – traction forces

Разработка отечественных машин для укладки капельной ленты позволит механизировать процесс ее укладки, значительно повысить производительность укладочных работ и существенно улучшить их качество.

В процессе работы машины скорость изменяется. Длина гона обычно составляет 100-150 м, такая длина наиболее эффективна для капельной ленты. Следовательно, в процессе движения машины будут наблюдаться периоды разгона, движения с установленной скоростью и торможения. Однако в процессе изменения поступательной скорости базовой машины скорость сматывания ленты с катушек также будет изменяться – натяжение будет усиливаться и ослабляться. В первом случае возможен обрыв ленты, во втором – перекручивание.

Колебания скорости могут быть обусловлены как внешними факторами (при изменении почвенных условий изменяется коэффициент сцепления

с почвой, что неизбежно повлияет на величину поступательной скорости машины), так и внутренними (колебания вращающихся частей трансмиссии базовой машины, а также колебания рабочего органа станут причиной колебаний поступательной скорости базовой машины). Следовательно, для качественной укладки капельной ленты необходимо учитывать колебания поступательной скорости базовой машины.

Для оценки влияния возникающих в процессе работы колебаний следует определить параметры колебательной системы.

Для решения этой проблемы спроектирован постоянно действующий тормоз, в котором при помощи пружины и оттягивающих роликов поддерживается постоянное натяжение ленты при изменяющемся тяговом сопротивлении из-за колебаний скорости базового трактора (рис. 2).

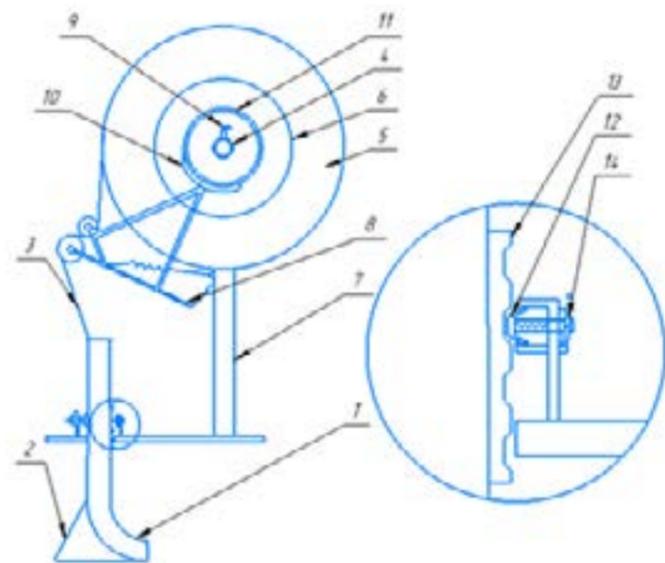


Рис. 2 – Укладчик капельной ленты с тормозом:

- 1 – направляющая труба;
- 2 – сошник;
- 3 – капельная лента;
- 4 – ось;
- 5 – катушка;
- 6 – прижимной диск;
- 7 – стойка;
- 8 – тормоз;
- 9 – зажим диска;
- 10 – колодка;
- 11 – шкив;
- 12 – фиксатор;
- 13 – пластина с пазами;
- 14 – рычаг.

Fig. 2 – Drip tape layer with brake:

- 1 – guide pipe;
- 2 – opener;
- 3 – drip tape;
- 4 – axis;
- 5 – coil;
- 6 – pressure disk;
- 7 – stand;
- 8 – brake;
- 9 – disk clamp;
- 10 – block;
- 11 – pulley;
- 12 – clamp;
- 13 – plate with grooves;
- 14 – lever.

После доработки тормоза оборудование для укладки капельной ленты было установлено на формователь гребней Grimme GF-75/4 и проведена укладка капельной ленты на Полевой опытной станции РГАУК-МСХА имени К.А. Тимирязева с последующим монтажом системы капельного полива (рис.3). Было уложено 16 линий капельной ленты диаметром 16 мм с расстоянием между капельницами 300 мм и расходом на капельницу 1,6 л/ч.



Рис. 3 – Укладчик капельной ленты на базе формователя гребней Grimme GF-75/4.
Fig. 3 – Drip tape layerer based on the Grimme GF-75/4 ridge former.

Колебания скорости могут быть обусловлены как внешними факторами (при изменении почвенных условий изменяется коэффициент сцепления с почвой, что неизбежно повлияет на величину поступательной скорости машины), так и внутренними (колебания вращающихся частей трансмиссии базовой машины, а также колебания рабочего органа станут причиной колебаний поступательной скорости базовой машины). Следовательно, для качественной укладки капельной ленты необходимо учитывать колебания поступательной скорости базовой машины.

Для оценки влияния возникающих в процессе работы колебаний следует определить параметры колебательной системы.

Для определения влияния колебаний движущихся частей машины на ее поступательную скорость определим максимальную и минимальную угловую скорость вращения коленчатого вала двигателя [6]:

$$\omega_{max} = \omega_n + \frac{\delta_k \cdot \left(M_n - \epsilon_p \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right) \right)}{2f \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right)} \quad (1)$$

$$\omega_{min} = \omega_n - \frac{\delta_k \cdot \left(M_n - \epsilon_p \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right) \right)}{2f \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right)} \quad (2)$$

где: ω_n – номинальная угловая скорость, с⁻¹;
 δ_k – степень неравномерности момента

двигателя;

- M_n – номинальный момент двигателя, НМ;
- ϵ_p – степень нечувствительности регулятора;
- I_g – момент инерции двигателя, кгм²;
- I_n – момент инерции поступательно движущихся масс машины, кгм²;
- I_{mn} – момент инерции вращающихся частей трансмиссии, кгм²; m
- I_{ϕ} – момент инерции фрезы, кгм²;
- i_{mn} – передаточное число трансмиссии;
- i_{ϕ} – передаточное число привода фрезы;
- f – частота вращения карданного вала

двигателя, с⁻¹.

Учитываем, что поступательная скорость базового трактора:

$$v = \frac{\omega_n \cdot r_k}{i_{mn}} \quad (3)$$

где r_k – радиус колеса ходового оборудования, м.
Следовательно, колебательные процессы приведут к изменениям поступательной скорости машины:

$$\Delta v = \frac{\delta_k \cdot r_k \cdot \left(M_n - \epsilon_p \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right) \right)}{2f \cdot i_{mn} \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right)} \quad (4)$$

Как видно из приведенных данных, в процессе укладки лента испытывает значительные изменения скорости вследствие колебательных процессов в силовой установке, трансмиссии, а также в рабочем органе машины.

Изменения скорости приводят к изменениям натяжения капельной ленты: чрезмерное натяжение может привести к удлинению ленты и даже обрыву, ослабление – к провисанию и, как следствие, перекручиванию.

Исследованиями установлено, что провисание ленты на величину, равную 5-8 ее диаметрам, может привести к ее перекручиванию, что делает подачу поливной воды к растениям невозможной и потребует проведения ремонтных работ, требующих значительных трудозатрат.

Дальнейшими исследованиями следует оценить величину провисания.

Численное значение определим из выражения:

$$S = \int_{t_0}^t \frac{\delta_k \cdot r_k \cdot \left(M_n - \epsilon_p \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right) \right)}{2f \cdot i_{mn} \cdot \left(I_g + I_n + \sum \frac{I_{mn}}{i_{mn}^2} + \sum \frac{I_{\phi}}{i_{\phi}^2} \right)} dt \quad (5)$$

Для предотвращения разматывания ленты вследствие изменения поступательной скорости машины следует установить постоянно действующий тормоз с усилием, превышающим силу инерции катушки капельной ленты.

Силу инерции катушки определим [7]:



$$F_{инк} = m_{л} \cdot \sigma_{вр} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (6)$$

где: $m_{л}$ – вес бухты ленты, кН;
 $\sigma_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс;

Δt – время движения машины с неустановившейся скоростью, с.

Результаты исследований и их обсуждение

Динамика изменения скорости в процессе разгона представлена на рисунке 4.

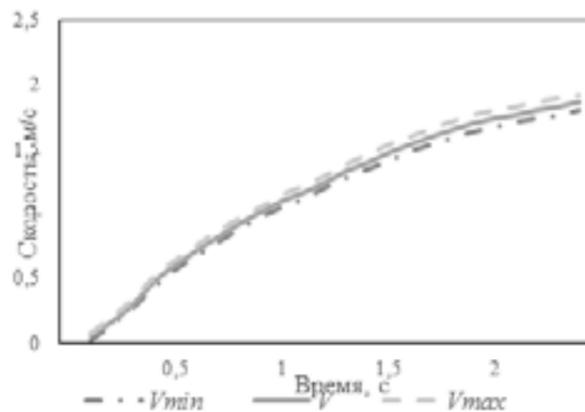


Рис. 4 – Расчетная, максимальная и минимальная скорости в процессе разгона базовой машины.

Fig. 4 – Estimated, maximum and minimum speeds during acceleration of the base machine.

Расчеты показали, что для качественной укладки ленты следует учитывать силу инерции катушки (рис. 5).

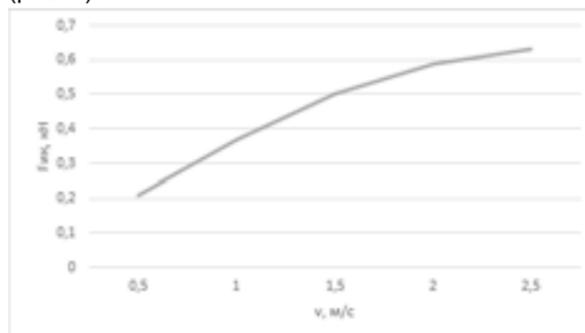


Рис. 5 – Сила инерции катушки в процессе разгона.

Fig. 5 – Inertia force of the coil during acceleration.

Тормоз следует выбрать по величине тормозного усилия [8]:

$$F_{т} = \frac{1,3 \cdot f \cdot F_{инк} \cdot l \cdot \eta}{l_1} \quad (7)$$

где: $F_{т}$ – усилие на тормозе, кН;
 f – коэффициент трения;
 l и l_1 – плечи рычагов, м;
 η – КПД рычажного механизма.

Зная усилие на тормозе, определим длину замыкающей пружины:

$$L_{пр} = \frac{\lambda \cdot G \cdot d^2}{8 F_{инк} \cdot c^3} + 2 h_{пр} \quad (8)$$

где: λ – рабочая осадка пружины, м;
 c – индекс пружины;
 d – диаметр проволоки, м;
 G – модуль сдвига материала пружины, Па;
 $h_{пр}$ – высота прицепа пружины, м.

При увеличении скорости тормозная пружина будет растягиваться, возрастет натяжение, и, как следствие, тяговое сопротивление [9]. При уменьшении скорости натяжение пружины будет ослабевать, это позволит укладывать ленту в гребень равномерно, без рывков.

В случае резкого уменьшения тягового сопротивления в процессе торможения при достижении тягового сопротивления меньше усилия замыкания тормоза, пружина прижимает колодку к диску катушки и разматывание ленты прекращается [10]. При возобновлении движения базового трактора, при возрастании тягового сопротивления выше усилия замыкания тормоза, пружина сжимается, и колодка отпускает диск катушки, происходит ее разматывание [11]. Применение тормоза позволяет укладывать ленту равномерно, поддерживая постоянное ее натяжение [12].

Использование усовершенствованной конструкции укладчика капельной ленты позволило увеличить рабочую скорость до 1,86 м/с по причине поддержания натяжения капельной ленты в оптимальных пределах, что позволило увеличить техническую производительность машины на 28 % (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика укладчика капельной ленты.

Рабочая скорость, м/с	1,1-1,86
Производительность, м/ч	0,8-1,62
Параметры ленты:	
Расход на капельницу, л/ч	1,6
Расстояние между капельницами, м	0,3
Диаметр ленты, мм	16

При этом повысилось качество укладочных работ, лента была уложена ровно в картофельный гребень на заданную глубину, что исключило необходимость проведения доделочных работ.

Заключение

Для получения стабильных урожаев в Центральном районе Российской Федерации необходимо проведение агроуплотнительных мероприятий. Для выращивания картофеля по гребневой технологии наиболее эффективным будет использование капельного полива, позволяющего рационально использовать поливную воду, доставляя ее непосредственно в корнеобитаемую зону растения, не увлажняя междурядья, минимизируя потери на испарение и просачивание в нижние почвенные слои. Создание специального оборудования для укладки капельной ленты на базе фор-

мирователя гребней Grimme GF-75/4 позволило значительно увеличить степень механизации работ по укладке капельной ленты, скорость укладчика составила 1,86 м/с, при этом производительность работ выросла на 28 %. Для минимизации влияния колебаний скорости базового трактора на качество укладки ленты предложена конструкция постоянно действующего тормоза, поддерживающего постоянное натяжение капельной ленты. Использование разработанной конструкции тормозного устройства позволило обеспечить требуемое качество укладочных работ.

Список источников

- Щедрин, В.Н. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использование водных ресурсов в АПК/ В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, Г.А. Сенчуков, В.Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. - 2021. -№ 4.- с. 8-11.
- Дубенок, Н. Н. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области / Н. Н. Дубенок, Г. В. Ольгаренко, Р. В. Калинин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2022. – № 5. – С. 6-11.
- Ольгаренко, Г. В. Перспективы импортозамещения и разработки технических средств орошения для программы развития мелиорации в Российской Федерации / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 2. – С. 35-39.
- Пчелкин, В.В. Водный баланс зоны аэрации и расчетного слоя при орошении картофеля на дерново-подзолистых почвах / В. В. Пчелкин, В. О. Герасимов, О. М. Кузина, М. И. Новикова // Научная жизнь. – 2018. – № 10. – С. 49-56.
- Апатенко А.С. Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина", 2013. – № 2(58) — С.23-25.
- Жалнин Э.В. О фундаментальности зем-

Вклад авторов:

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

References

- Shhedrin, V.N. Aktual'ny'e voprosy` razvitiya meliorativnoj otrasli i ispol'zovanie vodny`x resursov v APK/ V.N. Shhedrin, A.V. Kolganov, G.A. Senchukov, V.D. Gostishhev // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2021. -№ 4.- s. 8-11.
- Dubnok, N. N. Perspektivy` i obshhestvennaya znachimost` razvitiya melioracii v Moskovskoj oblasti / N. N. Dubnok, G. V. Ol'garenko, R. V. Kalinichenko // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2022. – № 5. – S. 6-11.
- Ol'garenko, G. V. Perspektivy` importozameshheniya i razrabotki texnicheskix sredstv orosheniya dlya programmy` razvitiya melioracii v Rossijskoj Federacii / G. V. Ol'garenko, S. S. Turapin // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2016. – № 2. – S. 35-39.
- Pchelkin, V.V. Vodny`j balans zony` ae`racii i raschetnogo sloya pri oroshenii kartofelya na dernovo-podzolisty`x pochvax / V. V. Pchelkin, V. O. Gerasimov, O. M. Kuzina, M. I. Novikova // Nauchnaya zhizn`. – 2018. – № 10. – S. 49-56.
- Apatenko A.S. Sovremenny`e tendencii razvitiya texnicheskogo potenciala melioracii zemel` // Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vy`sshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvenny`j agroinzhenerny`j universitet imeni V. P. Goryachkina", 2013. – № 2(58) — С.23-25.



6. Zhalnin E. V. *O fundamental'nosti zemledel'cheskoj mexaniki // Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V. P. Goryachkina", 2017. – № 6(82) — С. 10-14.*

7. Abdulmazhidov, X.A. *Kompleksnoe proektirovanie i prochnostny'e raschety` konstrukcij mashin prirodobustrojstva v sisteme Inventor Pro / X. A. Abdulmazhidov, A. S. Matveev // Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V. P. Goryachkina"- 2016. – №2. – С. 40-46*

8. Karpov, M.V. *Issledovanie e'ffektivnosti i e'konomicheskaya ocenka primeneniya razrabotannoj kartofeleposadochnoj mashiny` / M.V. Karpov, G.E. Shardina, A.A. Zhizdyuk, A.G. Shapovalov // Nauchnaya zhizn`. – 2018. - №3. – с. 19-27*

9. Marty'nova, N. B. *Kapel'noe oroshenie kartofelya s primeneniem mexanizirovannoj ukladki kapel'noj lenty` / N. B. Marty'nova // Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. – 2021. – № 3. – С. 26-30.*

10. *Patent na poleznuyu model` № 208061 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 25/06. Ustrojstvo dlya ukladki kapel'noj lenty`: № 2021128300: zayavl. 28.09.2021: opubl. 01.12.2021 / A. Yu. Korneev, V. I. Balabanov, N. B. Marty'nova, L. A. Zhuravleva.*

11. Makani, M.N., Sargent S.A., Zotarelli L., Huber D.J., Sims C.A. *Irrigation method and harvest time affect storage quality of two early-season, tablestock potato (Solanum tuberosum L.) cultivars / M.N. Makani, S.A. Sargent, L. Zotarelli, D.J. Huber, C.A. Sims // Scientia Horticulturae.-2015.- №197, P. 428-433.*

12. Marty'nova, N.B. *Mashina dlya ukladki kapel'noj lenty` v kartofel'nyj greben` / N.B. Marty'nova, A. Yu. Korneev // Mezhdunarodnyj tekhniko – e'konomicheskij zhurnal. -2019.-№2.-С. 15-20*

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

Мартынова Наталья Борисовна, канд. техн. наук, доцент кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, nmartynova@rgau-msha.ru

Балабанов Виктор Иванович, д-р техн. наук, зав. кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru

Журавлева Лариса Анатольевна, д-р техн. наук, профессор кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, dfz@yandex.ru

Author information

Martynova Natalya B., Ph.D. Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Organization and Technology of Irrigation and Construction Works, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Balabanov Viktor I., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Organization and Technologies of Irrigation and Construction Works, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Zhuravleva Larisa A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Organization and Technology of Irrigation and Construction Works, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 11.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 11.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, № 2, с. 147-155
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, № 2, pp. 147-155

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.354.024/.028
DOI: 10.36508/RSATU.2024.22.18.019

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ И ОСОБЕННОСТИ АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЛОПАСТЕЙ И КОЖУХОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Дмитрий Алексеевич Мацюк¹, **Юрий Фёдорович Алексаков**², **Борис Юрьевич Голев**³, **Дмитрий Владимирович Рудой**⁴, **Татьяна Александровна Мальцева**⁵

^{1,2,3} ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Россия

^{1,3,4,5} ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия

⁴ Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия

¹ d.matzyuk@gmail.com

² AleksakovUF@oaorsm.ru

³ boris_golev@mail.ru

⁴ rudoy.d@gs.donstu.ru

⁵ tamalceva@donstu.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Ветро-решетная система очистки зерноуборочного комбайна обеспечивает получение зерна с минимально возможными значениями его потерь при уборке поля. Обмолоченное зерно, поступившее в бункер из системы очистки, зачастую имеет сорные включения, состоящие из частиц соломы, семенников трав, половы, негативно влияющие на его качество. Поэтому разработка и совершенствование вентилятора системы очистки, предотвращающего, в том числе, попадание сорных примесей в бункер, является важной и актуальной задачей сельскохозяйственного машиностроения.

Результаты. В статье представлены типовые конструкции вентиляторов ветро-решетной очистки зерноуборочных комбайнов. Выявлено, что в настоящее время в сельскохозяйственной технике чаще всего используют два вида центробежных вентиляторов: с цилиндрическим или спиральным кожухами. Рассмотрено влияние коэффициента парусности и скорости витания зерна и сорной примеси на процесс сепарации. Приведен пример аналитического расчета конструкций лопаток и кожухов вентиляторов. В работе изложен способ расчета лопаток и кожуха вентилятора системы очистки. Составлена схема, содержащая классификацию вентиляторов по кожухам и лопастям с последующим определением вентилятора для зерноуборочных комбайнов различных классов. Определены оптимальные параметры вентилятора для комбайнов с ветро-решетной системой очистки.

Заключение. На основе представленного обзора и анализа в качестве базовой перспективной конструкции выбрана схема вентилятора с радиальными лопатками и спиральным кожухом с двумя выходными патрубками различного проходного сечения. На основе представленных в статье расчетов в программном комплексе создается алгоритм, позволяющий на ранней стадии проектирования спрогнозировать расходные характеристики системы с целью дальнейшей реализации в 3D моделях и окончательной проверки методом имитационного моделирования.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, ветро-решетная система очистки, центробежный вентилятор, аналитический расчет, сепарация зерна в воздушном потоке, воздушный поток

Для цитирования: Мацюк Д.А., Алексаков Ю.Ф., Голев Б.Ю., Рудой Д.В., Мальцева Т.А. Анализ конструкций и особенности аналитического расчета лопастей и кожухов центробежного вентилятора системы очистки зерноуборочных комбайнов // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2, С.147-155 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.18.019>

Original article

ANALYSIS OF DESIGNS AND PECULIARITIES OF ANALYTICAL CALCULATION OF BLADES AND SHROUDS OF RADIAL FAN OF GRAIN HARVESTER CLEANING SYSTEM

© Мацюк Д.А., Алексаков Ю.Ф., Голев Б.Ю., Рудой Д.В., Мальцева Т.А., 2024 г.

Dmitry A. Matzyuk¹, Yuri F. Aleksakov², Boris Yu. Golev³, Dmitry V. Rudoy⁴, Tatyana A. Maltseva⁵

^{1,2,3} JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russia

^{1,3,4,5} Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

⁴ Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia

¹ d.matzyuk@gmail.com

² AleksakovUF@oaorsm.ru

³ boris_golev@mail.ru

⁴ rudoy.d@gs.donstu.ru

⁵ tamalceva@donstu.ru

Abstract.

Problem and purpose. The wind-grid cleaning system of the combine harvester ensures the production of grain with the lowest possible values of its losses during field harvesting. Threshed grain that enters the hopper from the cleaning system often has weed inclusions consisting of straw particles, grass testes, and sexes, which negatively affect its quality. Therefore, the development and improvement of the cleaning system fan, which prevents, among other things, the ingress of weed impurities into the hopper, is an important and urgent task of agricultural engineering.

Results. The article presents typical designs of fans for wind-sieve cleaning of combine harvesters. It has been revealed that currently two types of centrifugal fans are most often used in agricultural machinery: with cylindrical or spiral casings. The influence of the windage coefficient and the soaring speed of grain and weed admixture on the separation process is considered. An example of analytical calculation, designs of blades and fan housings is given. The paper describes a method for calculating the blades and the fan casing of the cleaning system. A scheme has been drawn up containing the classification of fans by casings and blades, followed by the definition of a fan for combine harvesters of various classes. The optimal fan parameters for combines with a wind-sieve cleaning system have been determined.

Conclusion. Based on the presented review and analysis, a fan circuit with radial blades and a spiral casing with two outlet pipes of different flow sections was chosen as the basic promising design. Based on the calculations presented in the article, an algorithm is created in the software package that allows predicting the consumption characteristics of the system at an early stage of design in order to further implement it in 3D models and final verification by simulation modeling.

Key words: combine harvester, wind-grid cleaning system, centrifugal fan, analytical calculation, separation of grain in the air stream, air flow.

For citation: Matzyuk D.A., Aleksakov Yu.F., Golev B. Yu., Rudoy D.V., Maltseva T.A. Analysis of designs and peculiarities of analytical calculation of blades and shrouds of radial fan of grain harvester cleaning system // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No 2, P.147-155 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.22.18.019>

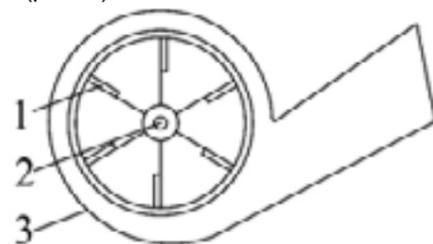
Введение

Ветро-решетная система очистки зерноуборочного комбайна обеспечивает получение зерна с минимально возможными значениями его потерь при уборке поля. Традиционно, технологический процесс сепарации зерна осуществляется за счет воздействия воздушного потока требуемой интенсивности на зерновой ворох, находящийся в перепадах между каскадами стрясной доски и на решетках. Следует отметить, что обмолоченное зерно, поступившее в бункер из системы очистки, зачастую имеет сорные включения, состоящие из частиц соломы, семенников трав, полвы, негативно влияющие на его качество. В этом случае требуется дополнительная вторичная очистка зерна на стационарных элеваторах, т.к. указанные элементы под воздействием влажности приводят к ухудшению качества урожая, что закономерно увеличивает себестоимость конечного продукта. Следовательно, разработка и совершенствование вентилятора системы очистки, предотвращающего, в том числе, попадание сорных примесей в бункер, является важной и актуальной задачей сельскохозяйственного машиностроения [1-4].

Основная часть

Вентилятор является одним из важных агре-

гатов в системе ветро-решетной очистки зерноуборочного комбайна. Первые варианты вентиляторов имели относительно простую конструкцию, состоящую из механически приводимого во вращение вала с лопастным колесом и кожуха, формирующего направленное движение воздушного потока (рис. 1).



1 – лопасть; 2 – лопастное колесо; 3 – кожух
Рис. 1 – Конструкция центробежного вентилятора со спиральным кожухом:

1 – blade; 2 – paddle wheel; 3 – casing

Fig. 1 – Design of a centrifugal fan with a spiral casing

Воздушный поток, создаваемый вентилятором,

воздействует на зерно-соломистый ворох, транспортируемый по элементам очистки (рис. 2). Зерно, за счет меньшего коэффициента парусности k_n относительно полвы, мелкосеменных трав и частиц соломы, просыпается через решета, совершающие колебательные движения с последующей транспортировкой через систему шнеков и транспортеров в бункер. Использовать величины скорости витания $V_{кр}$ различных фракций зерно-соломистой массы необходимо для правильного проектирования агрегатов системы очистки и согласования с расходными характеристиками вентилятора.

Немаловажно отметить, что параметр $V_{кр}$ изменяется в широких пределах в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры, непосредственного сорта и величины влажности, поэтому важным предъявляемым требованием к конструкции является обеспечение всех возможных вариантов скоростей воздуха, создаваемых вентилятором, от малых значений для мелкосеменных культур и больших для более тяжелых, например кукурузы [5-8].

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{g}{k_n}} \quad \text{где}$$

где g – ускорение свободного падения, м/с² ;

В Кубанском государственном аграрном университете экспериментальным путем определены следующие значения критических скоростей семян зерновых культур и сорняков. В таблице 1 указаны скорости витания культурных растений, в таблице 2 – сорных.

Исходя из величин этих значений следует

Таблица 1 – Значения критической скорости и плотности культурных растений [12].

Наименование	Критическая скорость, м/с	Плотность, м ³
Пшеница	8,5- 11,5	1,2-1,5
Рожь	8,3-10,0	1,2-1,5
Овес	8,0-9,0	1,2-1,4

Таблица 2 – Значение критической скорости и плотности сорных растений [12].

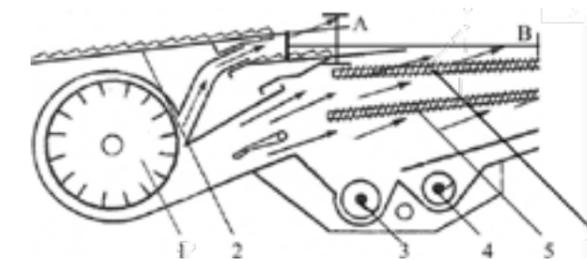
Наименование	Критическая скорость, м/с	Плотность, м ³
Амброзия полынно-листная	3,2-5,9	1,0
Бодяк полевой	1,4-5,6	0,7-1,4
Марь белая	2,1-5,1	0,7-1,2

Для обеспечения необходимой для витания частиц скорости воздушного потока обязателен достаточный по производительности вентилятор, к которому предъявляются следующие основные требования, сформулированные Б.Г. Турбинным:

1. Обеспечивать создание воздушного потока, равномерного по величине и направлению его скорости по ширине и высоте выходного канала.

2. Обеспечивать равномерный по направлению скорости воздушный поток по высоте выходного канала.

вывод, что показатель критической скорости у культурных растений превосходит показатель у сорных в среднем более чем в 2,4 раза, следовательно, воздушный поток значительного влияния на их траекторию не оказывает, что способствует эффективной очистке зерна от примесей. В этом случае важным фактором выступает увеличение скорости обдува зерна для дополнительного удаления соломистого вороха, тем самым снижая нагрузку на решета из-за меньшего попадания частиц соломы на площадь сепарации.



1 – стрясная доска; 2 – вентилятор; 3 – элеватор зерновой группы; 4 – леватор колосовой группы; 5 – нижний решетный стан; 6 – верхний решетный стан; А – перепад между стрясной доской и решетным станом; В – область сепарации верхнего решетного стана

Рис. 2 – Схема устройства системы очистки
1 – grating board; 2 – fan; 3 – grain group elevator; 4 – grain group elevator; 5 – lower grating mill; 6 – upper grating mill; А – the difference between the grating board and the grating mill; В – the separation area of the upper grating mill

Fig. 2 – Diagram of the cleaning system device.

3. Создавать поток без заметной пульсации и завихрения его в рабочей камере.

4. Регулировать скорость в достаточно широких пределах, а в некоторых случаях и направление воздушного потока [9, 11].

В настоящее время в сельскохозяйственной технике чаще всего используют два вида центробежных вентиляторов: с цилиндрическим или спиральным кожухами.

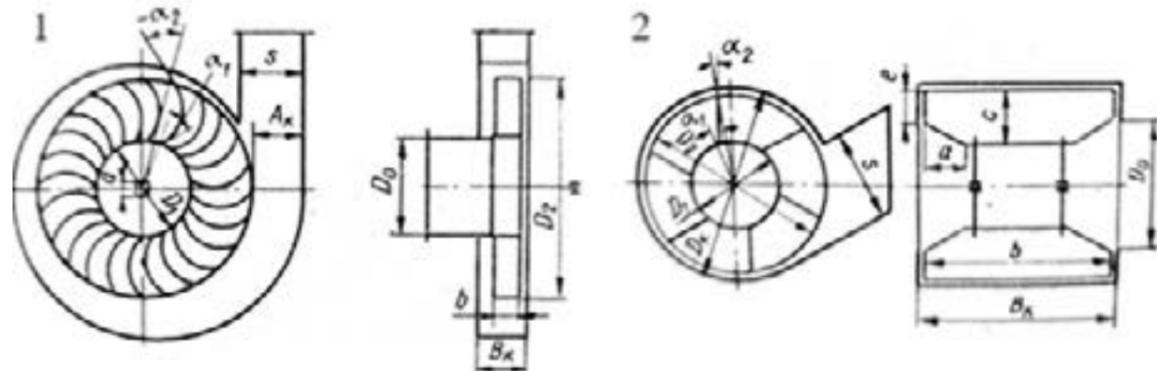


Рис. 3 – Аэродинамические схемы вентиляторов
1 – спиральный; 2 – цилиндрический
Fig. 3 – Aerodynamic schemes of fans
1 – spiral; 2 – cylindrical

Цилиндрический кожух (рис. 3, 2) выполнен по дуге определенного диаметра, при котором все лопасти равноудалены от обечайки. Следовательно, воздух неравномерно покидает кожух вентилятора, присутствующая пульсация воздушного потока негативно сказывается на результате обдува и мешает нормальной сепарации зерна. Рассматриваемые вентиляторы данного типа распространены на машинах 3-4 и реже 5 класса производительности. Указанное обстоятельство характеризуется достаточно высокочастотными агрегатов в части обеспечения расходных характеристик при работе на малых производительностях относительно комбайнов больших классов. Немаловажным фактором при выборе вентиляторов данной конструкции является меньшая себестоимость по сравнению с современными секционными конструкциями [12].

Спиральный кожух (рис. 3, 1) имеет неодинаковое расстояние между концами лопастей и внешней границей кожуха, постепенно увеличивающееся и достигающее максимального значения в выходном канале.

Для вычисления профиля спирали необходимо принять некоторые допущения: скорость движения ω лопастного колеса постоянна, частица воздуха, срывающаяся с лопасти, имеет абсолютную скорость s . Принимая во внимание треугольник скоростей (рис. 4, 1), очевидно разложение абсолютной скорости на тангенциальную и радиальную составляющие c_r и c_u соответственно. Профиль спирали можно вычислить по уравнениям (1) и (2):

$$1. \text{ Уравнение неразрывности } Q = 2\pi r_2 b c_{2r} = 2\pi r b c_r, \quad (1)$$

где, Q – расход воздуха;
 b – длина лопасти.

$$2. \text{ Уравнение постоянства циркуляции } \Gamma 2. \pi r_2 c_{2u} = 2\pi r c_u \quad (2)$$

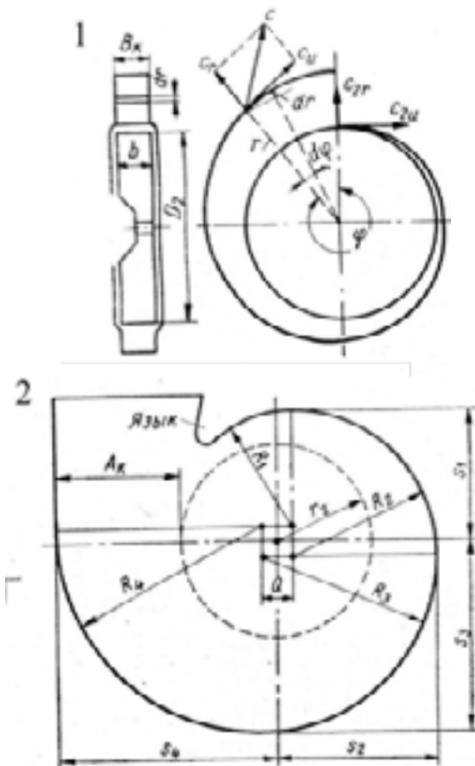


Рис. 4 – Форма спиральной обечайки кожуха
Fig. 4 – The shape of the spiral shell of the casing

Направление отдельной струйки потока определится углом α (рис. 4, 1) из условия

$$\text{tg} \alpha = \frac{c_{2r}}{c_{2u}} = \frac{c_r}{c_u} \quad (3)$$

Из выражения (3) можно увидеть, что угол, составленный направлением скорости s и направлением касательной к окружности, является постоянным

$$\text{tg} \alpha = \frac{c_r}{c_u} = \frac{dr}{r \cdot d\phi}, \quad (4)$$



где dr – приращение радиусов;
 $d\phi$ – приращение угла, то получим:

$$\frac{dr}{r} = \text{tg} \alpha \cdot d\phi \quad (5)$$

Откуда

$$\ln \frac{r}{r_2} \text{tg} \alpha = \int \frac{c_{2r}}{c_{2u}} d\phi \quad (6)$$

Или

$$\frac{r}{r_2} = e^{\text{tg} \alpha \phi} \quad (7)$$

Это и является уравнением логарифмической спирали. Следует заметить, что построение обечайки по логарифмической спирали является сложным и трудоемким процессом. Поэтому его заменяют спиралью, очерченной по конструкторскому квадрату (рис. 4, 2).

Вначале определяют размер раскрытия спирали A_k , соответствующий сечению, в котором расход равен полной производительности вентилятора

$$A_p = \frac{Q}{B_k c_A} \quad (8)$$

Величина c_A выбирается исходя из определенного соотношения с тангенциальной составляющей скорости воздуха на выходе из колеса:

$$\frac{c_A}{c_{2u}} = 0.6 \quad (9)$$

Действительный размер A_k следует принять не-

сколько больше расчетного A_p для учета циркулирующих в спиральной камере масс воздуха

$$A_k = (1 + 1.1) A_p \quad (10)$$

Затем строят квадрат со стороной $\frac{A_k}{4}$; верши-

ны которого служат центрами при построении спирали [9].

Кожухи центробежных вентиляторов видоизменялись в процессе совершенствования комбайнов. В конце 20 века применялись одно или двухсекционные вентиляторы с концентрической формой кожуха (рис. 5). В 2000-2007 годах прошла модернизация существующих решений и на смену простым в изготовлении цилиндрическим лопастным вентиляторам пришла спиральная форма кожухов (рис. 6) с возможностью направления воздушного потока не только в направлении верхнего решета, но и на дополнительное решето, тем самым более эффективно использования площади сепарации.

КПД односекционных концентрических вентиляторов меньше, чем у турбинных из-за не совершенной формы лопаток и низкой частоты вращения. Среднее значение КПД центробежных вентиляторов с цилиндрической формой обечайки составляет примерно 34 %, а со спиральной – 51 %. В таблице 3 представлено сравнение вентиляторов с одинаковым лопастным колесом, но разными кожухами, полученные в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете.

Таблица 3 – Зависимость КПД вентиляторов от формы кожуха.

Форма кожуха	Значение КПД при частоте вращения лопастного вала в минуту, %			Среднее значение, %
	600	700	800	
Спиральная	51,7	49,5	51,0	51,1
Простая	33,0	35,0	33,8	33,9

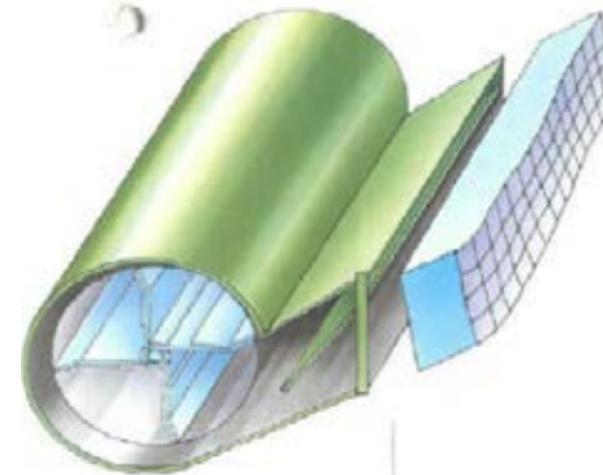


Рис. 5 – Односекционный лопастной вентилятор системы очистки
Fig. 5 – Single-section blade fan of the cleaning system

Например, форма спирального кожуха вентилятора фирмы Claas имеет обратный кожух (рис. 6), направляющий воздушный поток на сходящийся со стрястной доски ворох. Второй, основной кожух направляет поток воздуха на верхнее

решето. Технология AUTO SLOPE повышает частоту вращения лопастного вала вентилятора на спуске с холма и понижает на подъеме, что дополнительно предотвращает потери зерна.



Рис. 6 – Конструкция вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна Claas.
Fig. 6 – Fan design of the Claas combine harvester cleaning system.

В центробежных вентиляторах применяются прямолинейные и криволинейные лопасти (рис. 7). Прямолинейные лопасти проектируются радиальными (рис. 7, 1) или отогнутыми назад (рис. 7, 2). Радиус кривизны лопастей R_0 определяется по формулам:

$$R = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4(D_2 \sin \alpha_2 - D_1 \sin \alpha_1)} \quad (10)$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{D_2^2}{4} + R^2 - D_2 R \sin \alpha_2} \quad (11)$$

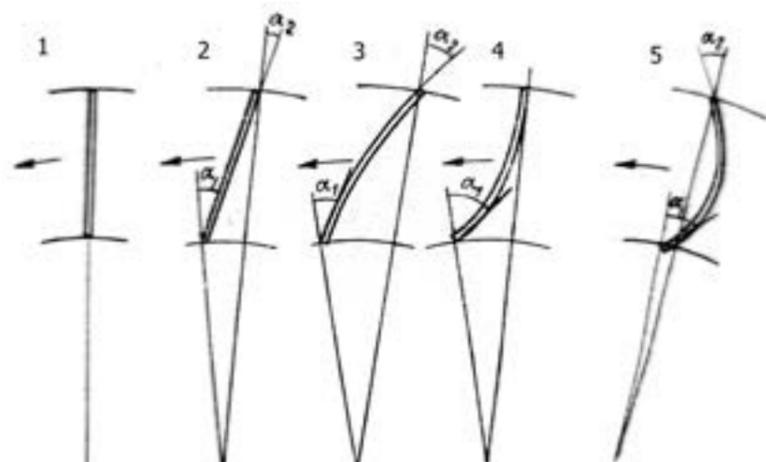


Рис. 7 – Формы лопастей вентилятора
Fig. 7 – Shapes of the fan blades

Угол лопасти влияет на напорную линию воздушного потока, образующегося на выходе из вентилятора, и зависит от расхода, однако, принимая во внимание следствия из первого и второго уравнений Эйлера, следует вывод, что при $\text{tg} \alpha_2 < \text{tg} \alpha_1$ график зависимости напора от расхода будет восходящей прямой. Следовательно, при вогнутой форме лопасти (рис. 7, 4) напор вентилятора будет выше, что и реализовано на современных видах

вентиляторов комбайнов 6-10 классов производительности.

Ширина вентилятора также имеет большее влияние на производительность, проведенные в ЛСХИ (Ленинградском сельскохозяйственном институте) опыты на односекционных вентиляторах различной формы показывают, что относительная ширина, являющаяся отношением ширины кожуха (B_k) к внешнему диаметру обечайки (D_2) не должна

превышать 1,3, в противном случае возникает неравномерное аэродинамическое поле. В этом случае, если необходимо превысить коэффициент B_k , рекомендуется использовать различного рода дефлекторы и щитки. Современные вентиляторы состоят из 4-6 секций турбинных вентиляторов (рис. 8) в зависимости от ширины молотильно-сепарирующего устройства, что позволяет достичь

необходимого уровня унификации для семейства комбайнов.

Ниже приведена схема классификации центробежных вентиляторов по типу кожуха. Так же в схеме указано вентиляторы какого типа устанавливаются в зерноуборочные комбайны в зависимости от класса производительности Ростсельмаш.

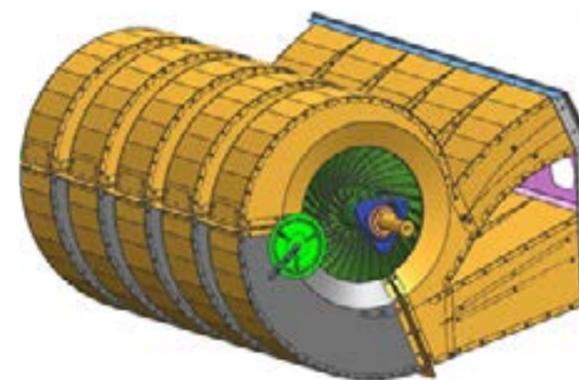


Рис. 8 – Конструкция современного вентилятора комбайна RSM-161 компании Ростсельмаш
Fig. 8 – The design of the modern fan of the Rostselmash RSM-161 combine harvester

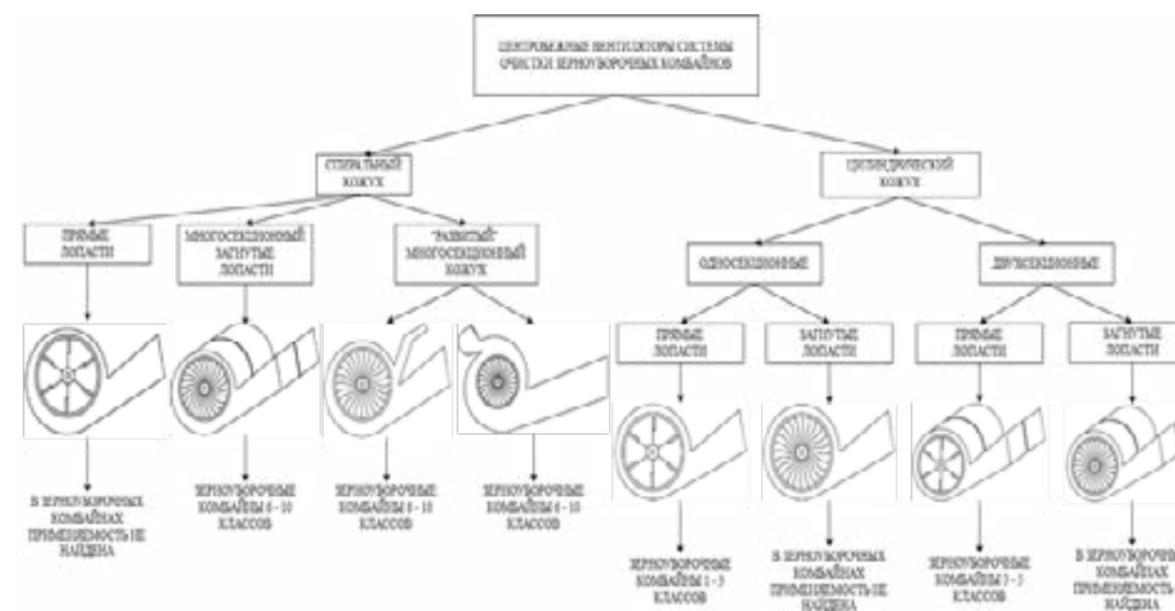


Рис. 9 – Схема классификации вентиляторов
Fig. 9 – Fan classification scheme

Заключение

На основе представленного обзора и анализа в качестве базовой перспективной конструкции выбрана схема вентилятора с радиальными лопатками и спиральным кожухом с двумя выходными патрубками различного проходного сечения. На основе представленных в статье расчетов в программном комплексе создается алгоритм, позволяющий на ранней стадии проектирования спрогнозировать расходные характеристики системы с целью дальнейшей реализации в 3D моделях и окончательной проверки методом имитационного моделирования.

Проведен анализ современных конструкций систем ветро-решетной очистки, представлена классификация и выявлено следующее:

1. В статье представлена классификация вентиляторов системы очистки зерноуборочных комбайнов согласно их применяемости в зависимости от класса.

2. В зерноуборочных комбайнах 3-4 класса используются центробежные вентиляторы с прямыми лопастями и цилиндрическим кожухом.

3. В зерноуборочных комбайнах 5-10 класса применяются многосекционные центробежные вентиляторы с радиальными лопастями и спи-



ральным кожухом

4. Современные конструкции кожухов вентиляторов имеют два выхода для направления воздушного потока в различные зоны решет очистки.

5. Представлен метод аналитического расчета вентилятора, использующийся в программном комплексе для определения расходных характеристик конструкции на ранней стадии проектирования

Список источников

1. Бурак П.И., Пронин В.М. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 416 с.

2. Рудой Д.В., Пахомов В.И., Камбулов С.И., Чигвинцев В.В., Мальцева Т.А., Арженовский А.Г. Оценка уровня технической обеспеченности уборочных процессов и анализ его влияния на качество зерна. Вестник аграрной науки Дона. – 2023. – Т. 16, № 3(63). – С. 48-57. – DOI 10.55618/20756704_2023_16_3_48-57.

3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под ред. канд. техн. наук М. И. Клецкина. Т. 2, М., издат-во «Машиностроение», 1967, 830 с.

4. Тарасенко А.П. Роторные зерноуборочные комбайны: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 192 с: ил. (+вклейка, 8 с). – (Учебники для вузов. Специальная литература).

5. Николаев В.А. Совершенствование зерноуборочного комбайна: конструктивная компоновка, теория и расчет: монография. Том Часть 1. – ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2015. – 252 с. – ISBN 978-5-98914-144-9.

6. Агрегат для уборки урожая / Лачуга Ю.Ф.,

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Burak P.I., Pronin V.M. Sravnitel'nye ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki: nauch. izdanie – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. – 416 s.

2. Rudoy D.V., Pahomov V.I., Kambulov S.I., Chigvincev V.V., Mal'ceva T.A., Arzhenovskij A.G. Ocenka urovnya tekhnicheskoy obespechennosti uborochnyh processov i analiz ego vliyaniya na kachestvo zerna. Vestnik agrarnoj nauki Dona. – 2023. – Т. 16, № 3(63). – С. 48-57. – DOI 10.55618/20756704_2023_16_3_48-57.

3. Spravochnik konstruktora sel'skohozyajstvennyh mashin. Pod red. kand. tekhn. nauk M. I. Kleckina. T. 2, M., izdat-vo «Mashinostroenie», 1967, 830 s.

4. Tarasenko A.P. Rotornye zernouborochnye kombajny: Uchebnoe posobie. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan», 2022. – 192 s: il. (+vklejka, 8 s). – (Uchebniki dlya vuzov. Special'naya literatura).

5. Nikolaev V.A. Sovershenstvovanie zernouborochnogo kombajna: konstruktivnaya komponovka, teoriya i raschet: monografiya. Tom CHast' 1. – FGBOU VPO «Yaroslavskaya GSKHA», 2015. – 252 s. – ISBN 978-5-98914-144-9.

6. Agregat dlya uborki urozhaya / Lachuga YU.F., Meskhi B.CH., Pahomov V.I., Rudoy D.V. // Patent na poleznuyu model', RU 206314 U1, 06.09.2021, Rossiya, MPK A01D 41/08 (2006.01); zayavl. 07.06.2021, opubl. 06.09.2021 byul. №25. Zayavitel' FGBOU VO DGTU.

7. Aldoshin N. V., Zolotov A. A., Cygutkin A. S. [i dr.] Obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov kombajnov na uborke belogo lyupina. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 64-66.

8. Pacala S.V., Goroshko V.G. Sel'skoe hozyajstvo Rossii: global'nye pozicii, strukturnye proporcii i tendencii razvitiya // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sociologicheskie i ekonomicheskie nauki. 2021 T.6. №1. S. 96-108.

Месхи Б.Ч., Пахомов В.И., Рудой Д.В. // Патент на полезную модель, RU 206314 U1, 06.09.2021, Россия, МПК A01D 41/08 (2006.01); заявл. 07.06.2021, опубл. 06.09.2021 бюл. №25. Заявитель ФГБОУ ВО ДГТУ.

7. Алдошин Н. В., Золотов А. А., Цыгуткин А. С. [и др.] Обоснование технологических параметров комбайнов на уборке белого люпина. Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 64-66.

8. Пацала С.В., Горошко В.Г. Сельское хозяйство России: глобальные позиции, структурные пропорции и тенденции развития // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2021 Т.6. №1. С. 96-108.

9. Вентиляторы сельскохозяйственных машин: Теория и технол. расчет. - Ленинград: Машиностроение, 1968. - 159 с.

10. Трубилин Е.И., Федоренко Н.Ф., Тлишев А.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян: учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов. Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2009. 96 с.

11. Халилов З.Ш. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 6(99). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13989>

12. Рудой Д.В., Алексаков Ю.Ф., Голев Б.Ю., Мальцева Т.А. Предпосылки и пути совершенствования ветро-решетной системы очистки зерноуборочных комбайнов. Научный журнал КубГАУ. 2023. №194(10). DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-017>



9. Ventylyatory sel'skohozyajstvennyh mashin: Teoriya i tekhnol. raschet. - Leningrad: Mashinostroenie, 1968. - 159 s.

10. Trubilin E.I., Fedorenko N.F., Tlishev A.I. Mekhanizaciya posleubrochnoj obrabotki zerna i semyan: uchebnoe posobie dlya studentov sel'skohozyajstvennyh vuzov. Krasnodar: FGBOU VO Kubanskij GAU, 2009. 96 s.

11. Halilov Z.SH. Sovershenstvovanie sistemy ochistki zernouborochnogo kombajna pri uborke zernovyh na sklonah // Universum: tekhnicheskie nauki : elektron. nauchn. zhurn. 2022. 6(99). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13989>

12. Rudoy D.V., Aleksakov YU.F., Golev B.YU., Mal'ceva T.A. Predposylki i puti sovershenstvovaniya vetroreshetnoj sistemy ochistki zernouborochnyh kombajnov. Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2023. №194(10). DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-017>

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

Мацюк Дмитрий Алексеевич, инженер-конструктор, ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Россия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», d.matzyuk@gmail.com

Алексаков Юрий Фёдорович, директор технического центра, ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Россия, AleksakovUF@oaorsm.ru

Голев Борис Юрьевич, канд. техн. наук, Главный конструктор по машине, ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г. Ростов-на-Дону, Россия, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия, boris_golev@mail.ru

Рудой Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, декан факультета «Агропромышленный», ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр Агробиотехнологии», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», старший научный сотрудник отдела механизации растениеводства, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», rudoy.d@gs.donstu.ru.

Мальцева Татьяна Александровна, канд. техн. наук, научный сотрудник Центра развития территориального кластера «Долина Дона», ст. препод. кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», tamtaltseva.donstu@gmail.com.

Author information

Matzyuk Dmitry A., Engineer, JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russia, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, d.matzyuk@gmail.com

Aleksakov Yuri F., Director of the technical center, JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russia, AleksakovUF@oaorsm.ru

Golev Boris Yu., Candidate of Technical Sciences, Chief product engineer, JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russia, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, boris_golev@mail.ru

Rudoy Dmitry V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of Agribusiness faculty, Leading researcher at the Research Laboratory «Agrobiotechnology Center», Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, senior researcher at the Department of mechanization of crop production, Federal State Budgetary Scientific Institution «Agricultural Research Center «Donskoy», rudoy.d@gs.donstu.ru.

Maltseva Tatyana A., Candidate of Technical Sciences, Research of the Center of Development of the Territorial Cluster «Dolina Dona», Senior lecturer of the department «Technologies and Equipment for Agricultural Products Processing», Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, tamtaltseva.donstu@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 10.04.2024; одобрена после рецензирования 11.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 11.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.



РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ СУБСТРАТА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Ксения Олеговна Оковитая¹✉, Андрей Валентинович Нуждин², Олег Арсеньевич Суржко³^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск, Россия¹ mellootello@gmail.com² nuzhdin_av@npi-tu.ru³ mr.surzhkooa@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье изучена проблема оптимизации получения биогаза в соответствии с требованиями наилучших доступных технологий. Предложена и обоснована целесообразность использования двухстадийной биогазовой установки с теплообменным аппаратом. Проведено сравнение эффективности двух типов теплообменных аппаратов: кожухотрубного односекционного теплообменного аппарата и конструкции типа «труба в трубе». Целью работы является расчет теплообменных аппаратов биогазовой установки, предназначенной для получения биогаза из свекловичного жома.

Методология. Эксплуатационные параметры были установлены в ходе проекторочного расчета, основной целью которого являлось определение площади поверхности теплообмена и выбор наиболее эффективного аппарата.

Результаты. На основании полученных результатов были построены графики зависимостей коэффициентов теплопередачи от скорости потока субстрата из реактора. Благодаря этим данным установлено минимальное значение площади поверхности теплообмена.

Заключение. Выполненные проекторочные расчеты секционного кожухотрубного односекционного теплообменного аппарата и подогревателя типа «труба в трубе» показали возможность их использования для подогрева субстрата. Результаты расчета позволили сделать вывод, что использование в составе двухстадийной биогазовой установки с подогревателем типа «труба в трубе» более целесообразно.

Ключевые слова: биогаз, субстрат, теплообменный аппарат, биореактор, получение биогаза, свекловичный жом

Для цитирования: Оковитая К.О., Нуждин А.В., Суржко О.А. Расчет теплообменного аппарата для субстрата биогазовой установки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2, С. 156-163 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.30.21.020>

Original article

CALCULATION OF HEAT EXCHANGER FOR BIOGAS PLANT SUBSTRATE

Ksenia O. Okovitaya¹✉, Andrey V. Nuzhdin², Oleg A. Surzhko³^{1,2,3} South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia¹ mellootello@gmail.com² nuzhdin_av@npi-tu.ru³ mr.surzhkooa@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. The article studies the problem of optimizing the production of biogas in accordance with the requirements of the best available technologies. The feasibility of using a two-stage biogas plant with a heat exchanger is proposed and justified. A comparison was made of the efficiency of two types of heat exchangers: a shell-and-tube single-section heat exchanger and a "pipe-in-pipe" design. The purpose of the

work is to calculate the heat exchangers of a biogas plant designed to produce biogas from beet pulp.

Methodology. The operational parameters were established during the design calculation, the main purpose of which was to determine the heat exchange surface area and select the most efficient apparatus.

Results. Based on the results obtained, graphs of the heat transfer coefficients were constructed, which showed the dependence of the linear heat transfer coefficient on the speed of the substrate. Thanks to these data, the minimum value of the heat exchange surface area was established.

Conclusion. Performed design calculations of a sectional shell-and-tube single-section heat exchanger for beet pulp and a "pipe-in-pipe" heater showed the possibility of their use for heating the substrate. The calculation results allowed us to conclude that use as part of a two-stage biogas plant with a "pipe-in-pipe" heater is more appropriate.

Key words: biogas, substrate, heat exchanger, bioreactor, biogas production, beet pulp

For citation: Okovitaya K.O., Nuzhdin A.V., Surzhko O.A. Calculation of a heat exchanger for biogas plant substrate // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P.156-163 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.30.21.020>

Введение

Биогаз и его производство играют важную роль в обеспечении устойчивого энергоснабжения предприятий. По мере перехода к децентрализованным источникам электроэнергии, охране окружающей среды и переработке сельскохозяйственных отходов преимущества биогаза становятся очевидными. В мировом масштабе Германия является лидером по научным исследованиям, проектированию и использованию биогаза [1,2]. На рынке биогаза в России лидирует Белгородская область, где успешно функционирует Институт альтернативной энергетики, а внедрением разработок занимается корпорация "БиогазЭнергоСтрой".

В связи с вышеизложенным становится очевидно, что необходимо проводить исследования по повышению эффективности и экологизации работы биогазовых установок в агропромышленном комплексе [3-7].

Важной проблемой при эксплуатации биогазовых установок являются высокие энергетические затраты на подготовку субстратов и эффективное

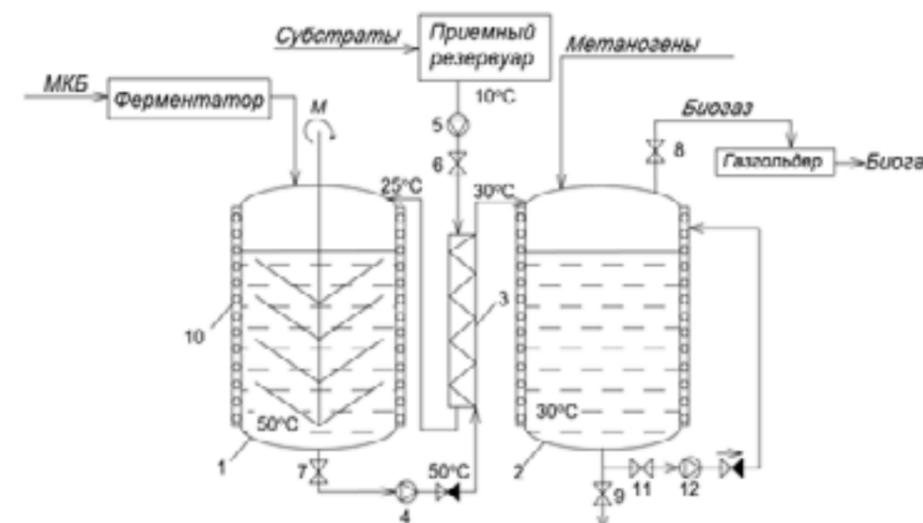
проведение процесса анаэробного сбраживания.

Авторами статьи показано, что преимущества двухстадийной системы получения биогаза включают в себя:

- обеззараживание субстрата на стадии гидролиза;
- возможность скачков нагрузок по органическому сухому веществу;
- ускорение процессов при правильном подборе энзимов.

Благодаря этому время протекания процесса на первой фазе может быть сокращено до 1,5 суток, а на второй фазе — до 10 суток, что значительно снижает капитальные затраты на строительство биогазовых установок. [8-11].

В расчете теплообменных аппаратов между первой и второй ступенями биогазовой установки используется свекловичный жом в качестве субстрата. Центральным элементом улучшенной схемы является теплообменный аппарат между биореакторами, работающими при температурах 50° С и 30° С (рис. 1).



1 – биореактор 1-й ступени; 2 – биореактор 2-й ступени; 3 – теплообменник; 4 – насос перекачки субстрата из реактора 1 в реактор 2; 5 – насос подачи потока субстрата; 6, 7, 8, 9, 11 – вентили; 10 – трубы подогрева субстрата; 12 – циркуляционный насос для перемешивания

Рис. 1 Схема двухфазной биогазовой установки с ферментацией субстрата
1-1st stage bioreactor; 2- 2nd stage bioreactor; 3- heat exchanger; 4 - pump for pumping substrate from reactor 1 to reactor 2; 5 – substrate flow pump; 6, 7, 8, 9, 11 – valves; 10 – substrate heating pipes; 12 – circulation pump for mixing
Fig. 1 - Scheme of a two-phase biogas plant with substrate fermentation:



В теплообменном аппарате происходит подогрев исходного субстрата (10° С), подающегося из приемного резервуара насосом 5, до 25° С. Охлаждение с 50° С до 30° С потока субстрата, подаваемого насосом 4 в биореактор 2, производится противотоком в этом же теплообменнике.

Расчет выполняем для свекловичного жома (субстрат) влажностью 60 %, используемого после 7 суток хранения. При выполнении расчета подогревателя свекловичного жома были выполнены следующие допущения (табл. 1).

Таблица 1 – Допущения при расчете подогревателя свекловичного жома

№	Допущение
1	Теплоемкость и коэффициент теплопроводности в расчетах принимаем при средней температуре теплоносителей (40° С)
2	Кинематическую вязкость в расчетах принимаем в зависимости от влажности теплоносителей (60° С)
3	Теплофизические характеристики субстрата и отводимого из реактора 1 потока считаем одинаковыми
4	Поверхность теплообмена выполняем из труб латунных по ГОСТ 494-2014 холоднокатаных общего назначения из латуни Л63
5	Корпус теплообменного аппарата выполняем из трубы бесшовной горячедеформированной по ГОСТ 32528-2013
6	Объемные расходы субстрата и отводимого из реактора 1 потока считаем одинаковыми.
7	Тепловые потери через корпус теплообменника в окружающую среду принимаем 5 % от получаемой субстратом теплоты
8	Отношение критериев Прандтля для потока и стенки в критериальных уравнениях принимаем равным 1
9	Отношение динамических вязкостей потока при его средней температуре и температуре стенки при расчете параметра принимаем равным 1

В качестве первого прототипа выбираем кожухотрубный односекционный подогреватель с прямыми трубами.

Кожухотрубные теплообменники имеют ряд преимуществ, таких как: износостойкость, возможность работы с агрессивными средами, долгий срок эксплуатации, повышенная стойкость к гидроударам, ремонтпригодность, возможность взаимодействия с жидкостями с высоким показателем примесей, простота технического обслуживания. Схема движения теплоносителей – противоток, обеспечивающий наибольший средний температурный напор и энергетическую эффективность теплообменного аппарата.

Основной задачей проектировочного расчета является определение площади поверхности теплообмена по уравнению теплопередачи.

Теплота, передаваемая в теплообменном аппарате, определяется уравнением:

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t'' - t')$$

где Q – передаваемая в теплообменном аппарате теплота, Вт;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³;
 c – массовая теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг·К);
 t'' и t' – большая и меньшая температуры теплоносителя, °С.

Основная сложность нахождения площади поверхности теплообмена заключается в расчете коэффициента теплопередачи α . Коэффициент теплопередачи зависит от формы поверхности теплообмена, термического сопротивления стенки и коэффициентов теплоотдачи к со стороны горячего и холодного теплоносителей к поверхности теплообмена.

Для определения коэффициентов теплоотдачи традиционно используются критериальные уравнения. Выбор критериального уравнения определяется формой поверхности теплообмена, видом и режимом движения теплоносителей.

В проектируемом подогревателе субстрат и отводимый из реактора 1 поток движутся под действием нагнетателя, поэтому их движение вынужденное. Режим движения определяется значением критерия Рейнольдса. Граничное значение критерия Рейнольдса, определяющее переход от ламинарного к турбулентному режиму движения, определяется в зависимости от характера движения и формы канала.

Процедура проектировочного расчета кожухотрубного односекционного подогревателя с прямыми трубами – итерационная. В ходе расчета мы задаемся значением длины трубок $l_{пр}$ теплообменного аппарата, используемым в критериальных уравнениях, а затем рассчитываем фактическую длину трубок l .

Для установления влияния количества трубок на процесс теплообмена по приведенной выше методике был выполнен расчет подогревателей с большим и меньшим количеством трубок относительно полученного в расчете значения $n=320$ шт. Количество трубок изменялось с шагом 10 шт. Длина трубок составляла 2,5 м.

Результаты расчета показаны на рисунках 2 - 5. На рисунках 2 - 5 выделены три зоны, соответствующие определенным геометрическим размерам теплообменных трубок и корпуса. Для всех зон трубки теплообменника имеют размеры $d_t = 3$ мм, $D_t = 4$ мм, $s_t = 0,5$ мм. В зоне 1 труба корпуса имеет размеры $d_k = 259$ мм, $D_k = 273$ мм, $s_k = 7$ мм, в зоне 2 – $d_k = 283$ мм, $D_k = 299$ мм, $s_k = 8$ мм, а в зоне 3 – $d_k = 308$ мм, $D_k = 326$ мм, $s_k = 9$ мм.

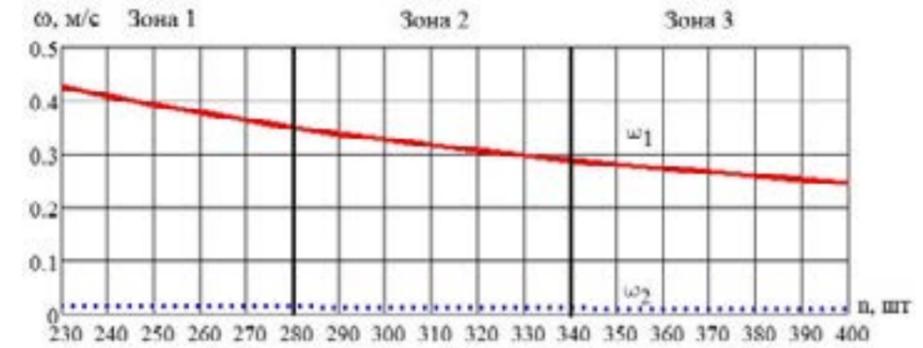


Рис. 2 – Зависимость скорости субстрата из приемного резервуара в межтрубном пространстве и потока нагретого (50° С) субстрата из реактора 1 от количества трубок

Fig. 2 – Dependence of the speed of the substrate from the receiving tank in the annulus and the flow of heated (50° C) substrate from reactor 1 on the number of tubes

Из рисунка 2 следует, что при увеличении количества трубок теплообменной поверхности в каждой зоне скорость субстрата (ω_1) уменьшается за счет увеличения площади проходного сечения. Скорость движения потока из реактора 1 (ω_2) остается практически постоянной, незначительно изменяясь в пределах от 0,014 м/с для зоны 1 до

0,01 м/с для зоны 3. Столь малые значения скорости (ω_2) определяются значительной площадью проходного сечения подогревателя для потока из реактора 1, зависящей от минимального шага между отверстиями для трубок теплообменной поверхности в трубной решетке.

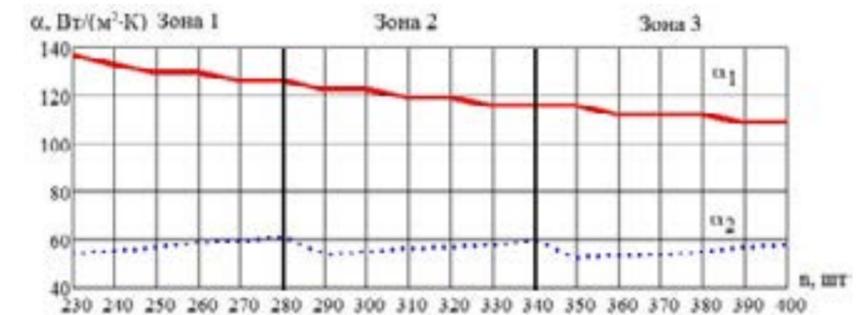


Рис. 3 – Зависимость коэффициента теплоотдачи субстрата из приемного резервуара в межтрубном пространстве и потока нагретого (50° С) субстрата из реактора 1 от количества трубок

Fig. 3 – Dependence of the heat transfer coefficient of the substrate from the receiving tank in the inter-tube space and the flow of heated (50° C) substrate from reactor 1 on the number of tubes

Коэффициенты теплоотдачи (рис. 3) от внутренней поверхности трубок α_1 к субстрату и от потока из реактора 1 α_2 от наружной поверхности трубок теплообменной поверхности практически повторяют графики изменения скорости теплоносителей. Коэффициент теплоотдачи α_1 изменяется в пределах от 136,5 Вт/(м²·К) до

126 Вт/(м²·К) для зоны 1, в пределах от 122,5 Вт/(м²·К) до 115,5 Вт/(м²·К) для зоны 2 и в пределах от 115,5 Вт/(м²·К) до 108,5 Вт/(м²·К) для зоны 3. Коэффициент теплоотдачи α_2 остается практически постоянным, незначительно изменяясь в пределах от 54,2 Вт/(м²·К) для зоны 1 до 57,4 Вт/(м²·К) для зоны 3.

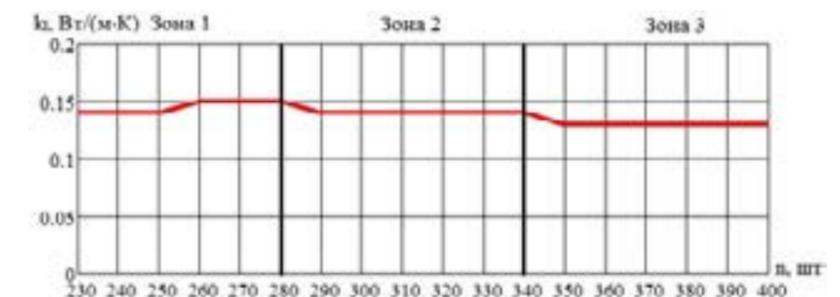
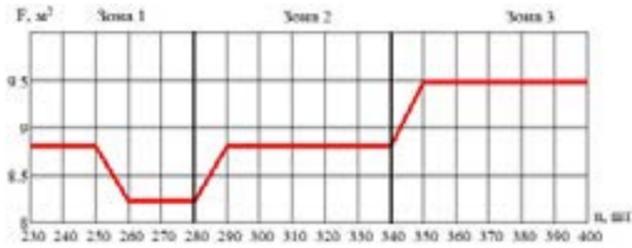


Рис. 4 – Зависимость линейного коэффициента теплопередачи от количества трубок

Fig. 4 – Dependence of the linear heat transfer coefficient on the number of tubes



Линейный коэффициент теплопередачи (рис. 4) в пределах каждой зоны остается практически постоянным. Для зоны 1 среднее значение



Площадь поверхности теплообмена (рис. 5) изменяется пропорционально линейному коэффициенту теплопередачи. Для зоны 1 среднее значение площади поверхности теплообмена составляет 8,51 м², для зоны 2 и зоны 3 площадь поверхности теплообмена остается постоянной и составляет 8,803 м² и 9,45 м², соответственно. Выполненные проектировочные расчеты показали теоретическую возможность использования для подогрева субстрата кожухотрубного односекционного теплообменного аппарата с прямыми трубами.

Однако анализ проведенных расчетов показал, что для выбранного типа подогревателя режим движения обоих теплоносителей вдоль поверхности теплообмена – ламинарный. Это определяет малые значения коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2 и, как следствие, недопустимо малое значение линейного коэффициента теплопередачи.

Кроме того, движение вязкого субстрата через трубки внутренним диаметром 2-3 мм приведет к

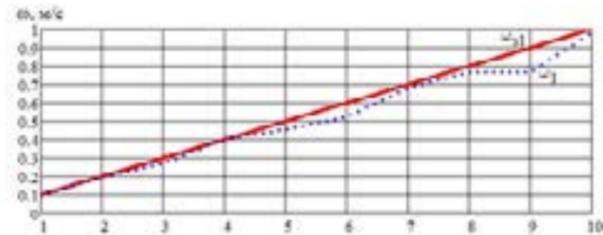


Рис. 6 – Фактическая скорость субстрата
Fig. 6 – Factual substrate speed

Фактическая скорость движения субстрата v_1 (рис. 6) определяется его расходом и площадью проходного сечения внутренней трубы, выбираемой по ГОСТ 494-2014. Поэтому для большинства расчетных точек фактическая ско-

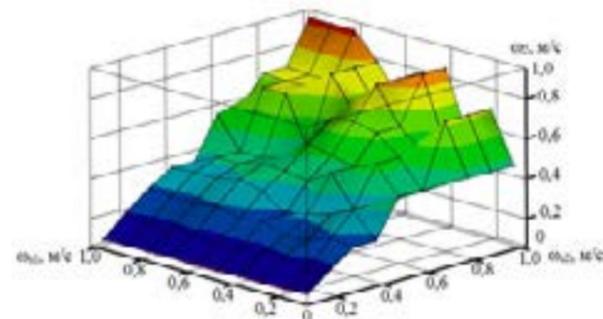


Рис. 7 – Зависимость фактической скорости потока субстрата из реактора 1 от заданных скоростей из приемного резервуара в межтрубном пространстве и потока нагретого (50° С) субстрата из реактора 1
Fig. 7 – Dependence of the factual flow rate of the substrate from reactor 1 on the specified speeds from the receiving tank in the annulus and the flow of heated (50° С) substrate from reactor 1

линейного коэффициента теплопередачи составляет 0,145 Вт/(м·К), для зоны 2 – 0,14 Вт/(м·К), а для зоны 3 – 0,13 Вт/(м·К).

Рис. 5 – Зависимость площади поверхности теплообмена от количества трубок
Fig. 5 – Dependence of heat transfer surface area on the number of tubes

существенному росту гидравлического сопротивления проточной части подогревателя, а в случае образования отложений на теплообменной поверхности и вовсе будет невозможно.

Поэтому принимаем решение использовать для подогрева субстрата свекловичного жома теплообменный аппарат более простой конструкции типа «труба в трубе». Для установления влияния скорости движения теплоносителей на процесс теплообмена по приведенной выше методике был выполнен расчет секционных теплообменников типа «труба в трубе». Скорости движения теплоносителей в расчетах принимались в пределах 0,1 м/с-1,0 м/с с шагом 0,1 м/с.

В расчетах фактическое значение скорости движения субстрата v_1 и потока из реактора 1 v_2 отличаются от заданных скоростей в пределах 0,1 м/с-1,0 м/с вследствие коррекции расчетного внутреннего диаметра по ГОСТ 494-2014 и ГОСТ 32528-2013, соответственно.

Результаты расчета показаны на рисунках 6-11.

рость v_1 практически совпадает с заданной $v_{1, ном}$. Незначительные отличия скоростей объясняются дискретностью ряда диаметров латунных труб по ГОСТ 494-2014.

Рис. 7 – Зависимость фактической скорости потока субстрата из реактора 1 от заданных скоростей из приемного резервуара в межтрубном пространстве и потока нагретого (50° С) субстрата из реактора 1

Fig. 7 – Dependence of the factual flow rate of the substrate from reactor 1 on the specified speeds from the receiving tank in the annulus and the flow of heated (50° С) substrate from reactor 1



Фактическая скорость движения потока из реактора 1 v_2 (рис. 7) определяется его расходом и площадью проходного сечения кольца, образованного наружной поверхностью латунной трубы по ГОСТ 494-2014 (поверхность теплообмена) и внутренней поверхностью наружной стальной трубы по ГОСТ 32528-2013 (корпус). Вследствие дискретности размеров выбираемых труб значения фактической скорости движения потока из реактора 1 v_2 изменяются по более сложному закону.

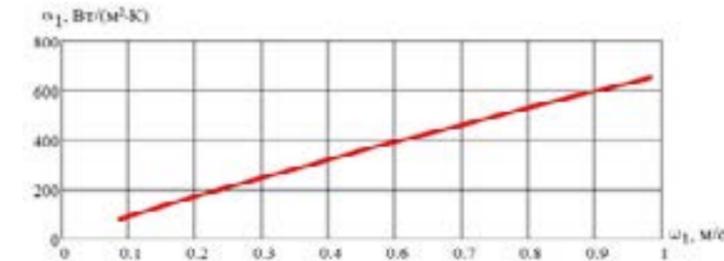
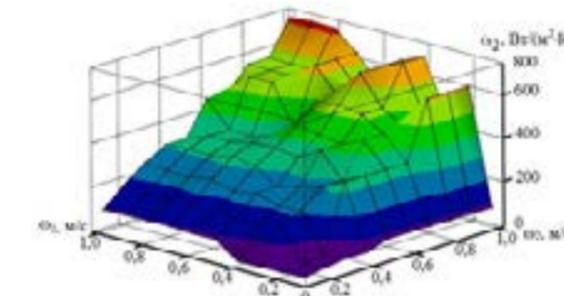


Рис. 8 – Зависимость коэффициента теплоотдачи субстрата от его фактической скорости
Fig. 8 – Dependence of the heat transfer coefficient of the substrate on its factual speed

Коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности трубки теплообменной поверхности α_1 к субстрату возрастает при увеличении фактической скорости движения субстрата v_1 . Так, при изменении фактической скорости субстрата от 0,096 м/с до 0,983 м/с коэффициент теплоотдачи увеличивается от 80,4 Вт/м²К до 652,1 Вт/м²К. Режим течения субстрата во всем диапазоне скоростей – турбулентный.

Рис. 9 – Зависимость коэффициента теплоот-



дачи потока субстрата из реактора 1 от скоростей субстрата и потока

Рис. 9 – Dependence of the heat transfer coefficient of the substrate flow from reactor 1 on the speeds of the substrate and flow

Изменение коэффициента теплоотдачи от потока из реактора 1 к наружной поверхности трубки теплообменной поверхности α_2 (рис. 9) качественно совпадает с изменением фактической скорости потока из реактора 1 v_2 . На значение коэффициента теплоотдачи α_2 существенное влияние оказывает скорость субстрата v_1 , определяющая размеры трубки теплообменной поверхности. Коэффициент теплоотдачи α_2 возрастает при увеличении скоростей теплоносителей. Режим движения потока из реактора 1 при скоростях субстрата 0,1 м/с - 0,2 м/с при изменении скорости потока из реактора 1 в пределах 0,1 м/с-1,0 м/с – ламинарный, при остальных сочетаниях скоростей – турбулентный.

При определенных значениях заданных скоростей движения потока из реактора 1 v_2 его фактическая скорость остается постоянной независимо от изменения заданной скорости вследствие определенного сочетания наружного диаметра внутренней трубы и внутреннего диаметра наружной трубы, выбираемых в соответствии с ГОСТ. На рисунке 8 эти зоны показаны горизонтальными участками.

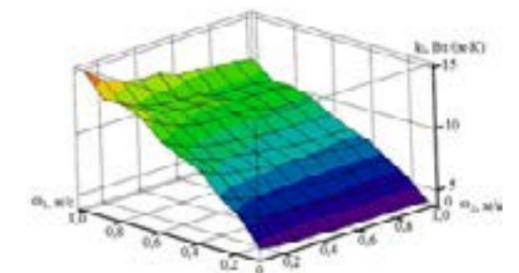


Рис. 10 – Зависимость линейного коэффициента теплопередачи от скоростей субстрата и потока из реактора 1
Fig. 10 – Dependence of the linear heat transfer coefficient on the velocities of the substrate and the flow from reactor 1

Наибольшее влияние на линейный коэффициент теплопередачи (рис. 10) k оказывает скорость субстрата v_1 . Максимального значения 15,05 Вт/(м·К) линейный коэффициент теплоотдачи достигает при фактических скоростях субстрата $v_1 = 0,983$ м/с и потока из реактора 1 $v_2 = 0,092$ м/с.

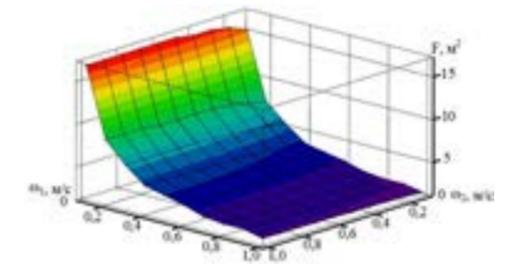


Рис. 11 – Зависимость площади поверхности теплообмена от скоростей субстрата и потока из реактора 1
Fig. 11 – Dependence of the heat exchange surface area on the speeds of the substrate and the flow from reactor 1



Площадь поверхности теплообмена подогревателя (рис. 11) изменяется обратно пропорционально линейному коэффициенту теплопередачи. Минимальное значение площади поверхности теплообмена $F = 1,497 \text{ м}^2$ достигается при максимальном значении линейного коэффициента теплопередачи $kl = 15,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Выводы

По сравнению с кожухотрубным односекционным теплообменным аппаратом с прямыми трубами режим движения теплоносителя в подогревателе типа «труба в трубе», при подавляющем сочетании геометрических размеров труб теплообменной поверхности и корпуса, является турбулентным. Это определяет существенно большие, по сравнению с кожухотрубным теплообменником, коэффициенты теплоотдачи. Для подогревателя типа «труба в трубе» линейный коэффициент теплопередачи значительно больше, чем у кожухотрубного теплообменника.

За счет более простой конструкции и отсутствия каналов с диаметром условного прохода 2-3 мм, гидравлическое сопротивление подогревателя типа «труба в трубе» будет существенно меньше, чем у кожухотрубного теплообменника. Большие скорости движения субстрата при турбулентном режиме и прямооточной конструкции исключают загрязнение теплообменной поверхности у подогревателя типа «труба в трубе».

Таким образом, расчет теплообменных аппаратов для двухфазной биогазовой установки показал, что для свекловичного жома наиболее целесообразно применять теплообменник типа «труба в трубе».

Список источников

1. Richtlinie zur Vergärung organischer Stoffe; Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche 4630. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin, VDI 4630, 2016.
2. Liebetrau, J.; Pfeiffer, D. und Thrän, D. (2015): Messmethodensammlung Biogas. Hrsg. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Vol. 7, 2015, Leipzig
3. Оковитая К.О., Ракульцева М.А., Суржко О.А. Повышение эффективности анаэробного сбражи-

вания жидких биоразлагаемых отходов // МНИЖ. 2021. №9-1 (111).

4. Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е. К проблеме энергетической эффективности биогазовых технологий в климатических условиях России // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAE). 2011. № 7. С. 129-134.

5. Ковалев Д.А., Ковалев А.А., Караева Ю.В., Варламова И.А. Экспериментальное исследование процесса предварительного гидролиза органического субстрата // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №8.

6. Ковалев А.А., Ковалев Д.А. Интеллектуализированная система подачи субстрата в биореактор для анаэробной обработки // Техника и технологии в животноводстве. 2019. №1 (33).

7. Ковалев Дмитрий Александрович, Ковалев Андрей Александрович, Караева Юлия Викторовна, Трахунова Ирина Александровна Анализ энергетической эффективности биогазовой установки с рекуперацией отбросной теплоты эффлюента // АЭЭ. 2015. №5 (169).

8. Ковалев Андрей Александрович, Ковалев Дмитрий Александрович, Харченко Валерий Владимирович Система теплоснабжения биогазовой установки блочно-модульной конструкции с использованием рекуперации теплоты эффлюента для фермы на 400 голов крс // АЭЭ. 2013. №5-1 (125).

9. Ковалев Д.А., Ковалев А.А. Совершенствование технологии анаэробной переработки органических отходов животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2015. №4 (20).

10. Мазуренко А.С., Денисова А.Е., Климчук А.А., Нго Минь Хиеу, Котов П.А. Эксергетические характеристики биогазовых установок // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 1, № 8 (67). С. 7-12

11. Апробация новой биогазовой технологии: эксперименты и результаты / В. П. Друзьянова, С. А. Петрова, М. К. Охлопкова, А. В. Спиридонова, А. М. Бондаренко // Журнал борьбы с промышленным загрязнением окружающей среды. – 2017. – Т. 33. – № 1. – С. 1058–1066.

Вклад авторов:

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

References

1. Richtlinie zur Vergärung organischer Stoffe; Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche 4630. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin, VDI 4630, 2016.
2. Liebetrau, J.; Pfeiffer, D. und Thrän, D. (2015): Messmethodensammlung Biogas. Hrsg. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Vol. 7, 2015, Leipzig
3. Okovitaya K.O., Rakultseva M.A., Surzhko O.A. Povyshenie effektivnosti anaerobnogo sbrazhivaniya zhidkikh biorazlagaemykh otkhodov // MNIZh. 2021. №9-1 (111).
4. Arbuzova E.V., Shcheklein S.E. K probleme energeticheskoy effektivnosti biogazovykh tekhnologiy v klimaticheskikh usloviyakh Rossii // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Alternativnaya energetika i ekologiya» (ISJAE). 2011. № 7. С. 129-134.
5. Kovalev D.A., Kovalev A.A., Karaeva Yu.V., Varlamova I.A. Eksperimentalnoe issledovanie protsesssa



predvaritelnogo gidroliza organicheskogo substrata // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. №8.

6. Kovalev A.A., Kovalev D.A. Intellektualizirovannaya sistema podachi substrata v bioreaktor dlya anaerobnoy obrabotki // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2019. №1 (33).

7. Kovalev Dmitriy Aleksandrovich, Kovalev Andrey Aleksandrovich, Karaeva Yuliya Viktorovna, Trakhunova Irina Aleksandrovna Analiz energeticheskoy effektivnosti biogazovoy ustanovki s rekuperatsiey otbrosnoy teploty efflyuenta // AEE. 2015. №5 (169).

8. Kovalev Andrey Aleksandrovich, Kovalev Dmitriy Aleksandrovich, Kharchenko Valeriy Vladimirovich Sistema teplosnabzheniya biogazovoy ustanovki blochno-modulnoy konstruktssii s ispolzovaniem rekuperatsiy teploty efflyuenta dlya fermy na 400 golov krs // AEE. 2013. №5-1 (125).

9. Kovalev D.A., Kovalev A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii anaerobnoy pererabotki organicheskikh otkhodov zhivotnovodstva // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2015. №4 (20).

10. Mazurenko A.S., Denisova A.E., Klimchuk A.A., Ngo Min Khieu, Kotov P.A. Eksergeticheskie kharakteristiki biogazovykh ustanovok // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. 2014. Т. 1, № 8 (67). С. 7-12

11. Aprobatsiya novoy biogazovoy tekhnologii: eksperimenty i rezultaty / V. P. Druzyanova, S. A. Petrova, M. K. Okhlopkovala, A. V. Spiridonova, A. M. Bondarenko // Zhurnal borby s promyshlennym zagryazneniem okruzhayushchey sredy. – 2017. – Т. 33. – № 1. – С. 1058–1066.

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 Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, mellootello@gmail.com

Нуждин Андрей Валентинович, доцент кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, nuzhdin_av@npi-tu.ru

Суржко Олег Арсеньевич, д-р техн. наук профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, mr.surzhkooa@mail.ru

Author Information

Okovitaya Ksenia O., Postgraduate student of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, mellootello@gmail.com

Nuzhdin Andrey V., Associate Professor of the Department of Thermal Power Plants and Heat Engineering, South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, nuzhdin_av@npi-tu.ru

Surzhko Oleg A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Ecology and Industrial Safety, South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, mr.surzhkooa@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.03.2024; одобрена после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 05.03.2024; approved after reviewing 22.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ
КРИОКОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

Игорь Борисович Плотников¹ ✉, Игорь Алексеевич Короткий², Константин Борисович Плотников³, Алексей Михайлович Осинцев⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» г. Кемерово, Россия

¹ plotnikov-ib@mail.ru

² krot69@mail.ru

³ k.b.plotnikov.rf@gmail.com

⁴ olex1@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Значительным потенциалом повышения конкурентоспособности при производстве высокобелковых молочных продуктов (творог, сыр) на малых предприятиях агропромышленного комплекса обладают технологии глубокой переработки сырьевых ресурсов и снижения удельных энергозатрат на выпуск готовой продукции. В последние годы наблюдается рост использования процессов криоконцентрирования в технологиях переработки пищевой продукции. Это связано с преимуществами данного процесса по сравнению с выпариванием под вакуумом. Однако процессы криоконцентрирования требуют другого аппаратного наполнения и в настоящее время недостаточно изучены. В частности, с точки зрения оценки удельных энергозатрат на проведение процесса кристаллизации при разделительном вымораживании интерес представляет сравнение способов механического воздействия активаторов различного типа на вымораживаемый раствор.

Методология. В качестве объекта исследований выступала экспериментальная установка для двойного криоконцентрирования. В данной установке происходит процесс концентрирования сыворожки, состоящий из двух последовательных этапов. Сырьем являлась сыворожка, которая была получена при производстве творога с различных предприятий Кемеровской области - Кузбасса. При производстве творога на всех трех предприятиях использовался кислотный способ. Пробы были отобраны в июне 2023 года. Определение физико-химических показателей образцов сыворожки проводилось в лаборатории реологии КемГУ, г. Кемерово, РФ.

Результаты. Применение мешалки в криоконцентраторе позволило существенно интенсифицировать процесс за счет повышения движущей силы процесса, а именно, разности концентраций в приграничной зоне. Анализ экспериментальных исследований показал, что наряду с увеличением скорости протекания процесса криоконцентрирования наблюдается и повышение эффективности процесса ввиду увеличения выхода целевых компонентов по сравнению с криоконцентраторами без перемешивающих устройств. Еще одним преимуществом данной исследуемой конструкции является повышение качества готовой продукции, а именно увеличение концентрации сухих веществ в концентрате, что может снизить энергозатраты на дальнейших стадиях производства. Это стало возможным за счет обновления продукта в пограничной зоне, следовательно, не наблюдался унос целевых компонентов вместе со льдом.

Заключение Результаты исследования позволили установить удельные энергозатраты на проведение процесса криоконцентрирования, а также была доказана целесообразность применения перемешивающих устройств в емкостных аппаратах данного типа.

Ключевые слова: удельные энергозатраты, криоконцентрирование, молочная сыворожка, кристаллизат, концентрат, сухие вещества

Для цитирования: Плотников И. Б., Короткий И. А., Плотников К. Б., Осинцев А. М. Определение энергетических характеристик процессов криоконцентрирования творожной сыворожки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.164-171 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.41.90.021>



DETERMINATION OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF PROCESSES CRYOCONCENTRATION OF CURD WHEY

Igor B. Plotnikov¹ ✉, Igor A. Korotkiy², Konstantin B. Plotnikov³, Aleksey M. Osincev⁴

^{1,2,3,4} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ plotnikov-ib@mail.ru

² krot69@mail.ru

³ k.b.plotnikov.rf@gmail.com

⁴ olex1@mail.ru

Abstract.

Problem and purpose. Technologies of deep processing of raw materials and reduction of specific energy consumption for the production of finished products have significant potential to increase competitiveness in the production of high-protein dairy products (cottage cheese, cheese) at small enterprises of the agro-industrial complex. In recent years, there has been an increase in the use of cryoconcentration processes in food processing technologies. This is due to the advantages of this process compared to evaporation under vacuum. However, cryoconcentration processes require a different hardware filling and are currently insufficiently studied. In particular, from the point of view of estimating the specific energy consumption for carrying out the crystallization process during separation freezing, it is of interest to compare the methods of mechanical action on the frozen solution of activators of various types.

Methodology. An experimental installation for double cryoconcentration was used as an object of research. In this unit, the serum concentration process takes place, consisting of two consecutive stages. The raw material was whey, which was obtained during the production of cottage cheese from various enterprises of the Kemerovo region - Kuzbass. The acidic method was used in the production of cottage cheese at all three enterprises. The samples were taken in June 2023. The determination of the physico-chemical parameters of serum samples was carried out in the Laboratory of Rheology of KemSU, Kemerovo, Russia.

Results. The use of an agitator in a cryoconcentrator made it possible to significantly intensify the process by increasing the driving force of the process, namely the concentration difference in the border zone. An analysis of experimental studies has shown that along with an increase in the rate of the cryoconcentration process, there is also an increase in the efficiency of the process due to an increase in the yield of target components compared with cryoconcentrators without mixing devices. Another advantage of this design under study is to improve the quality of finished products, namely, an increase in the concentration of solids in the concentrate, which can reduce energy consumption at further stages of production. This was made possible by updating the product in the border zone, therefore, the removal of the target components along with the ice was not observed.

Conclusion. The results of the study made it possible to establish the specific energy consumption for the cryoconcentration process, and the expediency of using mixing devices in capacitive devices of this type was also proved.

Key words: specific energy consumption, cryoconcentration, whey, crystallize, concentrate, dry substances

For citation: Plotnikov I.B., Korotkiy I.A., Plotnikov K.B., Osincev A.M. Determination of the energy characteristics of processes cryoconcentration of curd whey // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P.164-171 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.41.90.021>

Введение

В условиях высокой конкуренции при производстве молочной продукции на предприятиях агропромышленного комплекса все острее встает вопрос о повышении энергетической эффективности и ресурсосбережения при реализации технологических процессов [1]. Это связано как с рациональным производством, имеющим своей целью снижение удельных затрат на выпуск единицы продукции, так и со снижением антропогенного воздействия на окружающую среду [2]. Производство молочной продукции характеризуется наличием относительно высокой доли вторичных продуктов, к которым можно отнести молочную сыворожку, пахту и т.д. Однако данное сырье содержит большое количество биологически ценных

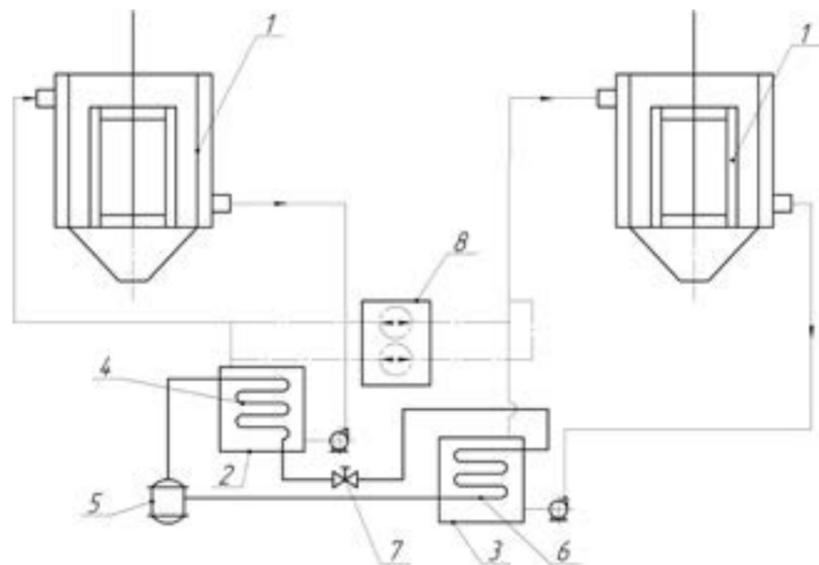
компонентов [3]. Для выделения целевых компонентов из побочных продуктов можно использовать различные методы. Одним из таких методов является выпаривание при пониженном давлении [4]. Данная технология является весьма эффективной, но имеет свои недостатки, в частности, она мало применима при малотоннажном производстве, поскольку требует больших капитальных затрат [5]. Еще одним недостатком является необходимость поддержания вакуума. В последние годы все большее внимание уделяется более перспективному методу удаления влаги из смеси, такому как криоконцентрирование [6]. Данный способ существенно повышает качество конечного продукта, поскольку процесс протекает при пониженных температурах, что положительно сказыва-



ется на термолабильных компонентах, и, как следствие, повышении качества готового продукта [7].

Технология криоконцентрирования может быть внедрена как на крупных предприятиях, так и на мелких и средних [8]. Поскольку по данным [9] отечественная промышленность теряет ежегодно от 6 до 8 миллиардов рублей из-за потери целевых компонентов ввиду отсутствия глубокой переработки вторичных ресурсов, данный вопрос является актуальным.

Метод криоконцентрирования заключается в кристаллизации воды, которая содержится в продукте с последующим ее удалением. Это позволяет повышать концентрацию сухих веществ в продукте вплоть до значения 30-40 % в зависимости от физико-механических свойств исходного сырья [10]. Скорость биохимических процессов, протекающих в продукте, снижается за счет низких температур их протекания, это также оказывает положительное воздействие на свойство конечного продукта [11]. Согласно результатам исследований [12] применение криоконцентрирования также снижает возможность образования патогенной микрофлоры за счет того, что удаление жидкой фазы позволяет увеличить концентрацию сухих веществ, а это, в конечном счете, увеличивает продолжительность хранения готового продукта.



1 – емкость с рубашкой; 2 – теплообменник для хладагента; 3 – теплообменник для теплоносителя; 4 – испаритель; 5 – компрессор; 6 – конденсатор; 7 – дроссельное устройство; 8 – устройство переключения потоков

Рис. 1 – Установка для двойного криоконцентрирования

1 – container with a jacket; 2 – heat exchanger for refrigerant; 3 – heat exchanger for coolant; 4 – evaporator; 5 – compressor; 6 – capacitor; 7 – throttle device; 8 – flow switching device

Fig. 1 - Installation for double cryoconcentration

Технология двойного криоконцентрирования представлена на рис. 2. В качестве исходного сырья выступала сыворотка, которая была получена при производстве творога. В таблицах 1 и 2 приведены основные характеристики сыворотки с

Однако данная технология недостаточно изучена с точки зрения удельных энергозатрат при использовании перемешивающих устройств с целью интенсификации процесса в условиях увеличения движущей силы процесса, а именно разности концентраций в пограничной зоне. Так, использование перемешивающего устройства приведет к увеличению энергетических затрат, что может снизить экономическую эффективность от увеличения выхода целевых компонентов [13].

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований выступала экспериментальная установка для двойного криоконцентрирования (рис. 1). В данной установке происходит процесс концентрирования сыворотки, состоящий из двух последовательных этапов. Первый этап заключается в концентрировании исходного сырья. В результате на выходе получают две фракции – концентрат и кристаллизат. Вторая стадия заключается в криоконцентрировании полученных двух продуктов отдельно, по окончании процессов на выходе мы уже имеем четыре продукта: это концентрат концентрата и кристаллизат концентрата для первой фракции, и концентрат кристаллизата и кристаллизат концентрата для второй [14].

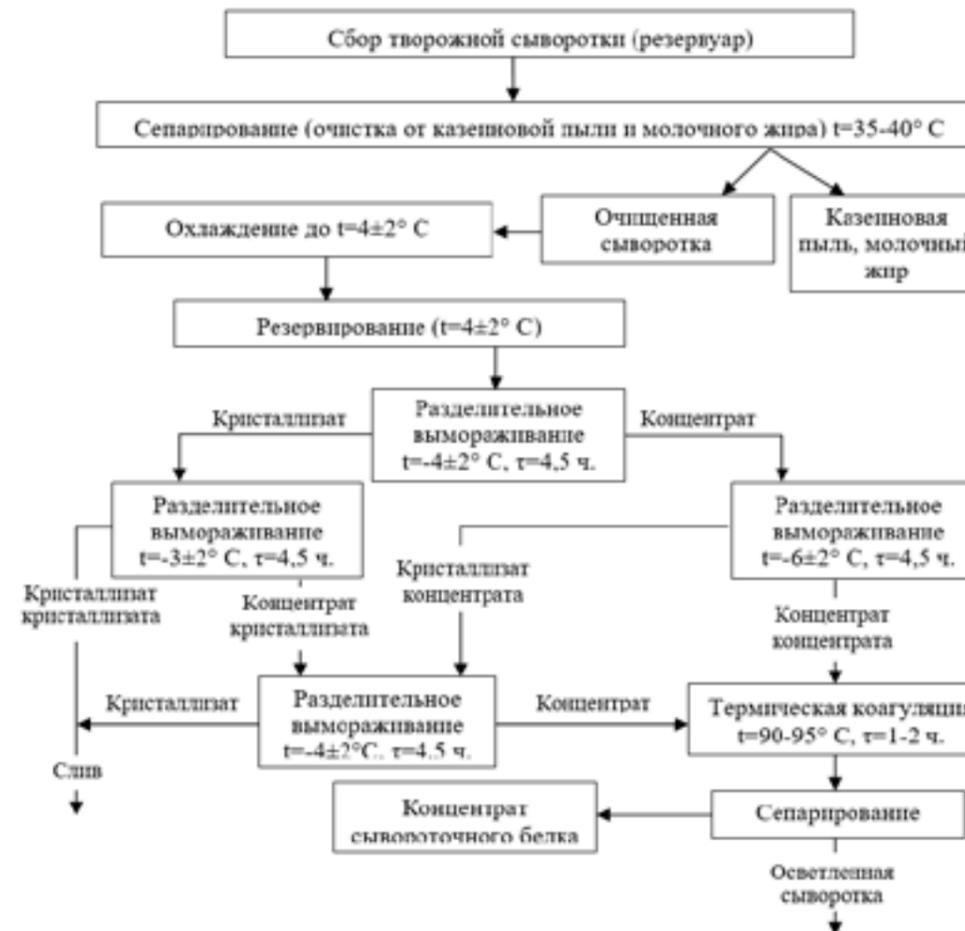


Рис. 2 – Технология двойного криоконцентрирования
Fig. 2 – Double cryoconcentration technology

Таблица 1 – Химический состав образцов сыворотки для криоконцентрирования

Производитель	ООО «Скоморошка»	СХППК «Подворье»	ООО «Натуральное молоко»
Содержание компонента, %			
Вода	94,6	94,3	96,0
Сухие вещества, в том числе:	5,4	5,7	4,0
белки	0,6	0,7	0,5
жиры	0,1	0,1	0,1
углеводы	4,1	4,2	2,5
минеральные вещества	0,6	0,7	0,9

Таблица 2 – Физико-химические показатели образцов сыворотки для криоконцентрирования

Производитель	СХППК «Подворье»	ООО «Скоморошка»	ООО «Натуральное молоко»
Кислотность:			
активная, рН	4,5	4,6	4,6
титруемая, °Т	87	73	63
Плотность, кг/м³	1026	1027	1026
Динамическая вязкость, Па·с	1,25×10 ⁻³	1,17×10 ⁻³	1,24×10 ⁻³
Кинематическая вязкость×10 ⁶ , м²/с	1,24	1,22	1,22

Все показатели, а также методы приемки, отбора проб и их контроля проводились согласно ГОСТ 34352-2017 и ГОСТ 33957-2016



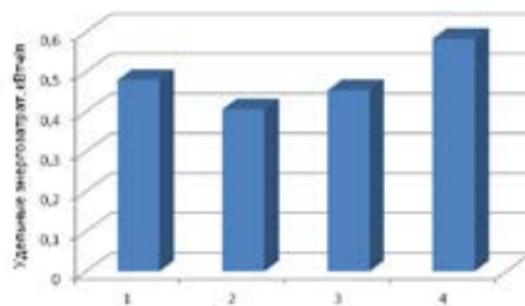
Определение мгновенной мощности на электродвигателе привода мешалки осуществлялось с помощью Ваттметра Д5004, а регулировка частоты вращения мешалки – с помощью ЛАТРа. Для определения затраченной энергии на работу холодильной установки использовался однофазный счетчик электроэнергии с классом точности 0,5S. В качестве удельных энергозатрат для определения эффективности процесса и сравнительного анализа с установкой без перемешивающего устройства использовалось отношение затраченной энергии к одному литру полученного концентрата.

На первом этапе проводились исследования в установках емкостного криоконцентрирования без перемешивающих устройств, а на втором этапе включали мешалки рамной типа. Эксперимент проводился в трех повторностях с целью снижения погрешности результатов; значения, сильно отличающиеся от остальных, подвергались перепроверке при повторном проведении исследования.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований была установлена зависимость удельных энергозатрат от частоты вращения мешалки. По анализу полученных данных можно судить о том, что удельные энергозатраты на проведения процесса криоконцентрирования имеют наименьшее значение при минимальной частоте вращения мешалки. Это объясняется тем, что повышение частоты вращения не приводит к увеличению скорости протекания процесса, поскольку время намерзания льда на стенках не настолько велико, чтобы была необходимость такого частого обновления продукта в

зоне повышения его концентрации у границы фаз.



1 – n=0 мин⁻¹; 2 – n=1 мин⁻¹; 3 – n=3 мин⁻¹; 4 – n=5 мин⁻¹

Рис. 3 – Зависимость удельных энергозатрат на получение готовой продукции от частоты вращения рамной мешалки

1 – n=0 мин⁻¹; 2 – n=1 мин⁻¹; 3 – n=3 мин⁻¹; 4 – n=5 мин⁻¹

Fig. 3 – Dependence of specific energy consumption for obtaining finished products on the rotation speed of the frame mixer

Отсутствие перемешивания ведет к повышению удельных энергозатрат; это можно объяснить тем, что при этом способе не происходит обновления поверхности контакта фаз и движущая сила процесса минимальна, следовательно, для получения концентрата с той же концентрацией целевых компонентов требуется большая продолжительность процесса. Это ведет к увеличению удельных энергозатрат.

В таблице 3 представлены физико-химические показатели всех фракций, получаемых в процессе двойного криоконцентрирования.

Таблица 3 – Физико-химические показатели фракций

Наименование компонента/показателя	Содержание компонента, %/Значение показателя					
	1	2	3	4	5	6
	конц. 1 ступени	крист. 1 ступени	конц. конц. (2 ступень)	крист. конц. (2 ступень)	конц. крист. (2 ступень)	крист. крист. (2 ступень)
Вода	92,44	96,5	88,29	95,03	95,53	98
Сухие вещества, в том числе:	8,6	3,3	14	4,6	4,5	1
Белки	0,9	0,19	2,2	0,17	0,28	0
Углеводы	5,25	1,22	8,75	3,83	3,1	0,62
Кислотность:						
- активная, ед. рН	4,59	4,56	4,49	4,54	4,55	4,58
- титруемая, °Т	101	35	153	60	56	32
Плотность, кг/м ³	1041	1016	1057	1025	1025	1012

Примечание: 1 и 3 образцы – цвет интенсивный желтый, присутствует видимый осадок хлопьев белка

4 и 5 образцы – цвет желтый, консистенция однородная

2 и 6 образцы – цвет светло-желтый, консистенция однородная

В процессе двойного криоконцентрирования кроме растворенного белка, который извлекался в дальнейшем путем термокоагуляции, часть белковой фракции выпадала в виде осадка. При этом данный осадок наблюдался в следующих

фракциях: концентрат (1-я ступень) и концентрат концентрата (2-я ступень). Осадок удалялся путем центрифугирования.

В таблице 4 приведены массы получаемого КСБ из различных фракций.



Таблица 4 – Массы получаемого КСБ из различных фракций

Наименование фракции	Объем фракции, мл	Процентное содержание белка	Масса белка, полученного в результате термокоагуляции, г	Масса белка полученного центрифугированием, г
Концентрат	1000	0,29	18,3	6,1
Кристаллизат	2000	0,11	13,9	-
Концентрат концентрата	330	0,95	20	11,4
Кристаллизат концентрата	670	0,1	4,2	-
Концентрат кристаллизата	670	0,07	3	-
Кристаллизат кристаллизата	1330	0	-	-

Примечание:

1. Объем фракций приведен усредненный по результатам серии экспериментов.
2. Масса белка, получаемого при термокоагуляции и центрифугировании приведена с учетом влажности в 65-75 %.
3. Центрифугированию подвергались только фракции, содержащие видимый осадок.
4. Термокоагуляции подвергались фракции после предварительного центрифугирования.
5. Масса белка, полученного центрифугированием из концентрат концентрата, приведена с учетом отсутствия центрифугирования на первой стадии криоконцентрирования

В результате двойного криоконцентрирования полученные фракции идут на следующую стадию обработки:

- 1) концентрат концентрата на термокоагуляцию;
- 2) кристаллизат кристаллизата на слив;

3) кристаллизат концентрата и концентрат кристаллизата на повторное криоконцентрирование.

Результаты повторного криоконцентрирования кристаллизат концентрата и концентрат кристаллизата представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты повторного криоконцентрирования кристаллизат концентрата и концентрат кристаллизата

Наименование фракции	Объем фракции, мл	Процентное содержание белка	Масса белка, полученного в результате термокоагуляции, г
Концентрат	440	0,46	6,7
Кристаллизат	900	-	-

Заключение

Исследование удельных энергозатрат в процессе криоконцентрирования показало, что применение перемешивающего устройства экономически обосновано, поскольку, во-первых, снижаются удельные затраты энергии на выпуск единицы продукции, а во-вторых, существенно повышается качество готового продукта, поскольку снижается унос целевых компонентов вместе с кристаллизатом. Повышение частоты вращения мешалки не оказывает существенного влияния на качество готового продукта, поскольку частота вращения лимитируется явлением образования шуги, следовательно, течение должно быть ламинарным; в этой связи увеличение частоты вращения приводит исключительно к повышению удельных затрат энергии, что экономически не целесообразно. Данная технология весьма эффективна и в перспективе может занять лидирующую позицию в процессе концентрирования различных продуктов.

Список источников

1. Khramtsov, A. New technological paradigm of the Russian dairy industry: formation principles under globalisation / A. Khramtsov // Foods and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7, No. 2. – P. 291-300. – DOI 10.21603/2308-4057-2019-2-291-300.
2. Короткий, И. А. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 227-234. – DOI 10.21603/2074-9414-2019-2-227-234.
3. Regularities of the transition of substances from permeate to molasses in the process of lactose recovery / A. G. Khramcov, A. D. Lodygin, G. S. Anisimov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32082. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032082.



4. Оптимизация технологии вакуумной сушки сельскохозяйственного сырья растительного происхождения / Л. В. Лифенцева, А. Н. Расщепкин, Е. Н. Неверов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(208). – С. 82-89. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-208-2-82-89.
5. Кручинин, А. Г. Влияние способов концентрирования на технологические свойства сухого молока / А. Г. Кручинин, Е. Е. Илларионова, А. В. Бигаева, С. Н. Туровская // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2(167). – С. 135-142. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-135-142.
6. Korotkiy, I. Prospects for using the method of separation freezing for whey processing / I. Korotkiy, E. Korotkay, E. Neverov // IOP conference series: earth and environmental science : The conference proceedings, Barnaul, 19–20 апреля 2019 года. Vol. 395. – IOP Publishing: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012070. – DOI 10.1088/1755-1315/395/1/012070.
7. Balde, A., Aider, M. (2019). Impact of sterilization and storage on the properties of concentrated skim milk by cryoconcentration in comparison with vacuum evaporation and reverse osmosis concentration. *Journal of Food Process Engineering*, 42 (5), e13130. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13130>.
8. Овсянников, В. Ю. Криоконцентрирование творожной сыворотки / В. Ю. Овсянников, Ю. С. Краминова, С. Л. Панченко // Молочная промышленность. – 2017. – № 1. – С. 61-63. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28357717>
9. Короткий, И. А. Разделительное вымораживание молочной сыворотки / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева // Молочная про-

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Khramtsov, A. *New technological paradigm of the Russian dairy industry: formation principles under globalisation* / A. Khramtsov // *Foods and Raw Materials*. – 2019. – Vol. 7, No. 2. – P. 291-300. – DOI 10.21603/2308-4057-2019-2-291-300.
2. Korotkiy, I. A. *Sovremennye tendencii v pererabotke molochnoj syvorotki* / I. A. Korotkiy, I. B. Plotnikov, I. A. Mazeeva // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*. – 2019. – T. 49, № 2. – S. 227-234. – DOI 10.21603/2074-9414-2019-2-227-234.
3. *Regularities of the transition of substances from permeate to molasses in the process of lactose recovery* / A. G. Khramcov, A. D. Lodygin, G. S. Anisimov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18–20 noyabrya 2020 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall*. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32082. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032082.
4. *Optimizaciya tekhnologii vakuumnoj sushki sel'skohozyajstvennogo syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* / L. V. Lifenceva, A. N. Rasshchepkin, E. N. Neverov [i dr.] // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – № 2(208). – S. 82-89. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-208-2-82-89.
5. *Kruchinin, A. G. Vliyanie sposobov koncentrirovaniya na tekhnologicheskie svojstva suhogo moloka* / A. G. Kruchinin, E. E. Illarionova, A. V. Bigaeva, S. N. Turovskaya // *Vestnik KrasGAU*. – 2021. – № 2(167). – S. 135-142. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-135-142.
6. *Korotkiy, I. Prospects for using the method of separation freezing for whey processing* / I. Korotkiy, E. Korotkay, E. Neverov // *IOP conference series: earth and environmental science : The conference proceedings, Barnaul, 19–20 aprelya 2019 goda*. Vol. 395. – IOP Publishing: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012070. – DOI 10.1088/1755-1315/395/1/012070.
7. *Balde, A., Aider, M. (2019). Impact of sterilization and storage on the properties of concentrated skim milk by cryoconcentration in comparison with vacuum evaporation and reverse osmosis concentration. Journal of Food Process Engineering*, 42 (5), e13130. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13130>.



8. *Ovsyannikov, V. YU. Kriokoncentrirovaniye tvorozhnoj syvorotki* / V. YU. Ovsyannikov, YU. S. Kraminova, S. L. Panchenko // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2017. – № 1. – S. 61-63. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28357717>
9. *Korotkiy, I. A. Razdelitel'noe vymorazhivaniye molochnoj syvorotki* / I. A. Korotkiy, I. B. Plotnikov, I. A. Mazeeva // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2019. – № 11. – S. 33-34. – DOI 10.31515/1019-8946-2019-11-33-34.
10. *Ostroumov, L. A. Vliyanie kriokoncentrirovaniya na sodержание suhих veshchestv obezhirenogo moloka* / L. A. Ostroumov, E. V. Korotkaya, O. M. Mal'ceva // *Molochnaya promyshlennost'*. – 2018. – № 8. – S. 60-61. – DOI 10.31515/1019-8946-2018-8-60-61.
11. *Korotkaya, E. V. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus* / E. V. Korotkaya, I. A. Korotkiy // *Foods and Raw Materials*. – 2013. – Vol. 1, No. 2. – P. 9-14. – DOI 10.12737/2046.
12. *Innovative Solutions in Processing of Milk Whey on the Base of Ecological and Economic Principles* / I. V. Buyanova, S. M. Lupinskaya, I. A. Smirnova, I. A. Maseeva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : Current Problems and Solutions, Yurga, 22–24 noyabrya 2018 goda*. Vol. 224, №1. – Yurga: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012007. – DOI 10.1088/1755-1315/224/1/012007.
13. *Korotkiy, I. A. Effektivnost' proizvodstva iskusstvennogo holoda v razdelitel'nyh vymorazhivayushchih ustanovkah* / I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya, M. G. Kurbanova // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*. – 2016. – № 4(43). – S. 116-122. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27529605>
14. *Razrabotka nizkotemperaturnoj tekhnologii izvlecheniya belka iz tvorozhnoj syvorotki* / I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya, E. N. Neverov [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. – 2020. – № 2(155). – S. 148-154. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-2-148-154.

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

Плотников Игорь Борисович, канд. техн. наук, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, plotnikov-ib@mail.ru

Короткий Игорь Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры теплохладотехники, Кемеровский государственный университет, krot69@mail.ru

Плотников Константин Борисович, д-р техн. наук, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, Кемеровский государственный университет, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

Осинцев Алексей Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры теплохладотехники, Кемеровский государственный университет, olex1@mail.ru

Author information

Plotnikov Igor B., Candidate of Technical Sciences, Docent Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, plotnikov-ib@mail.ru

Korotkiy Igor A., Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Heat and Cooling Engineering, krot69@mail.ru

Plotnikov Konstantin B., Doctor of Technical Sciences, Docent Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, k.b.plotnikov.rf@gmail.com

Osincev Aleksej M., Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Heat and Cooling Engineering, olex1@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.03.2024; одобрена после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 03.03.2024; approved after reviewing 22.04.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Научная статья
УДК 631.363.25
DOI: 10.36508/RSATU.2024.84.32.022**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫПУСКНОЙ ГОЛОВКИ ЭКСТРУДЕРА С КОНФУЗОРОМ И ПРЯМОТОЧНОЙ ГОЛОВКИ****Александр Сергеевич Пчёлкин¹**, **Александр Владимирович Шемякин²**, **Сергей Николаевич Борячев³**, **Юрий Хасанович Шогенов⁴**, **Георгий Константинович Рембалович⁵**^{1,2,3,5} ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия⁴ ФГБУ «Российская академия наук» (РАН) Москва, Россия¹ sasha.pchelka62@gmail.com² avtodor-dec@yandex.ru⁴ yh1961s@yandex.ru⁵ rgk.rgatu@yandex.ru**Аннотация**

Проблема и цель. Экструдирование зерна кукурузы является важным процессом в производстве кормов для животных и пищевых продуктов для людей. В процессе экструдирования зерна кукурузы происходит высокотемпературная обработка, которая позволяет улучшить пищевую ценность продукта, увеличить его срок хранения и улучшить его вкусовые качества. Основные параметры и конструкции выпускной головки напрямую влияют на качество и свойства выходящей продукции. С изменением строения выпускающей головки экструдера изменяются режимы работы агрегата. Цель исследований – определение оптимальных параметров выпускающей головки экструдера на основе сравнительного анализа производительности прямооточной выпускающей головки и головки с конфузуром.

Методология. Для анализа выпускающих головок в экструдере при экструдировании зерна кукурузы используются различные математические модели и методы измерения, которые позволяют оптимизировать процесс экструзии и получать продукты с желаемыми свойствами.

Результаты. Проведенные теоретические исследования позволили определить, что оптимизация процесса экструзии зерна кукурузы позволяет получить продукт с желаемыми свойствами, такими как высокая питательность, хорошие вкусовые и текстурные качества, долгий срок хранения и устойчивость к различным воздействиям.

Заключение. Таким образом, подбор выпускающей головки в экструдере при экструдировании зерна кукурузы является важным фактором, влияющим на качество и свойства продукта. Подбор выпускающей головки может значительно улучшить характеристики продукта и снизить затраты на производство. Оптимизация процесса экструзии зерна кукурузы позволяет получить продукт с желаемыми свойствами, такими как высокая питательность, хорошие вкусовые и текстурные качества, долгий срок хранения и устойчивость к различным воздействиям.

Ключевые слова: кукуруза, экструдер, тепловые процессы, зерно кукурузы, оптимизация

Для цитирования: Пчёлкин А.С., Шемякин А.В., Борячев С.Н., Шогенов Ю.Х., Рембалович Г.К. Сравнительный анализ выпускной головки экструдера с конфузуром и прямооточной головки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.172-177 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.84.32.022>

Original article

THEORETICAL STUDY OF THERMAL PROCESSES IN THE EXTRUSION OF CORN GRAIN**Alexander S. Pchelkin¹**, **Alexander V. Shemyakin²**, **Sergey N. Borychev³**, **Yuri H. Shogenov⁴**, **Georgiy K. Rembalovich⁵**^{1,2,3,5} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia⁴ Federal State Budgetary Institution "Russian Academy of Sciences" (RAS) Moscow, Russia

© Пчёлкин А.С., Шемякин А.В., Борячев С.Н., Шогенов Ю.Х., Рембалович Г.К., 2024 г.

¹ sasha.pchelka62@gmail.com² avtodor-dec@yandex.ru⁴ yh1961s@yandex.ru⁵ rgk.rgatu@yandex.ru**Annotation**

Problem and purpose. Corn grain extrusion is an important process in the production of animal feed and human food. In the process of extruding corn grain, high-temperature processing occurs, which improves the nutritional value of the product, increases its shelf life and improves its taste.

The main parameters and designs of the outlet head directly affect the quality and properties of the output product. Changes in the structure of the extruder output head change the operating modes of the unit.

The purpose of the research is to determine the optimal parameters of the extruder release head based on a comparative analysis of the performance of a direct-flow release head and a head with a confuser.

Methodology. Various mathematical models and measurement methods are used to analyze the extruder heads in the extrusion of corn kernels, which allow optimizing the extrusion process and obtaining products with the desired properties.

Results. Theoretical studies conducted have made it possible to determine that optimization of the corn grain extrusion process makes it possible to obtain a product with the desired properties, such as high nutritional value, good taste and texture, long shelf life and resistance to various influences.

Conclusion. Thus, the selection of the release head in the extruder when extruding corn grains is an important factor affecting the quality and properties of the product. Selecting the release head can significantly improve product performance and reduce production costs. Optimizing the corn grain extrusion process allows you to obtain a product with the desired properties, such as high nutritional value, good taste and texture, long shelf life and resistance to various influences.

Key words: corn, extruder, thermal processes, corn grain, optimization

For citation: Pchelkin A.S., Shemyakin A.V., Borychev S.N., Shogenov Yu.K., Rembalovich G.K. Theoretical study of thermal processes in the extrusion of corn grain // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P.172-177 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.84.32.022>

Введение

В настоящее время в агропромышленном комплексе большую роль играет техническое оснащение, которое должно эффективно помогать в введении хозяйств. Так, для обработки зерна кукурузы и других агрокультур используют новые виды кормоперерабатывающих и кормозаготавливающих агрегатов. Одним из таких агрегатов является экструдер.

Использование экструдера позволяет перерабатывать зерновые культуры, такие как: пшеница, ячмень, кукуруза, гречиха, рожь и другие. Различные сочетания зерновых культур позволяют добиться определенной пищевой ценности готового продукта. Экструдирование зерна кукурузы повышает усвояемость зерна до 60 %, что позволяет эффективно использовать кормовые ресурсы.

Процесс экструдирования зерна кукурузы включает в себя целый комплекс обработки зерна. Тепловая обработка, которая снижает уровень опасных и токсичных веществ, после которой улучшаются питательные качества корма. Под воздействием высокой температуры стерилизуется готовый продукт. Зерно под механическим воздействием измельчается до однородной, пластичной массы. На последнем этапе обработки происходит денатурация сырья.

Экструдированное зерно кукурузы является высокопротеиновым энергетическим продуктом для скота. Оно также имеет высокое содержание обменной энергии на 1 кг – 14,5 МДж, сырого протеина – 78 г, перевариваемого протеина – 69 г, растворимых углеводов – более 300 г, лизина – 2,3 г,

метионина – 1,3 г, кальция – 0,42 г, фосфора – 2,5 г.

Для лучшей работы экструдера необходимо тщательно подбирать размерные параметры, комплектующие детали. Для определенных целей подбираются определенные виды экструдеров. Так, для бытового уровня подойдут одношнековые экструдеры мощностью до 500 Вт. Для массовой переработки зерна используют одношнековые или двухшнековые экструдеры мощностью от 500 Вт.

Важную роль в получении качественного продукта играет выпускающая экструзионная головка. От ее вида зависит фракция продукта, скорость обработки зерна.

Цель исследований – определение оптимальных параметров выпускающей головки экструдера на основе сравнительного анализа производительности прямооточной выпускающей головки и головки с конфузуром.

Материалы и методы исследования

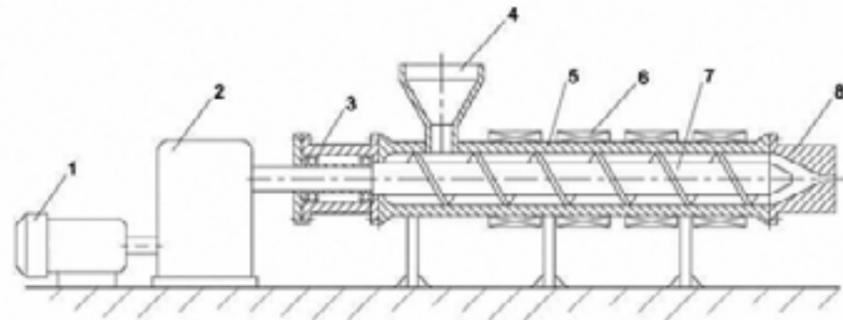
Экструдер для обработки зерна кукурузы состоит из нескольких основных частей: электродвигатель, редуктор, подшипниковый узел, загрузочное устройство, корпус, нагревательный элемент, шнек, экструзионная головка (рис.1). В классическом исполнении экструдер имеет прямооточную выпускную головку, которая обеспечивает оптимальный выход стренга [1].

Экструдер работает следующим образом: электродвигатель 1 через вал передает крутящий момент на редуктор 2. Редуктор приводит в движение шнек 7, закрепленный с помощью подшипникового узла 3. Через загрузочное устройство 4 подается сырье – смесь зерновых культур, в за-



висимости от получаемого продукта. После прохождения пластичной массы через рабочую зону экструдера и механической обработки шнеком материал попадает в экструзионную выпускную головку 8. Подшипниковый узел и шнек установле-

ны внутри корпуса экструдера 5. За счет вращения и трения шнека, сырья и корпуса, сырье нагревается, измельчается и формируется в пластичную массу. На выходе после выпускающей головки получается стренг



1 – электродвигатель, 2 – редуктор, 3 – подшипниковый узел, 4 – загрузочное устройство, 5 – корпус, 6 – нагревательный элемент, 7 – шнек, 8 – экструзионная выпускная головка

Рис. 1 – Одношнековый экструдер
Fig. 1 – Single screw extruder

1 – Electric motor, 2 – Gearbox, 3 – Bearing assembly, 4 – Loading device, 5 – Housing, 6 – Heating element, 7 – Screw, 8 – Extrusion outlet head

Назначение экструзионной головки – формирование пластичной массы, поступающей из рабочей зоны экструдера, в соответствии с поперечным сечением головки. Также основной функцией является придание конечной формы готовому продукту. В экструзионную головку попадает пластичная масса под давлением. На выходе из экструзионной головки пластичная масса из-за понижения давления, под действием внутреннего давления, вызванного водяным паром, моментально расширяется. Из пластичной массы получается стренг.

Результаты исследований и их обсуждение

Выпускная головка делится на несколько зон (рис.2). Переходная зона от цилиндра экструдера к головке, а также зона входа пластичного материала; в них создается наибольшее давление, которое способствует продавливанию материала. В зоне подводящих каналов подготавливается и формируется смесь для следующей зоны [4,5]. Формующая зона придает форму изделию. Так как в сельском хозяйстве принято использовать круглые формующие зоны, то изменения зоны сопровождается только изменением радиуса выходящего отверстия (рис.2).

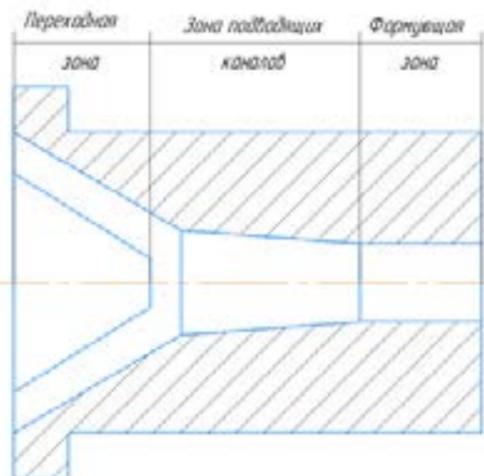


Рис. 2 – Зоны головки экструдера
Fig. 2 – Zones of the extruder head

Основным показателем работы экструзионной головки является ее производительность, которая рассчитывается по формуле:

$$Q = K \frac{p}{\eta} \quad (1)$$

где Q – производительность головки, K – коэффициент геометрической формы канала, p – давление, η – вязкость материала. Производительность экструзионной голов-



ки позволяет теоретически показать, сколько за определенный промежуток времени переработается сырье.

Для прямооточной экструзионной головки коэффициент геометрической формы канала K₁ рассчитывается по формуле:

$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} \quad (2)$$

где d – диаметр канала, L – длина канала.

Таким образом, общая формула производительности прямооточной головки имеет вид:

$$Q = \frac{\rho \pi d^4}{128 \eta L} \quad (3)$$

Так как основной изменяемой величиной является давление, то график производительности головки (рис.3) примет линейную зависимость [2,3].

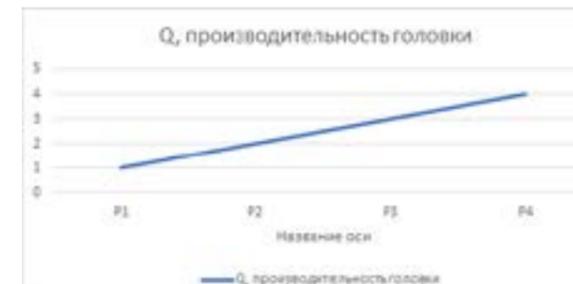


Рис. 3 – Зависимость производительности прямооточной головки от давления
Fig. 3 – Dependence of the ramjet head performance on pressure

Экструзионная головка с конфузуром имеет более сложную конструкцию. Материал после рабочей зоны попадает в область диффузора, где увеличивается давление, температура материала и уменьшается скорость потока материала. Далее идет зона конфузора, где сохраняются повышенное давление и температура. После конфузора идет увеличение диаметра канала, сопло. На этом участке стремительно падает давление и температура пластичного материала (рис.4).

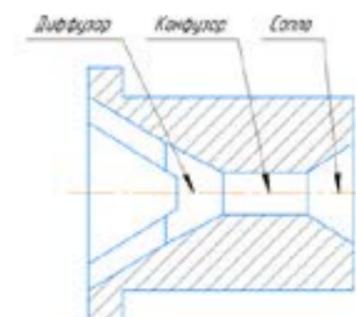


Рис. 4 – Экструзионная головка с конфузуром
Fig. 4 – Extrusion head with confuser
Экструзионная головка с конфузуром создает большее давление пластичного материала, в отличие от прямооточной, что позволяет использо-

вать более экономичные режимы работы экструдера. Конфузор позволяет уменьшить количество оборотов шнека при сохранении рабочей температуры и давления в рабочей зоне экструдера [6]. При одинаковых режимах работы экструдера конфузур увеличивает производительность агрегата. Также увеличивается скорость обработки сырья, что, в свою очередь сокращает время на получение продукции.

Расчет производительности головки с конфузуром похож на расчет прямооточной головки. Отличие только в коэффициенте геометрической формы канала, который высчитывается по формуле:

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}} \quad (4)$$

где K_i – коэффициент геометрической формы участка.

Экструзионная головка с конфузуром имеет три участка: конический канал, цилиндрический канал и второй конический канал. Так как конические каналы одинаковы по размерам, то формулы для расчета коэффициента одинаковы [7,9]. Коэффициент геометрической формы конического канала K_k рассчитывается по формуле:

$$K_k = \frac{\pi d_1^2 d_2^2}{128(d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2)L} \quad (5)$$

где d₁ – диаметр головки на входе материала, d₂ – диаметр головки на выходе расплава, L – длина конического канала.

Коэффициент геометрической формы цилиндрического канала K_ц рассчитывается по формуле где d – диаметр цилиндрического канала, L – длина цилиндрического канала.

$$K_{ц} = \frac{\pi d^4}{128L} \quad (6)$$

где d – диаметр цилиндрического канала, L – длина цилиндрического канала.

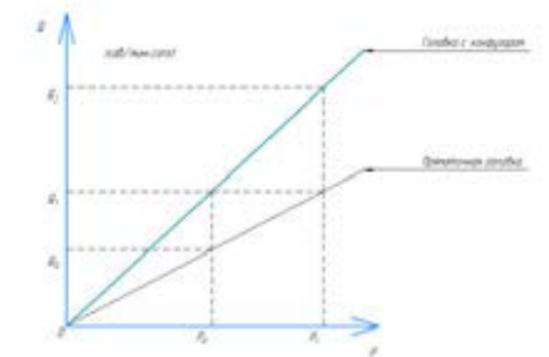


Рис. 5 – Сравнение производительности экструзионных головок
Fig. 5 – Performance comparison of extrusion heads



По графику на рисунке 5 видно, что производительность экструзионной головки с конфуззором выше, чем у прямоточной головки. Минусом головки с конфуззором является сложность изготовления. Экструзионная головка с конфуззором имеет большую производительность по сравнению с прямоточной головкой. Сложная форма головки позволяет увеличивать давление внутри рабочих зон экструдера и быстро его сбрасывать на выходе.

Заключение

Анализ позволил выявить недостатки и достоинства экструзионных головок, а именно:

1. Прямоточная головка проста в изготовлении, но имеет низкую производительность готового продукта.

2. Экструзионная головка с конфуззором дороже в изготовлении, но имеет высокую производительность. При ее использовании экструдер имеет более широкий выбор режимов работы.

Для исследования процессов экструдирования подходит экструзионная головка с конфуззором, так как экструдер имеет широкий выбор режимов работы, что позволяет более детально изучать механизмы и принципы работы экструдирования. Подбор деталей и комплектующих является важным фактором, влияющим на качество и свойства продукта.

Список источников

1. Арет, В.А. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности / В.А. Арет, С.Д. Руднев. – Санкт-Петербург, 2014. – 245 с.
2. Арет, В.А. Физико-механические свойства

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

References

1. Aret, V.A. Reologiya i fiziko-mekhanicheskie svojstva materialov pishchevoj promyshlennosti / V.A. Aret, S.D. Rudnev. – Sankt-Peterburg, 2014. – 245 s.
2. Aret, V.A. Fiziko-mekhanicheskie svojstva syr'ya i gotovoj produkcii. Posobie / V.A. Aret, L.K. Nikolaev, B.L. Nikolaev. – 2009. – 538 s.
3. Belokonov, S.A. Granulirovanie kormovyh smesey zubchatym pressom: dis... kand. tekhn. nauk. Zernograd, 2002. – 153 s.
4. Zaguzov, I.S. Matematicheskoe modelirovanie techenij вязкой жидкости вблизи твердых поверхностей / I.S. Zaguzov, K.A. Polyakov. – Samara: Samarskij universitet, 1999. – 92s.
5. Ostrikov A.N. Ekstruziya v pishchevoj tekhnologii / A.N. Ostrikov, O.V. Abramov, A.S. Rudometkin. – SPb.: GIORD, 2004. – 288 s.
6. Isachenko, V.P. Teploperedacha / V.P. Isachenko, V.A. Osilova, A.S. Sukomel. – M.: Energoizdat, 1981. – 416s.
7. Pahomov V.I. Tekhnologicheskij reglament ekstrudirovaniya smesi zernovyh i zelenyh kormov pri vnutrihozyajstvennom prigotovlenii kombikormov / V.I. Pahomov, S.V. Braginec, A.S. Alferov, O.N. Bahchevnikov, A.I. Ruhlyada, M.V. Chernuckij. – Zernograd: FGBNU «ANC «Donskoj», 2017. – 60 s.
8. Kapustin, A.S. Issledovanie teploobmena pri peremeshivanii vyazkih zhidkостей: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Kapustin A. S. L., 1967. –24 s.
9. Padohin, V.A. Fiziko-mekhanicheskie svojstva syr'ya i pishchevyh produktov: Ucheb. posobie / V.A. Padohin, N.R. Kokina // Ivan. gos. him.-tekhnol. un-t., Institut himii rastvorov RAN. – Ivanovo, 2007. – 128 s.
10. Vasilenko V.N. Tekhnika i tekhnologii ekstrudirovannyh kombikormov / V.N. Vasilenko, A.N. Ostrikov. – Voronezh: VGTA, 2011. – 454 s.

сырья и готовой продукции. Пособие / В.А. Арет, Л.К. Николаев, Б.Л. Николаев. – 2009. – 538 с.

3. Белоконов, С.А. Гранулирование кормовых смесей зубчатым прессом: дис... канд. техн. наук. Зерноград, 2002. – 153 с.

4. Загузов, И.С. Математическое моделирование течений вязкой жидкости вблизи твердых поверхностей / И.С. Загузов, К.А. Поляков. – Самара: Самарский университет, 1999. – 92с.

5. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

6. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осилова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416с.

7. Пахомов В.И. Технологический регламент экструдирования смеси зерновых и зеленых кормов при внутрихозяйственном приготовлении комбикормов / В.И. Пахомов, С.В. Брагинец, А.С. Алферов, О.Н. Бахчевников, А.И. Рухляда, М.В. Чернуцкий. – Зерноград: ФГБНУ «АНЦ «Донской», 2017. – 60 с.

8. Капустин, А.С. Исследование теплообмена при перемешивании вязких жидкостей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Капустин А. С. Л., 1967. –24 с.

9. Падохин, В.А. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов: Учеб. пособие / В.А. Падохин, Н.Р. Кокина // Иван. гос. хим.-технол. ун-т., Институт химии растворов РАН. – Иваново, 2007. – 128 с.

10. Василенко В.Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов / В.Н. Василенко, А.Н. Остриков. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 454 с.



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

Пчелкин Александр Сергеевич, аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, sasha.pchelka62@gmail.com

Шемякин Александр Владимирович, Шемякин Александр Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева

Борычев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

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

Рембалович Георгий Константинович, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, rgk.rgatu@yandex.ru

Author information

Pchelkin Alexander S., Postgraduate student of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, sasha.pchelka62@gmail.com

Shemyakin Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

Borychev Sergey N., First Vice-Rector, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev

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

Rembalovich Georgy K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, rgk.rgatu@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 28.03.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 28.03.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 631.172
DOI:10.36508/RSATU.2024.98.15.023ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**Анастасия Анатольевна Слободскова¹**, **Елена Сергеевна Семина²**, **Надежда Михайловна Латышенко³**, **Ольга Олеговна Максименко⁴**^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия¹nastasia_19882010@mail.ru
²ele25450911@yandex.ru
³t921621@mail.ru
⁴oly25252008@yandex.ru**Аннотация.**

Проблема и цель. Актуальность данной статьи связана с тем, что эффективное функционирование сельских производственных, коммунально-бытовых и административных объектов в агропромышленном комплексе (АПК) тесно связано с надежностью систем энергообеспечения. В свете развития цифровых технологий и роботизации в сельском хозяйстве, а также всеобщей цифровизации, все сельские потребители нуждаются в качественном электроснабжении и доставке электроэнергии. Цель данной статьи заключается в исследовании актуальных вопросов развития электроснабжения АПК.

Методология. В качестве основных методов исследования был использован анализ и синтез. Объектом исследования является электроснабжение. Предметом исследования выступило развитие электроснабжения АПК.

Результаты. Сокращение числа сельского населения и изменение структуры потребителей в сельских районах создают проблемы для электросетевых компаний, обслуживающих сельское электроснабжение, так как они сталкиваются с уменьшением доходов и увеличением расходов на обслуживание сетей. В результате стоимость электроэнергии для сельских потребителей увеличивается. В связи с этим возникает потребность в разработке новых решений для снижения затрат и применения новых методов и средств электроснабжения для сельских потребителей. Подключение микрогенерации, в том числе на базе возобновляемых источников энергии, к сельским электрическим сетям требует проведения исследований для оптимального конфигурирования электрических сетей и разработки режимов работы маломасштабных сетей. Актуальны также вопросы использования передовых энергетических платформ в сельскохозяйственной инфраструктуре.

Заключение. В процессе работы было выявлено, что внедрение новых технологий в АПК требует разработки необходимых нормативных правовых актов.

Ключевые слова: обеспечение энергией сельскохозяйственного сектора, стабильность электроснабжения, развитие электротранспорта и инфраструктуры сельских районов

Для цитирования: Слободскова А.А., Семина Е.С., Латышенко Н.М., Максименко О.О. Вопросы совершенствования электроснабжения в агропромышленном комплексе // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.172-184. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.98.15.023>

Original article

ISSUES OF IMPROVING POWER SUPPLY IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Slobodskova Anastasia A.¹, **Semina Elena S.²**, **Latyshenok Nadezhda M.³**, **Maksimenko Olga O.⁴**^{1,2,3,4} Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ nastasia_19882010@mail.ru
² ele25450911@yandex.ru

© Слободскова А.А., Семина Е.С., Латышенко Н.М., Максименко О.О., 2024 г.

³ t921621@mail.ru
⁴ oly25252008@yandex.ru**Annotation.**

Problem and purpose. The relevance of this article is related to the fact that the effective functioning of rural production, utility and administrative facilities in the agro-industrial complex (AIC) is closely related to the reliability of power supply systems. In light of the development of digital technologies and robotisation in agriculture, as well as universal digitalisation, all rural consumers need quality power supply and delivery. The purpose of this article is to study the topical issues of the development of power supply in the agro-industrial complex.

Methodology. Analysis and synthesis were used as the main research methods. The object of the study is electricity supply. The subject of the study was the development of electricity supply in the agro-industrial complex.

Results. The reduction in the number of rural population and the changing structure of consumers in rural areas create problems for electric grid companies serving rural electricity supply, as they face a decrease in income and an increase in network maintenance costs. As a result, the cost of electricity for rural consumers is increasing. In this regard, there is a need to develop new solutions to reduce costs and apply new methods and means of electricity supply for rural consumers. The connection of microgeneration, including on the basis of renewable energy sources, to rural electric networks requires research for optimal configuration of electric networks and the development of operating modes for small-scale networks. The use of mobile energy platforms in agricultural infrastructure is also relevant.

Conclusion. In the course of work, it was revealed that the introduction of new technologies in the agro-industrial complex requires the development of necessary regulatory legal acts.

Key words: energy supply to the agricultural sector, stability of electricity supply, development of electric transport and rural infrastructure

For citation: Slobodskova A.A., Semina E.S., Latyshenok N.M., Maksimenko O.O. Issues of improving power supply in the Agro-industrial complex // Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024, Vol.16, No.2, P.172-184 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.98.15.023>

Введение

Сельское хозяйство играет важную роль в экономике России, и президент В.В. Путин выделяет его значение в своих посланиях и выступлениях. Он подчеркивает необходимость перехода сельскохозяйственной отрасли на цифровую платформу, чтобы адаптироваться к вызовам 21-го века, связанным с роботизацией и цифровизацией.

В этом контексте энергообеспечение сельского хозяйства стало сталкиваться с новыми вызовами, связанными с внедрением средств роботизации и цифровизации. Электроснабжение является основой эффективного сельского хозяйства, и его научная составляющая играет важную роль в его развитии. Однако сельские потребители и сфера сельского быта также проходят значительные изменения.

Сокращение числа жителей в сельских населенных пунктах приводит к увеличению длины линий электропередачи, обслуживающих малую нагрузку. Сезонные потребители, такие как садовые общества и дачные поселки, могут иметь периоды, когда их потребление электроэнергии практически отсутствует. Это в конечном итоге увеличивает стоимость электроэнергии, так как затраты на обслуживание линий электропередачи неизбежны. Эти расходы учитываются в расценках для компаний посредством кросс-субсидирования, что приводит к увеличению их себестоимости и уменьшению конкурентоспособности.

Следовательно, при цифровизации АПК и применении новых технологий необходимо также уделить внимание обеспечению энергией и разра-

ботать решения, способствующие эффективному обслуживанию сельскохозяйственных потребителей и снижению затрат на электроэнергию.

Материалы и методы исследования

В связи с вышеизложенным множество исследований направлены на решение проблемы сокращения затрат на электроснабжение отдаленных потребителей с низкой нагрузкой. Сущность таких исследований заключается в достижении двух главных целей: обеспечение надежности электропитания и соответствие требованиям к электроэнергии. Это возможно путем применения альтернативных источников энергии и технологических решений, направленных на эффективное использование электрических сетей, таких как внедрение однопроводных технологий передачи электроэнергии с резонансным эффектом и использование линий постоянного тока.

Важным вопросом является также снижение потерь электроэнергии в сетях, которые в некоторых случаях могут достигать 50 % с учетом коммерческих факторов. Поэтому необходимы разработка систем учета электроэнергии и развитие мониторинговых средств для электрических сетей. Существующие исследования уже предпринимаются в данном направлении, однако не все аспекты учета и мониторинга полностью охватываются. Кроме того, для выявления определенных промежутков на линиях электропередач, где выявляются повышенные потери, возникает необходимость в создании портативных мобильных приборов и комплексов, которые смогут выполнить удаленные синхронизированные измерения. В целом,



необходимо продолжать исследования в области учета и мониторинга, так как возросли требования к надежности и качеству электроснабжения, особенно в случаях, когда отключение электропитания может вызвать серьезные проблемы в работе роботизированных ферм и требовать длительного времени на их восстановление и перенастройку.

Выявление несоответствий электрической энергии может привести к сбою в работе современных систем цифровизации, роботизации и автоматизации. Это влечет за собой возрастание ущерба от перерывов в электропитании для домашних потребителей, особенно с учетом растущего числа людей, работающих удаленно, и повышенной электрооборудованности сельских домов. На самом деле, потребление электроэнергии бытовыми пользователями увеличилось в 7-10 раз с 1960-х и 70-х годов до настоящего времени, согласно исследованию [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Сохранение населения и повышение комфорта его проживания в сельских районах непосредственно связано с развитием инфраструктуры, включая электрическую сеть. Это включает в себя гарантию надежного электроснабжения, обеспечение высокого качества электроэнергии и ее доступности. Для достижения этих целей необходимо разработать новые концепции электросетей, которые улучшат надежность питания через резервирование, управление конфигурацией и наблюдаемость сети, а также возможность ее сегментации. Одна из таких концепций описана в исследовании доктора технических наук Виноградова Александра Владимировича «Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации, но требуется дальнейшая проработка и создание соответствующих технических решений для ее внедрения» [2].

Внедрение цифровых и дистанционных средств контроля и управления в технологических процессах сельского хозяйства может сделать их уязвимыми для хакерских атак, что может привести к сбоям и прекращению работы этих процессов. Поэтому необходимы соответствующие меры по защите информации и обеспечению безопасности систем.

Таким образом, развитие электрической инфраструктуры и обеспечение надежности электропитания являются важными задачами для продолжения роста и комфорта в сельской местности. Они требуют разработки новых концепций и технических решений, а также учета вопросов безопасности информации.

«Разрабатываемые в настоящее время средства защиты данных и системы мониторинга и управления играют ключевую роль в предотвращении взлома не только электроэнергетических объектов и систем энергообеспечения, но также и информационных сетей сельхозпредприятий, которые управляют технологическим процессом. В период с 2019 по 2022 год были внесены изме-

нения в нормативные документы, позволяющие физическим лицам подключать генерирующие установки с мощностью до 15 кВт к сети и выдавать электроэнергию. Уже существуют примеры подключения таких установок, в том числе в регионах. Это приводит к изменениям в работе сельских сетей, как в отношении режимов работы, так и в отношении функционирования рынка электроэнергии» [15].

Конференция в онлайн формате, прошедшая в 2021 году в ноябре в рамках Международного форума «Электрические сети», отметила изменение структуры перекрестного субсидирования. С одной стороны, предприятия сталкиваются с финансовой нагрузкой, связанной с сокращением потребления из централизованных сетей и повышением тарифов, а с другой стороны, снижение потребления электроэнергии населением приводит к уменьшению этой нагрузки и, следовательно, к сокращению субсидий. Эти вопросы требуют углубленного изучения. Условия работы энергетических сетей и баланс потерь электроэнергии могут изменяться, а это требует проведения новых исследований.

«При внедрении возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится необходимым использование разнообразных систем аккумулирования электроэнергии. Требуется провести исследование работы таких систем, которые предназначены для регулирования качества электроэнергии и обеспечения резервного питания потребителей. Необходимо выявить недостатки существующих решений, как это было сделано в работе А.А. Балабина «Анализ работы и рекомендации по совершенствованию системы накопления электрической энергии, установленной в сельской электрической сети 0,4 кВ», и предложить пути их усовершенствования. Использование систем аккумулирования также приводит к изменению конфигурации электрических сетей, поэтому требуется управление конфигурацией и постоянный мониторинг их работы» [1].

Для достижения этой цели также требуется осуществлять удаленное управление как сетями, так и входами потребителей с целью обеспечения прозрачности, управляемости, сегментации, интеграции в экономику и других принципов управления структурой. Важным аспектом является создание маломасштабных систем производства, распределения электроэнергии, способных функционировать как независимо, так и в сотрудничестве с централизованной энергетической системой. Критическим в данном контексте является определение оптимальных параметров сетей, мощностей источников энергии и сечений ЛЭП, а также выбор состава и параметров устройств мультиплексирования, тактики работы микросетей и энергетических источников, используемых в них.

В различных странах активно продвигаются идеи интеграции электромобилей в энергетическую сеть, включая их использование в качестве распределенных накопителей электроэнергии.



В России и за рубежом также ведутся работы по разработке инфраструктурных проектов для создания сетей зарядных станций. В стране создана правительственная дорожная карта, направленная на развертывание сетей зарядных станций на федеральных автодорогах.

В настоящее время активным образом прогрессируют новейшие инновационные отраслевые разработки в секторе электроэнергетики и переход к использованию электрической энергии в различных сферах, включая сельскохозяйственную промышленность. Эти прогрессивные мероприятия основаны на следующих концепциях:

- применение солнечных космических энергоустановок с использованием микроволновых и лазерных систем передачи энергии, что может эффективно обеспечить энергетическую безопасность и надежное энергоснабжение в удаленных и мало доступных регионах Сибири, Севера и Дальнего Востока, лишенных централизованной энергетической инфраструктуры;

- разработка многофункциональных энергетических комплексов (МЭК) с использованием гибридной генерации, которая представляет собой основу для автономных систем энергоснабжения и использует разнообразные местные энергетические ресурсы;

- создание передвижных многофункциональных энергетических комплексов на основе инновационных концепций энергетической и тяговой системы для мобильной техники, позволяющих независимым способом получать энергию и питательные продукты, включая применение фитотронных технологий.

МЭКи гибридной генерации и мобильные комплексы являются крупнейшими потребителями энергоресурсов в секторах ТЭК (топливно-энергетический комплекс) и АПК (агропромышленный комплекс) соответственно.

Для проведения оценки энергетической и экологической эффективности использования энергоресурсов МЭКов гибридной генерации, мобильных комплексов и космических установок можно разработать математическую модель обобщенного МЭКа. Эта модель будет определять тип МЭКа в зависимости от внешних условий. Для разработки такой модели можно использовать аналитические зависимости, которые описывают энергетические и технические схемы МЭКов. Эти зависимости будут учитывать внешние факторы, такие как доступность источников энергии, необходимость производства электроэнергии, тепла и сельскохозяйственной продукции.

С помощью такой модели можно будет провести оценку энергетической и экологической эффективности различных типов МЭКов. Например, можно определить, какой тип МЭКа будет наиболее эффективен в конкретных условиях, и какие ресурсы будут использоваться в процессе работы.

Оценка энергетической и экологической эффективности МЭКов является важной задачей,

которая поможет оптимизировать использование энергоресурсов и снизить негативное влияние на окружающую среду. С использованием передвижных многофункциональных энергетических комплексов МЭК раскроет новые перспективы для оптимального разделения усилий и веса по полю, а также позволит преодолеть ограничения по мощности и весу, которые будут зависеть от запланированной производительности и размеров поля. Особую важность будут иметь активные рабочие органы, оснащенные электрическим приводом. Это способствует достижению более высокой энергоэффективности комплекса, прямо связанной с его производительностью, тяговыми свойствами, удельной металлоемкостью, и потерями мощности в процессе движения.

Следовательно, широкое внедрение передвижных многофункциональных энергетических систем на основе концепции тяги и энергетики в сельском хозяйстве способно обеспечить надежность, энерго- и экологическую эффективность, а также конкурентоспособность на мировом уровне. Это позволит значительно увеличить производительность труда, создать новые рабочие места, сократить негативное воздействие на окружающую среду и снизить металлоемкость передвижных систем.

Более того, это способствует сокращению расходов в сельском хозяйстве, повышению энергоэффективности и обеспечению населения качественной и безопасной продукцией. Это, в свою очередь, способствует экономическому росту в аграрном секторе и открывает возможность использования более 30 миллионов гектар пахотной земли.

В настоящее время параллельно со всеобщим развитием электрического транспорта активно продвигается беспилотная авиационная техника, применяемая и востребованная в сельском хозяйстве. Данные аппараты задействованы в мониторинге состояния полей в хозяйствах, а также для определения урожайности и обработки растений.

Эти технологии представляют широкий спектр возможностей для сельского хозяйства. На рисунке 1 можно рассмотреть преимущества использования беспилотников (БПЛА), которые управляются системами искусственного интеллекта, в процессе уборки урожая.

Чтобы обеспечить работу беспилотных летательных аппаратов, возникает необходимость в использовании ДВС (двигателей внутреннего сгорания) и электрического привода. В процессе работы БПЛА с электрическим приводом возникает необходимость в подзарядке накопителей электрической энергии, особенно в полевых условиях. То же самое относится и к энергетическим средствам с электроприводом, таким как тракторы, роботизированные платформы для обработки полей и сбора урожая и т.д. На рисунке 2 можно рассмотреть задачи, которые решают современные беспилотные системы.

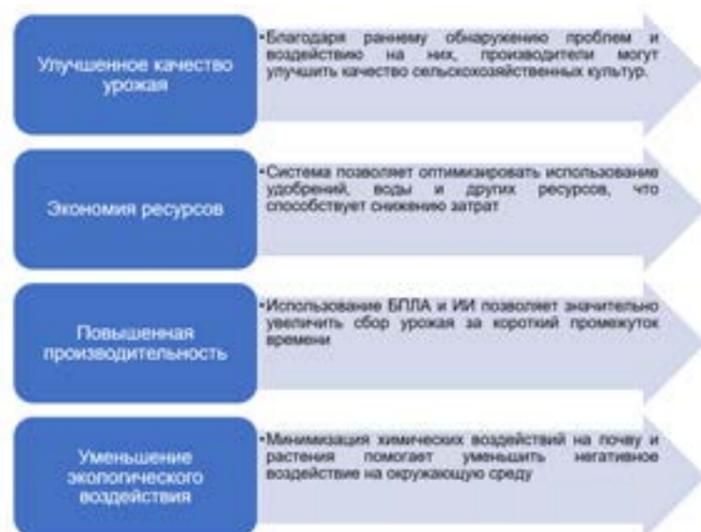


Рис. 1 – Преимущества использования БПЛА на основе систем искусственного интеллекта

Fig. 1 – Advantages of using (UAV) drones based on artificial intelligence systems



Рис. 2 – Задачи, которые решают современные беспилотные системы

Fig. 2 – Tasks that modern unmanned systems solve

Некоторые технологические процессы в сельском хозяйстве могут быть выполнены вне хозяйственных баз и далеко от соответствующей инфраструктуры. Примерами таких процессов являются дойка коров на выпасе, первичная обработка урожая и другие. Многие из этих процессов сезонные, однако они не привязаны к конкретному месту и могут меняться в зависимости от места выпаса животных и севооборота. Обычно проблемы обеспечения энергией этих технологических процессов невозможно решить путем создания сетевой инфраструктуры (с электро- и теплоснабжением, подачей сжатого воздуха и т.д.) [7].

Поэтому необходима разработка концепции использования мобильных энергетических и транспортно-технологических средств сельско-

хозяйственного производства. Первоочередная цель в данном направлении заключается в тщательной проработке уникальных концепций и внедрении инновационных решений для создания мобильных энергосредств и транспортно-технологических средств, специально разработанных для нужд сельского хозяйства. Помимо этого, следует активно вести исследования и разработку интегрированной системы передовых мобильных энергосредств и транспортно-технологических устройств, предназначенных для полной автоматизации и механизации сельскохозяйственного производства. В рамках поставленной цели решаются следующие задачи, которые показаны на рисунке 3.



Рис. 3 – Задачи, которые решаются в рамках поставленной цели

Fig. 3 - Tasks to be achieved within the set goal

Заключение

В настоящее время существует значительный пробел в законодательной области, который требует заполнения. В заключение стоит отметить, что существует необходимость в проведении научных исследований в области разработки и усовершенствования оборудования и систем энергоснабжения, систем теплоснабжения, использования возобновляемых источников энергии, электротехнологий и других аспектов.

Список источников

1. Балабин А.А. Анализ работы и рекомендации по совершенствованию системы накопления электрической энергии, установленной в сельской электрической сети 0,4 кВ / А.А. Балабин, А. В. Виноградов, А. А. Лансберг // - Агроинженерия. - 2022. - Т. 24, № 1. - С. 72-79. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-4-72-79.
2. Виноградов А.В. Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации. Монография. – Орёл: изд-во «Картуш», 2022. – 392 с.
3. Виноградов, А. В. Разработка принципов управления конфигурацией сельских электрических сетей и технических средств их реализации: диссертация... доктора технических наук: 05.20.02 / Виноградов Александр Владимирович; [Место защиты: ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»]. - Москва, 2020. - 527 с.
4. Выявление участков ЛЭП с повышенными потерями электроэнергии с помощью мобильных портативных таймеров-электросчетчиков / Виноградов А.В., Букреев А.В., Виноградова А.В., Большев В.Е. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. № 3 (40). С. 31-36.
5. Никитенко, Г. В. Электрооборудование, электро-

технологии и электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое проектирование: учебное пособие / Г. В. Никитенко, Е. В. Коноплев. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2022. - 310 с.

6. Развитие электроснабжения и применения электроэнергии в АПК: коллективная монография. – Москва: РГАУ – МСХА, 2022. – 288 с.

7. Электротехнологии и электрооборудование в АПК = Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex: теоретический и научно-практический журнал / учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". - Москва: ФНАЦ ВИМ, 2019-2023, № 2 (51). - 2023. - 111 с.

8. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарёв А.И., Лансберг А.А., Большев В.Е. Повышение эффективности защиты линий электропередачи 0,4 кВ с отпайками от однофазных коротких замыканий за счёт применения мультиконтактной коммутационной системы МКС-2-3В // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (59). С. 58-63. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-58-63>

9. Незевак В.Л. Моделирование режимов нагрузки на шинах постов секционирования при работе в системе тягового электроснабжения накопителей электроэнергии // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (68). С. 159-170.

10. 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 WLSDFP.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



References

1. Balabin A.A. Analiz raboty i rekomendacii po sovershenstvovaniyu sistemy nakopleniya elektricheskoy energii, ustanovlennoj v sel'skoj elektricheskoy seti 0,4 kV / A.A. Balabin, A. V. Vinogradov, A. A. Lansberg // - Agroinzheneriya. - 2022. - Т. 24, № 1. - С. 72-79. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-1-4-72-79.
2. Vinogradov A.V. Principy upravleniya konfiguracij sel'skih elektricheskikh setej i tekhnicheskie sredstva ih realizacii. Monografiya. – Oryol: izd-vo «Kartush», 2022. – 392 s.
3. Vinogradov, A. V. Razrabotka principov upravleniya konfiguracij sel'skih elektricheskikh setej i tekhnicheskikh sredstv ih realizacii: dissertaciya... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.20.02 / Vinogradov Aleksandr Vladimirovich; [Mesto zashchity: FGBNU «Federal'nyj nauchnyj agroinzhenernyj centr VIM»]. - Moskva, 2020. - 527 s.
4. Vyyavlenie uchastkov LEP s povyshennymi poteryami elektroenergii s pomoshch'yu mobil'nykh portativnykh tajmerov-elektroschetnikov / Vinogradov A.V., Bukreev A.V., Vinogradova A.V., Bol'shev V.E. // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2020. № 3 (40). S. 31-36.
5. Nikitenko, G. V. Elektrooborudovanie, elektrotekhnologii i elektrooborudovanie sel'skogo hozyajstva. Kursovoe proektirovanie: uchebnoe posobie / G. V. Nikitenko, E. V. Konoplev. - Izd. 2-e, ster. - Sankt-Peterburg [i dr.]: Lan', 2022. - 310 s.
6. Razvitie elektrooborudovaniya i primeneniya elektroenergii V APK: kollektivnaya monografiya. – Moskva: RGAU – MSKHA, 2022. – 288 s.
7. Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK = Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex: teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal / uchreditel' i izdatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie "Federal'nyj nauchnyj agroinzhenernyj centr VIM". - Moskva: FNAC VIM, 2019-2023, № 2 (51). - 2023. - 111 s.
8. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Psaryov A.I., Lansberg A.A., Bol'shev V.E. Povysenie effektivnosti zashchity linij elektropredachi 0,4 kV s otpajkami ot odnofaznykh korotkikh замыканий за счет применения мультиконтактной коммутационной системы MKS-2-3V // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 3 (59). S. 58-63. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-58-63>
9. Nezevak V.L. Modelirovanie rezhimov nagruzki na shinah postov sekcionirovaniya pri rabote v sisteme tyagovogo elektrooborudovaniya nakopitelej elektroenergii // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2017. № 4 (68). S. 159-170.
10. Kashirin, D. E. Issledovanie vliyaniya konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov smesitelya - obogatitelya koncentrirovannykh kormov na energoemkost' processa smeshivaniya / D. E. Kashirin, A. A. Polyakova // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 9(120). – S. 107-113. – EDN WLSDPF.

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, Рязанский государственный аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева, g.nastasia_19882010@mail.ru

Семина Елена Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры электротехники и физики, Рязанский государственный аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева, ele25450911@yandex.ru

Латышенко Надежда Михайловна, канд. техн. наук, доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, Рязанский государственный аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева, t921621@mail.ru

Максименко Ольга Олеговна, канд. техн. наук, доцент кафедры автотракторной техники и теплотехники, Рязанский государственный аграрно-технологический 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, Ryazan, 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, Ryazan, 1, ele25450911@yandex.ru

Latyshenok 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, Ryazan, 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, Ryazan, oly25252008@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 30.03.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 30.03.2024; approved after reviewing 04.06.2024; accepted for publication 06.06.2024.



Вестник РГАТУ, 2024, Т.16, №2., с.185-191
Vestnik RGATU, 2024, Vol.16, №2, pp. 185-191

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 628.543
DOI:10.36508/RSATU.2024.30.84.024

ПОГРУЖНЫЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ БИОФИЛЬТРЫ С МОБИЛЬНЫМ ЗАГРУЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Сергей Вадимович Старовойтов¹, **Марам Али Саид²**, **Иван Алексеевич Успенский³**, **Анастасия Николаевна Долгова⁴**

¹ Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия

² Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

³ ФГБОУ ВО «Рязанский аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

⁴ Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

¹ se.starovoytov@yandex.ru

² E-MS-87@hotmail.com

³ ivan.uspensckij@ya.ru

⁴ dolgova.an@list.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Задачей исследования является интенсификация процесса биологической очистки сточных вод сельскохозяйственных предприятий погружными фильтрами барабанного типа.

Методология. Биологическая очистка сточных вод сельскохозяйственных предприятий, в частности, анализ эффективности работы биофильтра, является темой обсуждения среди профильных специалистов. На основе краткого литературного обзора научных трудов по темам, связанным с очисткой сточных вод, а также конструкцией очистных сооружений, проведены экспериментальные исследования по обоснованию конструкторских решений. Целью работы является интенсификация процессов массообмена и окисления сточных вод в погружном биофильтре барабанной конструкции. Опираясь на полученные результаты, для повышения эффективности работы биофильтра предложены рекомендации по его заполнению мобильными загрузочными материалами. Исследования проводились на опытной установке кафедры водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВО ДГТУ, патент РФ №2720 150 МПК СО2F 3/06, №2019137412, опубл. 24.04.2020.

Результаты. В эксперименте достигнута наивысшая окислительная способность до 90 % при использовании фильтра барабанного типа, а также получены рекомендации по установленной глубине, скорости и заполнению корпуса погружного вращающегося биофильтра мобильными загрузочными материалами.

Заключение. Значимость полученных результатов для очистки сточных вод состоит в том, что за счет изменения скорости вращения биофильтра, типа загрузки биофильтра и ее количества может быть обеспечена более высокая окислительная способность биофильтра и, как следствие, повышение качества очистки сточных вод.

Ключевые слова: очистные сооружения канализации, аэротенк, биологическая очистка, фильтр биологической очистки

Для цитирования: Старовойтов С.В., Саид М., Успенский И.А., Долгова А.Н. Погружные вращающиеся биофильтры с мобильным загрузочным материалом // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, № 2, С.185-191 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.30.84.024>

Original article

SUBMERSIBLE ROTATING BIOFILTERS WITH MOBILE LOADING MATERIAL

Sergey V. Starovoytov¹✉, Maram A. Saijd², Ivan A. Uspensky³, Anastasia N. Dolgova⁴¹ Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation² Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation³ Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia⁴ Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation¹ se.starovoytov@yandex.ru² E-MS-87@hotmail.com³ ivan.uspensckij@ya.ru⁴ dolgova.an@list.ru

Abstract.

Problem and purpose. The objectives of the study are: intensification of the process of biological wastewater treatment of agricultural enterprises with submersible drum-type filters.**Methodology.** Biological wastewater treatment of agricultural enterprises, in particular, the analysis of the effectiveness of the biofilter, is a topic of discussion among specialized specialists. Based on a brief literary review of scientific papers on topics related to the treatment of domestic wastewater, as well as the design of treatment facilities, experimental studies were conducted to substantiate design solutions. The aim of the work is to increase the efficiency of purification and the quality of treated wastewater due to mass transfer and oxidizing ability of the submersible rotating drum biofilter. Based on the results obtained, recommendations for filling the biofilter with mobile loading materials are proposed to improve the efficiency of the biofilter. The research was carried out on a pilot plant of the Department of Water Supply and Sanitation of the State Technical University, RF Patent No. 2720 150 IPC CO2F 3/06, No. 2019137412, publ. 04/24/2020.**Results.** The highest oxidizing capacity of up to 90% was achieved when using a drum-type filter, and recommendations were also obtained for the set depth, speed and filling of the body of the submersible rotating biofilter with mobile loading materials.**Conclusion.** The significance of the results obtained for wastewater treatment is that by changing the speed of rotation of the biofilter, the type of biofilter loading and its quantity, a higher oxidizing ability of the biofilter can be provided, and as a consequence, an increase in the quality of wastewater treatment.**Key words:** sewage treatment plants, aerotank, biological purification, biological purification filter**For citation:** Starovoytov S.V., Saied M.A., Uspensky I.A., Dolgova A.N.. Submersible rotating biofilters with mobile loading material // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024, T.16, No.2, P. 185-191 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.30.84.024>

Введение

Концепция погружных биофильтров известна давно, фильтр представляет собой затопленный резервуар, в котором вращается закрепленный на горизонтальном валу ротор, на оси которого расположен корпус барабанного типа, заполненный мобильными загрузочными материалами, приводимый в действие электродвигателем [1]. При вращении вокруг своей оси на всей поверхности биофильтра образуется пленка, которая метаболизирует содержащиеся в сточных водах органические вещества [2].

В качестве погружных вращающихся биофильтров в международной практике рассматриваются барабанные, дисковые, роторные и трубчатые конструкции; широкое применение первых двух обусловлено конкретными требованиями.

Как правило, когда расход сточных вод составляет до 500 м³/сутки, применяются дисковые погружные вращающиеся биофильтры (рис.1) (ПВБ).

Дисковые фильтры, используемые в большей степени для доочистки сточных вод, уступили место погружным вращающимся биофильтрам барабанного типа с мобильной загрузкой. В то же

время активно ведется модернизация конструкций и моделирование режимов работы с целью интенсификации процессов переноса кислорода и массообмена, а также окислительной способности [3].

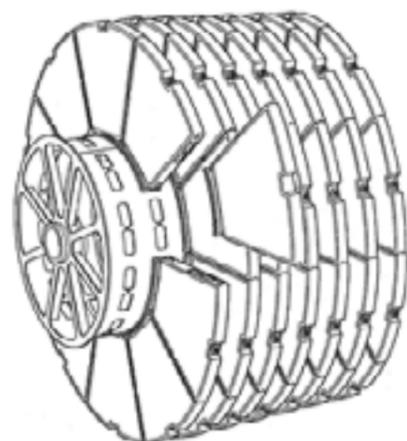


Рис. 1 – Дисковый фильтр
Fig. 1 – Disk filter

В качестве объекта исследования выбрано определение заполнения мобильными загрузочными материалами погружного вращающегося фильтра биологической очистки сточных вод канализационно-очистных сооружений.

В технической и научной литературе отмечается, что погружные вращающиеся фильтры биологической очистки являются приоритетным вариантом для малых населенных пунктов и наиболее удовлетворяют их требования, в том числе для инновационных применений различного назначения [4, 5].

В качестве основного недостатка конструкции погружных вращающихся биофильтров выступает малая концентрация растворенного кислорода и, как следствие, низкая окислительная способность. Только при вращении и нахождении части барабана в надводной части выполняется насыщение кислородом перечисленными способами [6, 7]:

- при адсорбции кислорода пленкой сточных вод, обволакивающей поверхность загрузочного материала;

- переносом кислорода в сточные воды, заполняющие резервуар;

- при контакте биопленки с атмосферой в процессе вращения барабана.

Дисковые биофильтры, широко используемые на станциях очистки сточных вод, имеют ряд недостатков, а именно [8]:

- низкая эффективность биологической пленки на поверхности дисков;

- низкая окислительная способность;

- единая форма и сложность в изготовлении;

- малая удельная площадь поверхности;

- короткий срок службы.

В то же время погружные вращающиеся биофильтры обладают многочисленными преимуществами [10]:

- большая площадь для переноса кислорода;

- высокий массообмен при активном перемешивании и повышенной турбулентности;

- высокие показатели энергоэффективности;

- на 30 % меньшие капитальные затраты на изготовление.

Выполнив литературный обзор, можно резюмировать, что погружные биофильтры барабанного типа модернизируются после проведения ряда испытаний на нескольких типах плавающих загрузочных материалов при различной скорости вращения барабана, степени его затопления в резервуаре, продолжительности пребывания сточных вод в резервуаре биофильтра, органической и гидравлической нагрузках. Для интенсификации окислительной способности биофильтра сформулированы следующие цели исследования: определить наиболее эффективную биозагрузку барабана биофильтра, а также установить степень заполнения барабана рассматриваемой плавающей биозагрузкой.

Материалы и методы исследования

Среди технологических факторов, влияющих на способность погружного вращающегося барабанного биофильтра к окислению, можно выде-

лить: скорость вращения барабана, разновидность загрузочного материала, степень затопления барабана в резервуаре, продолжительность пребывания сточных вод в резервуаре биофильтра, органическая и гидравлическая нагрузки [11]. Для анализа перечисленных факторов исследования проводились на двух типах плавающих загрузочных материалов – плавающая цилиндрическая биозагрузка XEL-X (HXF13KLL +) – загрузка А (рис. 2А), и плавающая лепестковая биозагрузка XEL-X (HEL-X flake 30) – загрузка Б (рис. 2Б).



А



Б

Рис. 2 – Типы биозагрузки
Fig. 2 – Types of bio-loading

Проведя ряд экспериментальных замеров, меняя скорость вращения в диапазоне 1-15 об/мин, степень затопления барабана в резервуаре в диапазоне 15 % и 25 %, а также степень его заполнения биозагрузкой – 60-90 %, получены зависимости окислительной способности загрузок А и Б, представленные на рисунках 3-6.



Рис. 3 – Зависимость СОС от объема загрузки А при затоплении барабана на 15 % (иллюстрация авторов)

Fig. 3 – The dependence of the SOS on the loading volume And when the drum is flooded by 15 % (illustration by the authors)

По полученным результатам определяется объемный коэффициент массопереноса kLa при отсутствии растворенного кислорода, температуре воды 20°С и атмосферном давлении 101,3 кПа. На рисунках 7-10 показано изменение коэффициента массопереноса при изменении скорости, заполнении и погружении барабана биофильтра с загрузками А и Б.



Рис. 4 – Зависимость СОС от объема загрузки А при затоплении барабана на 25 % (иллюстрация авторов)

Fig. 4 – The dependence of the SOS on the loading volume And when the drum is flooded by 25 % (illustration by the authors)



Рис. 5 – Зависимость СОС от объема загрузки Б при затоплении барабана на 15 % (иллюстрация авторов)

Fig. 5 – The dependence of the SOS on the volume of loading B when the drum is flooded by 15 % (illustration by the authors)

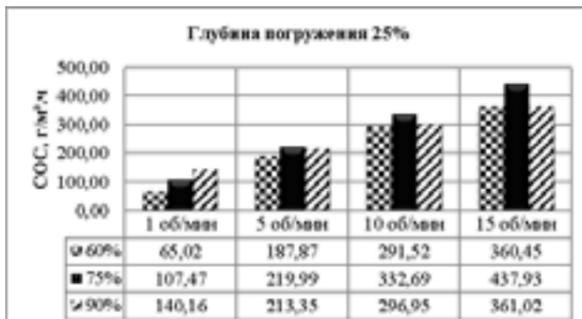


Рис. 6 – Зависимость СОС от объема загрузки Б при затоплении барабана на 25 % (иллюстрация авторов)

Fig. 6 – The dependence of the SOS on the volume of loading B when the drum is flooded by 25 % (illustration by the authors)

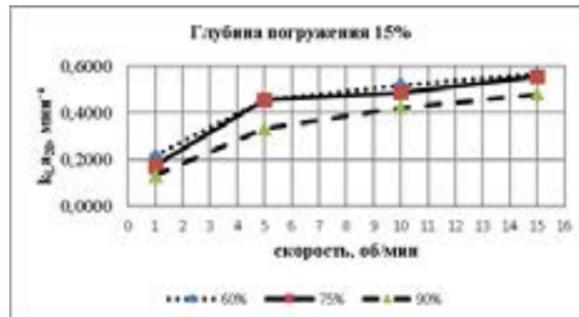


Рис. 7 – Влияние скорости вращения и объема загрузки А в барабане на kLa_{20} , при затоплении на 15 % (иллюстрация авторов)

Fig. 7 – The effect of rotation speed and loading volume A in the drum on kLa_{20} , when flooded by 15 % (illustration by the authors)

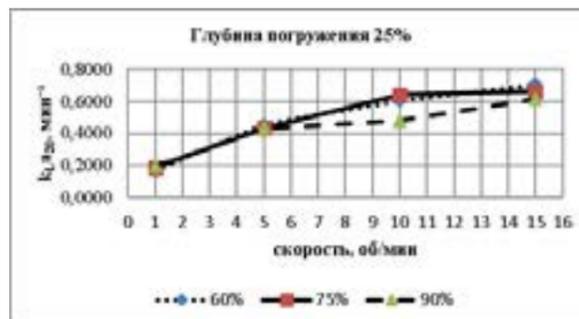


Рис. 8 – Влияние скорости вращения и объема загрузки А в барабане на kLa_{20} , при затоплении на 25 % (иллюстрация авторов)

Fig. 8 – The effect of rotation speed and loading volume A in the drum on kLa_{20} , when flooded by 25 % (illustration by the authors)

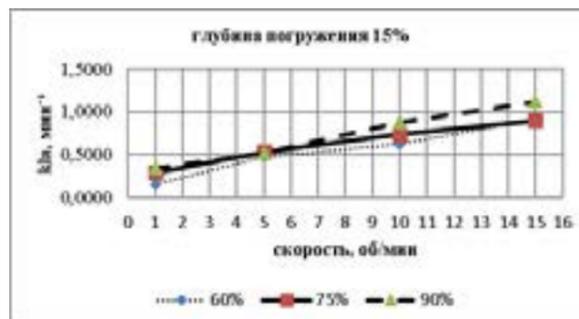


Рис. 9 - Влияние скорости вращения и объема загрузки Б в барабане на kLa_{20} , при затоплении на 15 % (иллюстрация авторов)

Fig. 9 - The effect of rotation speed and loading volume B in the drum on kLa_{20} , when flooded by 15 % (illustration by the authors)

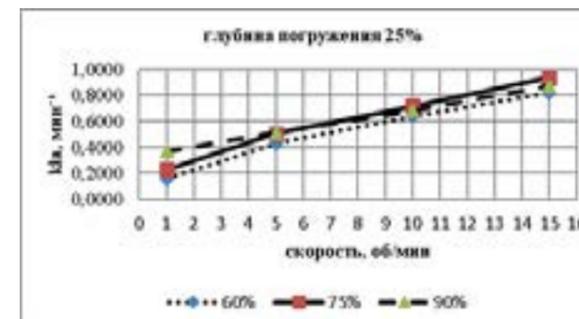


Рис. 10 – Влияние скорости вращения и объема загрузки Б в барабане на kLa_{20} , при затоплении на 25 % (иллюстрация авторов)

Fig. 10 - The effect of the rotation speed and the volume of loading B in the drum on the kLa_{20} , when flooded by 25 % (illustration by the authors)

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют, что наилучшая окислительная способность наблюдается при заполнении 60 % барабана загрузкой А, его погружении на 25 % и скорости 15 об/мин.

При затоплении на 15 % и 25 % барабана фильтра биологической очистки, наблюдаются наивысшие показатели окислительной способности при загрузке его объем барабана на 75 %. При затоплении на 35 % и 45 % барабана фильтра биологической очистки, наблюдаются наивысшие показатели окислительной способности при загрузке его объем барабана на 90 %. Из этого следует, что требуется меньшее количество загрузки при меньшем затоплении барабана.

Рассматривая результаты исследований загрузки Б на рисунках 4 и 5, видим наилучшую стандартную окислительную способность (СОС) при заполнении барабана биофильтра на 60-75 %, а самые высокие результаты по окислительной способности достигнуты при погружении на 15 % и заполнении барабана загрузкой на 90 %.

Анализируя результаты, представленные на рисунках 6-9, наблюдаем увеличение объемного коэффициента массопереноса kLa_{20} с увеличением скорости вращения барабана. С загрузкой А достигается больший эффект при малом заполнении барабана, а с загрузкой Б – обратный эффект. Этот эффект обусловлен формой и плотностью материала загрузки А, близкой к плотности воды, что способствует лучшему переносу кислорода [12].

Загрузка Б, находясь в барабане биофильтра, слипается между собой и из-за низкой плотности материала стремится к всплытию на поверхность [13, 14]. При активном перемешивании всплывшая загрузка Б принудительно погружается, неся с собой пузырьки воздуха. Более активная степень турбулентности жидкой фазы интенсифицирует процесс обновления границы раздела газ-жидкость, где толщина жидкой пленки уменьшается и улучшается массоперенос кислорода, что объясняется двухпленочной теорией переноса газ-жидкость [15].

При засыпке загрузки А, у которой активная поверхность способствует окислительной способности, в то же время процесс смешивания воды и перемещения загрузки в объеме барабана протекает хуже, что негативно сказывается на количестве переносимого кислорода.

Заключение

Таким образом, из приведённых выше экспериментальных данных можно дать следующие рекомендации по загрузке погружного вращающегося биофильтра мобильными загрузочными материалами:

– объемная загрузка XEL-X (HXF13KLL +), активная площадь поверхности которой составляет 806 м²/м³, показывает наилучшие окислительные способности при загрузке барабана биофильтра на 60 %, при погружении на 25 % и скорости 15 об/мин.;

– плоская загрузка XEL-X (HEL-X flake 30), активная площадь поверхности которой составляет >5000 м²/м³, показывает наилучшие окислительные способности при загрузке барабана биофильтра на 90 %, при погружении на 15 %.

Список литературы

1. Патент на полезную модель № 204973 U1 Российская Федерация, МПК C02F 9/14, C02F 3/04, C02F 3/06. Устройство для биологической очистки сточных вод : № 2021101813 : заявл. 27.01.2021 : опубл. 21.06.2021 / Л. А. Ларионов, К. Д. Александрова ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "ПЕГАС ИНЖИНИРИНГ".
2. Lin S. et al. Biological sulfur oxidation in wastewater treatment: a review of emerging opportunities //Water research. – 2018. – Т. 143. – С. 399-415.
3. Внедрение технологии доочистки на основе тканевых дисковых фильтров Месапа // Водоочистка. – 2021. – № 7. – С. 26-31.
4. Сайид, М. А. Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра / М. А. Сайид, Н. С. Серпокрылов, В. В. Нелидин // Градостроительство и архитектура. – 2020. – Т. 10, № 4(41). – С. 60-68.
5. Усовершенствованная технология очистки сточных вод малых и средних предприятий пищевой промышленности / Л. М. Шаповалова, В. Б. Нурматова, А. А. Азизов [и др.] // Вода Magazine. – 2016. – № 8(108). – С. 36-39.
6. Дубинин С.В., Михайлова Т.В. Применение мягких оболочечных конструкций для очистки сточных вод с точки зрения геоэкологической безопасности // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2017. - № 6, - С.149-153. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-157-161
7. Teixeira J. V. et al. Multidrug-resistant Enterobacteriaceae from indoor air of an urban wastewater treatment plant //Environmental monitoring and assessment. – 2016. – Т. 188. – № 7. – С. 1-7
8. Шлекова, И. Ю. Интенсификация биологической очистки производственных сточных вод в аэротенках с помощью адсорбентов / И. Ю. Шле-



кова, А. И. Кныш // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 20-25. – DOI 10.18412/1816-0395-2018-6-20-25;

9. Biggs, A.R. Stomatal response of three birth species Exposed to varying acute doses of SO₂ / Biggs, A.R. & Davis, D.D. // Science of the total environment. – 1997. – Т.200. – Pp.149-181

10. А.В. Бусарев И.Г. Шешегова, И.Д. Мамаков. Исследование процессов глубокой очистки сточных вод с применением скорых напорных фильтров // Известия КГАСУ 2022, №1(59). С 103-112. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_103

11. Проектирование и разработка инновационной автоматической системы биологической очистки сточных вод / Ю. В. Бебихов, М. Н. Семенова, В. В. Голиков, С. Н. Павлова // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 136-142.

12. Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Изучение режимов фильтра-

ции при изменении гидравлических и гидродинамических характеристик коалестирующих загрузок // Известия КГАСУ. 2016. - №3(37).- С.205-209.

13. Патент № 2767110 С1 Российская Федерация, МПК C02F 3/02. Способ глубокой биологической очистки сточных вод: № 2021108805: заявл. 31.03.2021: опубл. 16.03.2022 / Е. В. Вильсон, М. Г. Зубов, А. А. Гетманский.

14. Саид М. А. Разработка фото-вращающегося биофильтра для повышения эффективности очистки в перекрытых узлах очистных сооружений сточных вод / М. А. Саид // Точная наука. - 2018.- №30.- С. 05-11.

15. Саид, М. А. Основные характеристики и классификации погружных вращающихся биофильтров примененных для очистки сточных вод / М. А. Саид, Н. С. Серпокрялов // European science of the future. – Смоленск: МНИЦ «Наукофера», 2019. – С. 60-64.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Patent na poleznuyu model' № 204973 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 9/14, C02F 3/04, C02F 3/06. Ustrojstvo dlya biologicheskoj ochistki stochnyh vod : № 2021101813 : zavavl. 27.01.2021 : opubl. 21.06.2021 / L. A. Larionov, K. D. Aleksandrova ; zavavitel' Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "PEGAS INZHINIRING".

2. Lin S. et al. Biological sulfur oxidation in wastewater treatment: a review of emerging opportunities // Water research. – 2018. – Т. 143. – С. 399-415.

3. Vnedrenie tekhnologii doochistki na osnove tkanevyh diskovyh fil'trov Mecana // Vodoochistka. – 2021. – № 7. – С. 26-31.

4. Sajid, M. A. Vliyanie tipa zagruzki na okislitel'nyuyu sposobnost' modifitsirovannogo pogruzhnogo vrashchayushchegosya biofil'tra / M. A. Sajid, N. S. Serpokrylov, V. V. Nelidin // Gradostroitel'stvo i arhitektura. – 2020. – Т. 10, № 4(41). – С. 60-68.

5. Uovershenstvovannaya tekhnologiya ochistki stochnyh vod malyh i srednih predpriyatij pishchevoj promyshlennosti / L. M. SHapovalova, V. B. Nurmatova, A. A. Azizov [i dr.] // Voda Magazine. – 2016. – № 8(108). – С. 36-39.

6. Dubinin S.V., Mihajlova T.V. Primenenie myagkih obolochechnyh konstrukcij dlya ochistki stochnyh vod s tochki zreniya geoekologicheskoy bezopasnosti // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2017. - № 6, - S.149-153. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-157-161

7. Teixeira J. V. et al. Multidrug-resistant Enterobacteriaceae from indoor air of an urban wastewater treatment plant // Environmental monitoring and assessment. – 2016. – Т. 188. – №. 7. – С. 1-7

8. SHlekova, I. YU. Intensifikaciya biologicheskoj ochistki proizvodstvennyh stochnyh vod v aerotenkah s pomoshch'yu adsorbentov / I. YU. SHlekova, A. I. Knysh // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 20-25. – DOI 10.18412/1816-0395-2018-6-20-25;

9. Biggs, A.R. Stomatal response of three birth species Exposed to varying acute doses of SO₂ / Biggs, A.R. & Davis, D.D. // Science of the total environment. – 1997. – Т.200. – Pp.149-181

10. А.В. Бусарев И.Г. Шешегова, И.Д. Мамаков. Исследование процессов глубокой очистки сточных вод с применением скорых напорных фильтров // Известия КГАСУ 2022, №1(59). С 103-112. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_103

11. Proektirovanie i razrabotka innovacionnoj avtomaticheskoy sistemy biologicheskoj ochistki stochnyh vod / YU. V. Bebihov, M. N. Semenova, V. V. Golikov, S. N. Pavlova // Innovacii i investicii. – 2021. – № 7. – С. 136-142.

12. Urmitova N.S., Abitov R.N., Hisameeva L.R., Nizamova A.H. Izuchenie rezhimov fil'tracii pri izmenenii gidravlicheskikh i gidrodinamicheskikh harakteristik koalistiruyushchih zagruzok // Izvestiya KGASU. 2016. - №3(37).- С.205-209.

13. Patent № 2767110 С1 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 3/02. Sposob glubokoj biologicheskoj ochistki stochnyh vod: № 2021108805: zavavl. 31.03.2021: opubl. 16.03.2022 / E. V. Vil'son, M. G. Zubov, A. A. Getmanskiy.

14. Sajid M. A. Razrabotka foto-vrashchayushchegosya biofil'tra dlya povysheniya effektivnosti ochistki v perekrytyh uzlah ochistnyh sooruzhenij stochnyh vod / M. A. Sajid // Tochnaya nauka. - 2018.- №30.- С. 05-11.



15. Sajid, M. A. Osnovnye harakteristiki i klassifikacii pogruzhnyh vrashchayushchihsysa biofil'trov primenennyh dlya ochistki stochnyh vod / M. A. Sajid, N. S. Serpokrylov // European science of the future. – Smolensk: MNIC «Naukosfera», 2019. – С. 60-64.

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

Сергей Вадимович Старовойтов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика на ж/д транспорте», Ростовский государственный университет путей сообщения, se.starovoytov@yandex.ru

Марам Али Саид, канд. техн. наук, кафедра «Водоснабжение и водоотведение», Донской государственной технической университет, E-MS-87@hotmail.com

Иван Алексеевич Успенский, академик, д-р техн. наук, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, ivan.uspensckij@ya.ru

Анастасия Николаевна Долгова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений», Казанский государственный энергетический университет, dolgova.an@list.ru

Author information

Starovoytov Sergey V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Thermal Power Engineering on railway Transport", Rostov State Transport University, se.starovoytov@yandex.ru

Sajid Maram A., Candidate of Technical Sciences, Water supply and sanitation, Don State Technical University, E-MS-87@hotmail.com

Uspensky Ivan A., Academician, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Technical Operation of Transport", Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, ivan.uspensckij@ya.ru

Dolgova Anastasia N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Energy supply of enterprises, construction of buildings and structures", Kazan State Power Engineering University, dolgova.an@list.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2024; одобрена после рецензирования 11.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 12.03.2024; approved after reviewing 11.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.





ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 544.2:631.87
DOI: 10.36508/RSATU.2024.87.19.025

ОПИСАНИЕ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Ушаков Олег Валентинович¹✉, Костенко Михаил Юрьевич²¹ ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» в Рязань, Россия² ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Рязань, Россия¹ovushakov62@mail.ru
²km340010@rambler.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Качество продукта во многом зависит и определяется качеством сырья, из которого его производят и тесно связано с экономикой производства конечного продукта. Особенно актуально это для органических агрохимикатов на основе гуминовых веществ, производимых из неоднородного сырья, например, из угля, торфа и т.д. Целью исследований было изучение и сравнение исходного сырья для производства гуминовых удобрений и описание гетерофазной дисперсионной системы, образуемой при взаимодействии с водой.

Методология. Методика исследования дисперсных систем, представленная в статье, включала в себя: изучение по ряду показателей проб и образцов, взятых из суспензии при ее образовании; описание и изучение основных показателей – многофазность, определение дисперсной среды и дисперсной фазы, межфазное взаимодействие, фазовые превращения, а также факторы разрушения дисперсной среды. Из исследуемых показателей рассматривали: плотность и влажность сырья, механический состав и зольность; содержание смол (битумов, парафинов и т.д.); общее содержание гуминовых и фульвовых кислот и содержание водорастворимых веществ, влияние показателей на образование дисперсной среды.

Результаты. При смешивании сырья и воды, для производства гуминовых препаратов, происходит образование многофазной гетерогенной лиофильной дисперсной системы, в которой дисперсная фаза это сырье, а дисперсная среда представлена водой.

Заключение. Показатель дисперсности на анализируемый объем (3 литра на 0,5 кг сырья) может находиться в пределах $2 \cdot 10^4 \text{ м}^{-1}$. Удельная площадь поверхности частиц может сильно изменяться от 53,33 до 80 $\text{м}^2/\text{кг}$ или $8 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{м}^3$. На данный показатель влияет форма частиц и степень дробления. Граница раздела фаз в суспензии может быть представлена 5 основными видами границ раздела фаз, которые могут влиять на протекание кавитации и извлечение гуминовых веществ. В исследуемой суспензии происходят фазовые превращения, обусловленные как вымыванием и растворением высокомолекулярных веществ, так и образованием сгустков веществ при отстаивании или под действием других факторов. Определены теоретические условия межфазного взаимодействия.

Ключевые слова: гуминовые удобрения, органические агрохимикаты, гуминовые и фульвовые кислоты, суспензия агрохимиката, удобрения

Для цитирования: Ушаков О.В. Костенко М.Ю. Описание дисперсной среды для производства гуминовых удобрений // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С. 192-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.87.19.025>

Original article

DESCRIPTION OF THE DISPERSED MEDIUM FOR THE PRODUCTION OF HUMIC FERTILIZERS

Oleg V. Ushakov¹✉, Mikhail Yu. Kostenko²¹ Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russia² Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia¹ ovushakov62@mail.ru
² km340010@rambler.ru

Annotation.

Problem and purpose. The quality of the product largely depends on and is determined by the quality of the raw materials from which it is produced and is closely related to the economics of the production of the final product. This is especially true for organic agrochemicals based on humic substances produced from heterogeneous raw materials such as coal, peat, etc. The purpose of the research was to study and describe a heterophase dispersion system formed by interaction with water of organic raw materials.

Methodology. The methodology for the study of dispersed systems presented in the article included: - the study of a number of indicators of samples and samples taken from the suspension during its formation; - description and study of the main indicators - multiphase, determination of the dispersed medium and the dispersed phase, interphase interaction, phase transformations, as well as factors of destruction of the dispersed medium. Among the studied indicators, the following were considered: density and humidity of raw materials, mechanical composition and ash content; resin content (bitumen, paraffins, etc.); the total content of humic and fulvic acids and the content of water-soluble substances, the effect of indicators on the formation of a dispersed medium.

Results. When mixing raw materials and water for the production of humic preparations, a multiphase heterogeneous lyophilic dispersed system is formed, in which the dispersed phase is the raw material, and the dispersed medium is represented by water

Conclusion. The dispersion index for the analyzed volume (3 liters per 0.5 kg of raw materials) can be in the range of $2 \cdot 10^4 \text{ м}^{-1}$; The specific surface area of the particles can vary greatly from 53.33 to 80 $\text{м}^2/\text{кг}$ or $8 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{м}^3$. This indicator is influenced by the shape of the particles and the degree of crushing. The phase interface in the suspension can be represented by 5 main types of phase interfaces that can affect the flow of cavitation and the extraction of humic substances. In the suspension under study, phase transformations occur due to both the leaching and dissolution of high-molecular substances, as well as the formation of clots of substances during settling or under the influence of other factors. The theoretical conditions of interphase interaction are determined.

Key words: humic fertilizers, organic agrochemicals, humic and fulvic acids, suspension of agrochemicals, fertilizers.

For citation: Ushakov O.V. Kostenko M.Yu. Description of a dispersed medium for the production of humic fertilizers // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, No.2, P. 192-200 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.87.19.025>

Введение

Одним из важных факторов в хозяйственной деятельности любой организации является повышение качества производимой продукции. Качество продукции характеризуется набором

показателей, а определяется перечнем факторов. Показатели качества формируются уже на стадии проектирования продукта, и закладываются в техническом задании на будущий продукт (рис. 1).

Рис. 1 – Факторы качества продукции
Fig. 1 – Product quality factors

Качество продукта во многом зависит и определяется качеством сырья, из которого его производят и тесно связано с экономикой производства конечного продукта.

Чем выше качество сырья, тем экономически выгоднее будет производство готового продукта. Именно исходное сырье будет определять набор технологического оборудования, режимы его работы и другие факторы производства готового продукта.

Современные удобрения и агрохимикаты все больше становятся экологизированными. Органические удобрения и агрохимикаты содержат в своем составе гуминовые и фульвовые кислоты, их

соли, или основаны на них. Это вызвано не только современными тенденциями, но и требованиями конечных потребителей. Например, усвоение питательных веществ из экологизированных удобрений выше, чем из минеральных.

Гуминовые и фульвовые вещества представляют собой вытяжку из органического сырья (торф, уголь вермикомпост, сапропель и т.д.). Для производства используют в основном кавитационно-щелочную экстракцию [2]. Готовый продукт могут улучшать путем введения микроэлементов, микроорганизмов или разделять на фракции из гуминовых и фульвовых кислот, продукт могут также концентрировать и сушить, получая порошки (рис. 2).



Рис. 2 – Общие сведения о гуминовых препаратах
Fig. 2 – General information about humic preparations

Целью исследований было изучение исходного сырья для производства гуминовых удобрений и сравнение его с гетерофазной дисперсионной системой, образуемой при взаимодействии с водой.

Основными задачами исследования были:

- изучение свойств и показателей сырья,
- описание суспензии для экстракции гуминовых веществ,
- описание основных характеристик и показателей дисперсионной системы, влияющих на конечный продукт.

Объекты и методы

Методика исследований включала в себя анализ исходного сырья для экстракции гуминовых веществ на соответствие требованиям, перечисленным в нормативной документации и определение показателем образуемой дисперсионной системы (дисперсность, степень дисперсности и удельная площадь поверхности).

Из исследуемых показателей рассматривали: плотность абсолютно сухой массы сырья; влажность сырья (для торфа ГОСТ 11305-83 «Торф. Методы определения влаги»); механический состав сырья; зольность; содержание песка; кислотность сырья (рН_{ксл}, солевой суспензии); содержа-

ние микро и макроэлементов; содержание смол (битумов, парафинов и т.д.); общее содержание гуминовых кислот и содержание водорастворимых гуминовых кислот; соотношение гуминовых и фульвовых кислот. Перечисленные показатели определялись по методикам, указанным в нормативных документах:

ГОСТ Р54249-2010 «Удобрения жидкие гуминовые на основе торфа. Технические условия»;

ГОСТ Р 54221-2010 «Гуминовые препараты из бурых и окисленных каменных углей. Методы испытаний»;

ГОСТ Р 56004-2014 «Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия»;

ГОСТ Р 54000-2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия».

Методика исследования дисперсных систем, представленная в статье, включала в себя:

- микроскопирование с увеличением 40 и 100крат проб и образцов, взятых из суспензии при ее образовании;

- описание и изучение основных показателей: многофазность, определение дисперсионной среды и дисперсионной фазы, межфазное взаимодействие, фазовые превращения, а также факторы разру-

шения дисперсионной среды [3,6].

Экспериментальная часть

Дисперсность определяли ситовым методом. Образец суспензии объемом 20 мл доводили водой до объема 100 мл и пропускали через сита марки П500; П120 П75; П50 и фильтр с пропускной способностью 10 мкм. Просев и отсев высушивали, измеряли массу и рассчитывали соотношение в процентах.

Расчеты проводили для объема 1,5 литра воды и 0,5 кг сырья.

Информационной базой послужили труды отечественных исследователей, экспериментальные исследования и личные наблюдения авторов.

Результаты

При производстве гуминовых препаратов происходит образование многофазной гетерогенной дисперсионной системы, в состав которой входит органическая и неорганическая части, представленные сырьем и водой [2].

В свою очередь, сырье также состоит из органической части, представленной растительными остатками – лигнин, смолы и парафины, гумусные вещества, в состав которых входят: гуминовые и фульвовые кислоты, гумины и гематомелановые вещества и т.д.; в ряде случаев были видны перегнившие остатки растений.

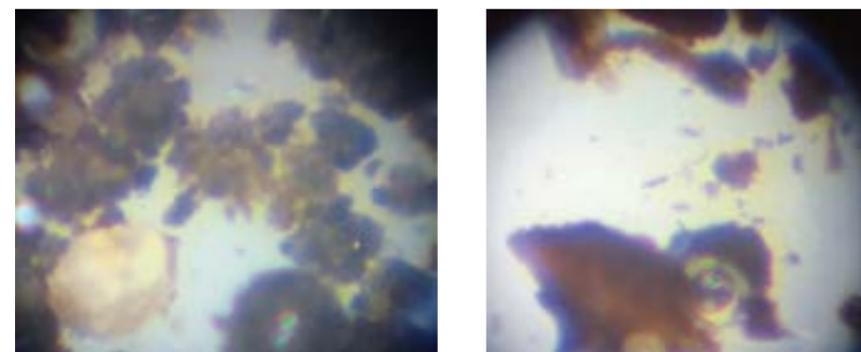


Рис. 3 – Общий вид частиц торфа при увеличении 100крат
Fig. 3 – General view of peat particles at 100x magnification

Таблица 1 – Показатели качества сырья для производства гуминовых препаратов (усредненные данные)

Наименование показателя	Показатели сырья			
	Торф	Уголь	Сапропель	Вермикомпост
1. Соотношение воды и сырья	1:3	1:5	1:3	1:3
2. Массовая доля влаги в сырье W, %	75-85	75-80	75-85	55
3. Кислотность рН солевой суспензии	5,6	5,7	5,8	5,0
4. Зольность А, %	12-14	22-33	48-60	58-60
5. Засоренность посторонними примесями размером более 25 мм, %, не более	2	3	3	1
6. Содержание песка и минеральных частиц %	22	23	26	22
7. Степень разложения торфа R, %, не менее	28-36	-	-	-
8. Массовая доля органического вещества, %	85-88	67-78	40-52	40-42
9. Содержание битумов смол и т.д. %	18до 33	5-23	5-15	3-5
10. Массовая доля гуминовых кислот (общее содержание), %	35	39	34	13-18

В состав неорганической части сырья входят: вода, песок, зольные вещества, иловые и глинистые включения, гравий и т.д. При анализе торфа с помощью микроскопа (увеличением x40 и x100) частичка торфа может представлять собой микробъект (размером от 0,2x0,3x0,2мм до 2x2x3мм) неровной формы, состоящий из ядра-песчинки, облепленной органической массой, в полости которой находится воздух, или органическую неплотную частичку, в порах которой находится воз-

дух (рис. 3).

Сапропель и вермикомпост по своим характеристикам схожи с торфом. Уголь, применяемый для производства удобрений, не имеет в своем составе частей растений (ни перегнивших, ни живых) (табл. 1).

Отношение органической и неорганической частей в сырье зависит от исходного сырья, способа его добычи и образования. Например, зольность выше у сапропеля (48-60 %) и вермикомпоста



(58-60 %) , но значительно меньше у угля (22-33 %) и торфа (12-14 %) (табл. 1).

Влажность зависит от способа добычи исходного сырья, его образования и подготовки. Например, торф, заготавливаемый в неблагоприятную погоду и без просушки, обладает высокой влажностью (до 300 % и более) после подготовки (дробление брикетов или кусков и просушки) влажность стандартизируют до 60-80 %.

Именно сырье будет определять количество действующего вещества в конечном продукте. Чем больше содержание действующего вещества, тем выше его в конечном продукте, без учета технологии конденсации действующего вещества и смешивания разнородного сырья (торф и уголь, торф и вермикомпост и т.д.). Необходимо отметить, что при производстве готового продукта зольные элементы и не переработанный материал удаляются (фильтрация готового продукта), а все остальное составляет балласт в готовом продукте. Балластные вещества могут быть представлены остатками растительного происхождения (очес в торфе, лигнин, и т.д.) и продуктами разложения (битумы, смолы, маслянистые примеси). Находясь в готовом продукте, эти вещества могут вступать во взаимодействие с щелочью или способствовать микробиологическим процессам преимущественно анаэробного разложения.

В производственных условиях сразу после фракционного разделения поступающего сырья происходит смешивание и образование суспензии. Дисперсной средой в данной системе будет выступать вода, дисперсной фазой – сырье.

Исследуемая суспензия представляет собой гетерофазную дисперсную систему, которая обладает следующими характеристиками: многофазность. В сырье есть твердая фаза, представленная минеральной частью торфа: зольными включениями, песком и минеральными частицами, а также органической частью, состоящей преимущественно из разложившихся остатков растений. При смешивании воды – жидкой фазы – и твердой фазы в виде сырья происходит образование гетерогенной дисперсной системы, которую можно отнести к суспензиям с растворенными в них высокомолекулярными веществами – ВМВ. На свойства и характеристики данной системы влияют два основных показателя: соотношение сырья и воды и качество исходного сырья.

Самые распространенные соотношения колеблются от 1:3 до 1:10, в редких случаях применяют соотношение 1:2 [1]. Пропорции сырья и воды производители препаратов и агрохимикатов подбирают в соответствии со своим технологическим процессом или исходя из возможности своего оборудования, учитывая постоянство затрат на работу техники и выход заданного уровня действующего вещества.

При этом многими производителями отмечается влияние влажности сырья (особенно торфа) на соотношение воды и сырья. У торфа самая высокая влагоемкость от 500 до 1000 % (это определяет способность 1 объема торфа удерживать от 5 до 10 объемов воды) [1]. Например, соотношение

1:3 воды к торфу влажностью 73 % будет не совсем верным, так как в торфе уже содержится более 3 объемов воды (150 кг торфа при высушивании до постоянного значения испаряют не менее 100 литров воды).

Вода является дисперсионной средой данной гетерофазной системы, основой для экстракции и измельчения сырья, растворителем веществ (водорастворимых частей – гуминовых веществ и экстрагента – щелочи).

Вода должна отвечать или быть близка к требованиям ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Необходимо отметить, что вода, также как и торф, может включать органическую (бактерии, микроорганизмы и растворенные органические вещества или нефтепродукты) и минеральную часть (представленную минеральными солями веществ, солями, обуславливающими жесткость воды и т.д.). В случае соблюдения требований к воде данным показателем можно пренебречь. Жидкая фаза – вода является сплошной средой, в то время как исходное сырье чаще всего мелко раздробленное до размеров фракций 2-5 мм.

Дисперсная фаза представлена сырьем – породой различного происхождения (торф и уголь – осадочного; сапрпель – донного и т.д.) или продуктом переработки отходов – вермикомпостом (биогуомусом). Все сырье включает в себя минеральную часть и органическую часть. В свою очередь, части сырья могут быть растворимыми в воде (водорастворимые и легкогидролизуемые вещества) или нерастворимыми (песок, зольные включения, волосистые части торфа и т.д.) и содержать растворенные или насыщенные газы в воде.

Дисперсная фаза может характеризоваться следующими параметрами: размер частиц (а), общая поверхность частиц (S), и общий объем частиц в дисперсной среде (V). Дисперсность можно определить по формуле: $D=1/a$, или $D=1/d$, где d – диаметр сферических частиц.

$$D=1/(5 \cdot 10^{-3})=2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}.$$

$$\text{Или } D=1/(2 \cdot 25 \cdot 10^{-6})=2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}.$$

Кроме сферической формы, в сырье могут присутствовать частицы кубической или многогранной формы, а также волокнистые. Соотношение данных частиц сильно варьируется даже внутри одного объема сырья.

В проведенных исследованиях дисперсность изменяется с 0,1 до 0,001-0,0002 мм, что подтверждает грубодисперсность системы. С максимальным размером – частицы сырья менее 10-50 мкм, средним размером – от 5 до 30 мкм и минимальным размером менее 0,0002 мкм.

Степень дисперсности $n = l / l_0$, где n – это отношение линейных размеров частиц в исходной системе к размерам частиц в диспергированной системе l_0 или обратное значение дисперсности.

Удельную поверхность контактирующих частиц можно определить по формуле:

$$S_{уд} = S/V \text{ (м}^2/\text{м}^3) \quad (1)$$

$$\text{или} \quad S_{уд} = S/m \text{ (м}^2/\text{кг}). \quad (2)$$

где S – площадь поверхности 1 единицы; V –



объем (1,5литра) или m – масса (0,5кг сырья).

Для частиц сферической формы:

$$S_{уд}^{\text{сф}} = 6D = 6 \cdot (2 \cdot 10^5) = 12 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

$$S_{уд}^{\text{сф}} = (6D)/\rho = 12 \cdot 10^5 / 1500 = 800 \text{ м}^2/\text{кг};$$

Для частиц кубической формы:

$$S_{уд}^{\text{куб}} = 6D = 6 \cdot (2 \cdot 10^5) = 12 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

$$S_{уд}^{\text{куб}} = (6D)/\rho = 12 \cdot 10^5 / 1500 = 800 \text{ м}^2/\text{кг};$$

Для частиц нитевидной формы:

$$S_{уд}^{\text{нит}} = 4D = 4 \cdot (2 \cdot 10^4) = 8 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

$$S_{уд}^{\text{нит}} = (4D)/\rho = 4 \cdot (2 \cdot 10^4) / 1500 = 533,33 \text{ м}^2/\text{кг};$$

Данный расчет показывает, что при механическом воздействии на суспензию происходит измельчение частиц с 3-5 мм до 0,0001-0,0005мм с увеличением удельной поверхности частиц. Данный показатель особенно важен при рассмотрении экстракций гуминовых веществ из носителей – частичек органической вещества.

Необходимо отметить, что одно из условий гетерогенной среды – равномерность распределения частиц в среде при смешивании сырья и воды – наблюдается не сразу. При непосредственном смешивании воды и сырья происходит впитывание воды и набухание сырья.

С течением времени или под механическим воздействием (истирания, перемешивания, кавитации) а также под действием экстрагента происходит равномерное распределение частиц в среде, а также вымывание растворимых и легкогидролизуемых веществ из сырья. Красным выделен период активной кавитации, после чего происходит отставание и осаждение частиц (рис. 4).

Представленная дисперсионная система является лиофильной системой, чему также способ-

ствует введение щелочи. Граница раздела фаз может быть представлена несколькими видами:

1. Жидкость непосредственно контактирует как с органической, так и с минеральной частью суспензии.

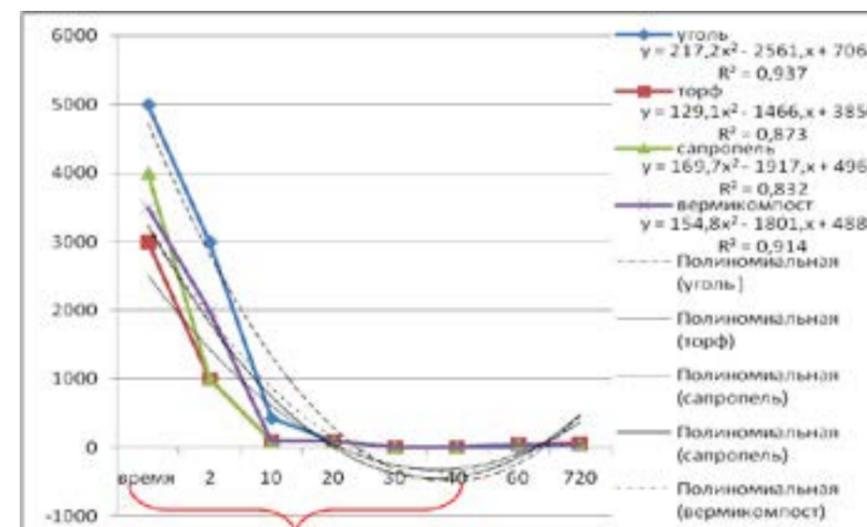
2. Жидкость не контактирует с органической и минеральной частью системы, между ними есть воздушная прослойка.

3. Жидкость частично контактирует как с органической, так и с минеральной частью суспензии в связи с наличием на поверхности частички воздушного пузырька.

4. Жидкость частично контактирует с минеральной частью суспензии в связи с наличием на поверхности органики.

5. Жидкость частично контактирует с органической частью суспензии в связи с наличием на поверхности воздуха и отсутствием минеральной части.

6. Стоит отметить, что кроме физических границ в данной системе присутствуют и химически обусловленные границы. В сырье содержатся лигнин, битумы и другие гидрофобные соединения, способствующие образованию и поддержанию межфазных границ системы, или могут наблюдаться коллоидные пленки. В сапрпеле и вермикулите на границе между твердой составляющей – песчинками (силикатными или кварцевыми) и органической частью возникает сцепление на основе химических связей коллоидного характера, обусловленное образованием силикатными солями на поверхности минеральных частичек.



при измельчении (диспергации) суспензии на кавитаторе

Наличие на поверхности частичек сырья шероховатостей, удерживающих воздушную пленку, а также волокнистую структуру торфа, в волокнах которого находится воздух, будет определять неравенство давлений в фазах. Это свойство дисперсной среды необходимо учитывать при подготовке исходного сырья для запуска в технологическом цикле. Этот показатель может быть очень важен при кавитационном воздействии, так

как именно на границе раздела фаз будут образовываться зародыши будущих каверн.

Фазовые превращения. В исследуемой системе могут происходить различные процессы, связанные с изменением состояния вещества (например при кавитации, испарении жидкости, конденсации пара, диспергировании твердого тела и т.д.). Этому явлению подвержена не только дисперсная среда, но и легко растворимые вещества,

Рис. 4 – Зависимость распределения частиц по фракциям в зависимости от времени жизни суспензии (мин) [4]

Fig. 4 – Dependence of the distribution of particles among fractions depending on the lifetime of the suspension (min) [4]



переходящие из твердого в жидкое состояние. Межфазное взаимодействие. Между различными фазами в системе происходит обмен энергией и веществом, что может приводить к изменению их свойств и поведения.

Термодинамическое условие получения дисперсной системы можно описать следующей формулой:

$$\Delta G = \Delta H - T \text{ при } \Delta S < 0 \quad (3)$$

где ΔG – энергии Гиббса;
 ΔS – энтропия и ΔH – энтальпия при образовании суспензии.

В случае применения дисперсионных методов получения суспензии (кавитация или измельчение) $\Delta H > 0$ и $\Delta S > 0$.

При вымывании легкогидролизуемых веществ в дисперсную среду $\Delta H \approx 0$ и $\Delta S > 0$.

При укрупнении частиц – отстаивании или разделении среды $\Delta H \approx 0$ и $\Delta S < 0$ (рис. 4). Сразу после окончания кавитационного воздействия на суспензию дисперсность составлял 25-50 мкм более

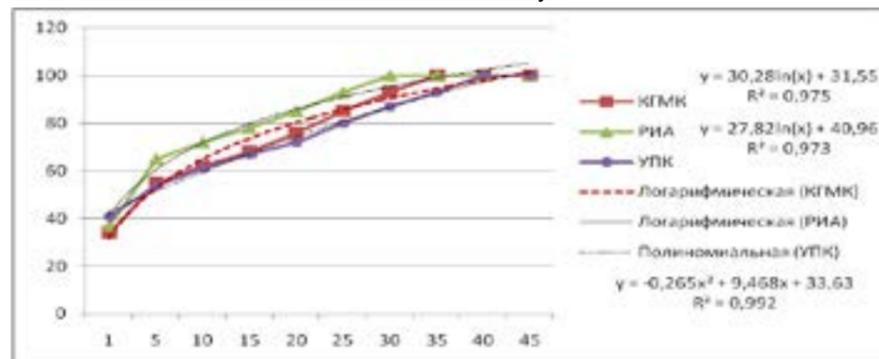


Рис. 5 – Дисперсность торфо-водной суспензии в зависимости от продолжительности кавитации [4]
 Fig. 5 – Dispersivity of peat-water suspension depending on cavitation duration [4]

После измельчения соотношение крупных и мелких частиц изменяется. Необходимо отметить, что основная часть твердых и плотных частиц оседают на дно во время образования суспензии при перемешивании.

Получаемая система после отделения механической примеси будет представлена водой и органической массой, содержащей кроме действующих веществ – гуминовых и фульвовых кислот – растительные остатки и различные примеси и вещества (лигнин, битум, парафины и т.д.).

Анализируя получаемую суспензию, можно выделить основные оптические свойства дисперсной системы:

- основанные на дифракции светового потока;
- абсорбции поглощения светового потока;
- на отражении света;
- преломлении света и двойном преломлении света.

Основными визуальными признаками могут служить: окраска системы, мутность, величина коэнса Тиндала, поглощение спектра.

Получаемые суспензии, как гетерофазная дисперсионная система, могут быстро переходить из гомогенного в гетерогенное состояние, то есть, теряют свою устойчивость. Основными причинами

90 % всего объема образца, спустя 20 минут после кавитации (60 минут по графику) дисперсность составила более 50-75 мкм 92 % объема образца.

После 12 часов дисперсность увеличилась до 75-100 мкм 90 % объема образца, что может указывать на объединение частичек или на осаждение и расслоение и разрушение суспензии.

Молекулярно-кинетические свойства водно-сырьевой суспензии проявляются под воздействием:

– силы тяжести (сидиментации), проявляемой при отстаивании суспензии или разделении на гидроциклоне,

– градиента концентрации, проявляемой при диффузии воды и экстрагента в частички сырья (торфа, угля, сапропеля или вермикулита),

– межмолекулярного взаимодействия (броуновского движения) частиц в среде.

При образовании суспензии наблюдается диффузно-сидиментационное равновесие, обуславливающее неравномерное распределение частиц сырья в воде (преимущественно в нижних слоях суспензии находятся наиболее крупные, а в верхних слоях суспензии – более мелкие частички сырья).

этого можно назвать:

- агрегатная устойчивость, связанная с дисперсностью и седиментацией сырья в системе;
- фазовая устойчивость, определяющая характер взаимодействия между частичками сырья в суспензии;
- кинетическая устойчивость, основанная на распределении частиц сырья в объеме суспензии.

Кроме образования дисперсной системы, необходимо рассмотреть и процесс разрушения дисперсной системы – коагуляции. Основные пути коагуляции дисперсной системы – диссолюция, а также укрупнение и рост частиц.

Диссолюция – это процесс неполного растворения частичек сырья в среде. Основные факторы, которые способствуют диссолюции: время – при длительном хранении происходят микробиологические процессы по разрушению и деструкции растительных остатков, находящихся в готовом препарате, переводя их в растворимые формы. Также при длительном хранении разрозненные молекулы гуминовых кислот могут объединяться в крупные соединения с осаждением на дно емкости. Процесс разделения фаз также может происходить под действие изменения кислотности – рН.

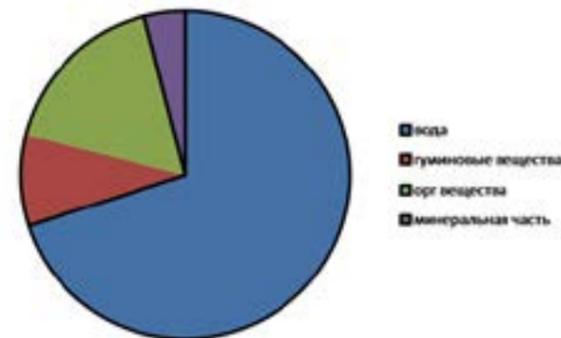


Рис. 6 – Диаграмма структуры торфа, сапропеля или биогумуса, как сырья для производства гуминовых удобрений %

Fig. 6 – Diagram of the structure of peat, sapropel or vermicompost, as raw materials for the production of humic fertilizers %

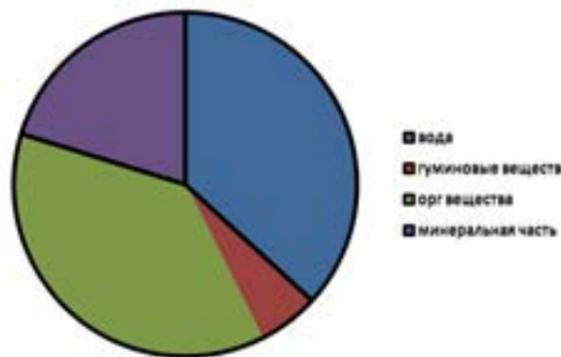


Рис. 7 – Диаграмма структуры угля, как сырья для производства гуминовых удобрений %

Fig. 7 – Diagram of the structure of coal as a raw material for the production of humic fertilizers

При введении кислоты в суспензию или изменении кислотности в кислую среду ($pH < 7$), а также под действием пропущенного через раствор электрического тока (электрокоагуляция) гуминовые кислоты оседают на дно с осветлением суспензии [5]. На данном свойстве этой системы можно осуществить выделение фульвовых кислот из суспензии в раствор. Необходимо отметить, что под действием гравитации в гидроциклонах, также возможно выделение из суспензии более крупных и тяжелых частиц (растительные остатки, твердые примеси и т.д.). В случае перепада температуры в суспензии может происходить расслаивание дисперсной среды с выделением раствора фульвовых кислот.

Кроме основных свойств дисперсной среды необходимо отметить и электрические свойства:

- раствор суспензии при приготовлении обладает малой электропроводностью, при растворении сырья происходит повышение электропроводности до момента введения щелочи. Щелочь многократно усиливает электропроводность;
- различные вещества, присутствующие в сырье в виде солей (оксиды железа), могут так же влиять на магнитные свойства суспензии, электропроводность и диэлектрическую проницаемость.

Выводы

1. В ходе изучения сырья и его взаимодействия были определены основные свойства и показатели получаемой суспензии. В состав всех видов сырья входят органические и неорганические вещества, включая воду, которую необходимо учитывать при расчетах и составлении соотношений сырья / вода, а также при введении щелочи.

Наиболее перспективные суспензии были получены из торфа и угля, обладающих высоким содержанием гуминовых веществ и низким содержанием зольных элементов. Необходимо отметить, что из сырья в суспензию агрохимиката переходит не только действующее вещество, но и вся органика, содержащаяся в сырье. В суспензии, как и в конечном продукте, она играет роль балласта, которая может приводить к развитию микробиологических процессов в готовом препарате.

2. При производстве гуминовых препаратов происходит образование многофазной гетерогенной дисперсной системы. Дисперсная фаза представлена сырьем, а дисперсная среда водой. Вода выступает также растворителем высокомолекулярных растворимых веществ и щелочи при экстракции гуминовых и фульвовых кислот.

3. Основными показателями при изучении суспензии были дисперсность частиц, степень дисперсности и удельная площадь поверхности, которые изменяются в широких пределах, особенно при измельчении (диспергации). Распределение частиц сырья в суспензии можно изучить с применением сидиментационного анализа или фильтрации, а также по электрофизическим показателям. Показатель дисперсности на анализируемый объем (3 литра на 0,5 кг сырья) может находиться в пределах $2 \cdot 10^4 \text{ м}^{-1}$; Удельная площадь поверхности частиц может сильно изменяться от 53,33 до $80 \text{ м}^2/\text{кг}$ или $8 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{м}^3$. На данный показатель влияет форма частиц и степень дробления.

4. Граница раздела фаз в суспензии может быть представлена как непосредственным соприкосновением частиц и среды, так и химически обусловленными пленками коллоидной природы. В основном выделены 5 основных границ раздела фаз, которые могут влиять на протекание кавитации и извлечение гуминовых веществ.

5. В исследуемой суспензии происходят фазовые превращения, обусловленные как вымыванием и растворением высокомолекулярных веществ, так и образованием сгустков веществ при отстаивании или под действием других факторов.

6. Определены теоретические условия межфазного взаимодействия. В случае применения дисперсионных методов получения суспензии (кавитация или измельчение) $\Delta H > 0$ и $\Delta S > 0$. При вымывании легкогидролизуемых веществ в дисперсную среду $\Delta H \approx 0$ и $\Delta S > 0$. При укрупнении частиц – отстаивании или разделении среды $\Delta H \approx 0$ и $\Delta S < 0$.

7. На основе анализа суспензии можно выделить основные оптические свойства дисперсной системы, на основе которых возможно осуществлять контроль процессов в дисперсной системе:

- основанные на дифракции светового потока;



- абсорбции поглощения светового потока;
- на отражении света;
- преломлении света и двойном преломлении света.

Основными визуальными признаками могут служить: окраска системы, мутность, величина коноуса Тиндаля, поглощение спектра.

8. Кроме образования суспензии и определения условий для экстракции были определены условия и факторы, влияющие на коагуляцию дисперсной системы. Коагуляция может происходить по пути диссолюции, а также укрупнения и роста частиц.

Список источников

1. Гайбарян, М. А. Новые технические решения в технологической линии для производства гуминовых удобрений / М. А. Гайбарян, О. В. Ушаков, В. М. Соколин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 42-45. – EDN VBETGX.

2. Теоретические основы процесса кавитации в гетерогенных системах на примере производства гуминовых удобрений / О. В. Ушаков, М. Ю. Костенко, Е. Н. Закабунина, О. М. Рамазанов // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 1(21). – С. 279-285. – DOI 10.52671/26867591_2024_1_279. – EDN VSOUKR.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

1. Gajbaryan, M. A. *Novye tekhnicheskie resheniya v tekhnologicheskoy linii dlya proizvodstva guminovykh udobreniy* / M. A. Gajbaryan, O. V. Ushakov, V. M. Sokolin // *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. – 2015. – № 6. – S. 42-45. – EDN VBETGX.

2. *Teoreticheskie osnovy processa kavitacii v geterogennykh sistemah na primere proizvodstva guminovykh udobreniy* / O. V. Ushakov, M. YU. Kostenko, E. N. Zakabunina, O. M. Ramazanov // *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. – 2024. – № 1(21). – S. 279-285. – DOI 10.52671/26867591_2024_1_279. – EDN VSOUKR.

3. *Kolloidnaya himiya. Primery i zadachi : Uchebnoe posobie* / V. F. Markov, T. A. Alekseeva, L. A. Brusnicyna, L. N. Maskaeva. – Ekaterinburg : Ural'skij federal'nyj universitet, 2015. – 188 s. – ISBN 978-5-7996-1435-5. – EDN ZVCAER.

4. Ushakov, O. V. *Kachestvennye pokazateli kavitatorov, osnovannykh na razlichnykh principah sozdaniya kavitacii* / O. V. Ushakov, M. YU. Kostenko // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2023. – № 194. – S. 254-267. – DOI 10.21515/1990-4665-194-026. – EDN HMXGSH.

5. *Elektrokineticheskie svoystva guminovykh veshchestv* / L. G. Sivakova, G. M. Rotova, N. P. Lesnikova, N. M. Kim // *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. – 2009. – № 2(72). – S. 153-155. – EDN KLSLOF.

6. Deryabin, V. A. *Fizicheskaya himiya dispersnykh sistem* / V. A. Deryabin, E. P. Farafontova ; *Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Ural'skij federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'cina*. – Ekaterinburg : *Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Ural'skij federal'nyj universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'cina*, 2015. – 88 s. – ISBN 978-5-7996-1450-8. – EDN UWLGIR.

Contribution of the authors:

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

The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах

Ушаков Олег Валентинович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры экономики и менеджмента ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» в Рязань, Россия, ovushakov62@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», Рязань, Россия, km340010@rambler.ru

Author information

Ushakov Oleg V., Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management of the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russian, ovushakov62@mail.ru

Kostenko Mikhail Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia, km340010@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 18.03.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 06.06.2024.

The article was submitted 18.03.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 06.06.2024.