

# ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта 2007  
года

Выходит один раз  
в два месяца

## УЧРЕДИТЕЛЬ/ИЗДАТЕЛЬ:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

## Научный журнал

Журнал включен в Российский  
индекс научного цитирования  
(РИНЦ).

Полные тексты статей доступны на  
сайте научной электронной  
библиотеки eLIBRARY.RU:  
<https://elibrary.ru>

Индекс журнала на сайте  
«Объединенного каталога  
«Пресса России»  
[www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)  
33361.

Журнал «Вестник Брянской ГСХА»  
входит в Перечень рецензируемых  
научных изданий (по состоянию на  
22.05.2023), 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. Агрехимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений  
(сельскохозяйственные науки),  
4.2.4. Частная зоотехния, кормление,  
технологии приготовления кормов и  
производства продукции  
животноводства  
(сельскохозяйственные науки),  
4.3.1. Технологии, машины и  
оборудование для  
агропромышленного комплекса  
(технические науки).

№ 3 (103)  
МАЙ-ИЮНЬ 2024  
СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Адамко В.Н., Анищенко В.А., Воробьева Л.А., Шаповалов В.Ф.**  
Действие длительного применения удобрений и качество зерна озимой  
ржи при возделывании на дерново-подзолистой песчаной почве в условиях радиоактивного  
загрязнения <sup>137</sup>Cs 3
- Пашковская А.А., Ситнов Д.М., Поцепай С.Н., Шаповалов В.Ф.**  
Эффективность различных систем удобрений и биопрепарата альбит при производстве  
зерна гречихи в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов 8
- Поцепай С.Н., Анищенко Л.Н., Семьшев М.В., Атрошенко П.П.**  
Почвоулучшающая роль сообществ травянистых растений при фитомелиорации техно-  
генных разработок минерального сырья приемом залужения 14
- Дашкевич М.А., Лебедько Е.Я.**  
Фотосинтетическая деятельность тритикале озимого на зеленый корм 20
- Сычѳва И.В., Сычѳв С.М., Осипов А.А., Анищенко Д.И., Васина М.Ю.**  
Оценка накопления экотоксикантов сортообразцами свеклы столовой и моркови столо-  
вой в условиях Брянской области 26

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Подольников В.Е., Подольников М.В., Гамко Л.Н., Стафеева А.А.**  
Продуктивные качества и морфо-биохимический состав крови у молодняка птицы при  
использовании в их рационах гуминовых веществ 31
- Лебедько Е.Я., Малявко И.В., Малявко В.А.**  
Повышение белкомолочности голштинских коров селекционными методами в племен-  
ных стадах Брянской области 37
- Яковлева С.Е., Шепелев С.И., Нестерова Ю.С.**  
Влияние линейной принадлежности на экстерьер лошадей рысистых пород различной работо-  
способности 43

### АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Банникова Д.А., Зайцева М.И., Калинин А.А.**  
Анализ конструкции, условий работы и причин выхода из строя доизмельчителя кормо-  
уборочного комбайна 48
- Чжан Лили, Бородин И.И.**  
Обзор методов и средств обеспечения равномерности всходов пропашных культур на  
примере исследований Китая 54
- Погоньшев В.А., Бычкова Т.В., Мокшин И.А., Погоньшева Д.А.**  
Трибологические аспекты совершенствования машинно-технологической обеспеченности АПК 60
- Безик Д.А., Романев Н.А., Бычкова Т.В.**  
Расчет деревянных конструкций в APM WINMACHINE 65
- Васькин А.Н., Ракутько Е.Н.**  
Оценка сравнительных показателей спектрального состава светодиодных и люминес-  
центных источников оптического излучения 73

№ 3 (103)

MAY-JUNE 2024

### AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

- V.N. Adamko, V.A. Anishchenko, L.A. Vorob'yova, V.F. Shapovalov**  
Effect of long-term application of fertilizers on the productivity and grain quality of winter rye when  
cultivating on sodd-podzol sandy soil under conditions of radioactive contamination with <sup>137</sup>Cs 3
- A.A. Pashkovskaya, D.M. Sitnov, S.N. Potsepai, V.F. Shapovalov**  
Effectiveness of various fertilizer systems and biopreparation al'bit in the production of buckwheat  
grain under conditions of radioactive contamination of agrolandscapes 8
- S.N. Potsepai, L.N. Anishchenko, M.V. Semyshev, P.P. Atrosnenko**  
Soil improving role of herbaceous plant communities in phytomelioration of technogenic mineral  
deposits by grassing down 14
- M.A. Dashkevich, Ye.Ya. Lebed'ko**  
Photosynthetic activity of winter triticale for green fodder 20
- I.V. Sychyova, S.M. Sychyov, A.A. Osipov, D.I. Anishchenko, M.Y. Vasina**  
Evaluation of accumulating ecotoxicants by table beet and carrot cultivars under the conditions of the  
Bryansk region 26

### ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

- V.Ye. Podol'nikov, M.V. Podol'nikov, L.N. Gamko, A.A. Stafeeva**  
Productive qualities and morpho-biochemical composition of blood in young birds when using humic  
substances in their diets 31
- E.Ya. Lebedko, I.V. Malyavko, V.A. Malyavko**  
Increasing the milk protein content of Holstein cows by breeding methods in breeding herds of the  
Bryansk region 37
- S.Ye. Yakovleva, S.I. Shepelev, Y.S. Nesterova**  
Linear affiliation influence on the exterior of trotting horses of various performance 43

### AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

- D.A. Bannikova, M.I. Zaitseva, A.A. Kalinin**  
Analysis of the design, operating conditions and causes of failure of the forage harvester shredder 48
- Chzhang Lili, I.I. Borodin**  
Review of methods and means of ensuring uniformity of seedlings of row crops on the example of  
Chinese research 54
- V.A. Pogonyshev, T.V. Bychkova, I.A. Mokshin, D.A. Pogonysheva**  
Tribological aspects of improvement machinery and technological support of the agro-industrial  
complex 60
- D.A. Bezik, N.A. Romanev, T.V. By'chkova**  
Calculation of wooden structures in the Winmachine ARM 65
- A.N. Vaskin, E.N. Rakutko**  
Evaluation of comparative spectral composition indicators led and fluorescent optical radiation  
sources 73

**Главный редактор** В.Е. Ториков – д. с.-х. н., проф. Брянского ГАУ (Брянская область)

**Редакционный совет:**

Н.М. Белоус – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); П.Н. Балабко – д-р биол. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); В.В. Дьяченко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.Н. Евдокименко – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФНЦ Садоводства (г. Москва); А.А. Завалин – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва); В.А. Исайчев – д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малявко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков – д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова – д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычев – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); В.Е. Бердышев – д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); А.А. Бойко – д-р техн. наук, профеммор ГГТУ имени П.О. Сухого (г. Гомель); Н.Н. Дубенок – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); М.Н. Ерохин – акад. РАН, д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); А.М. Михальченков – д-р техн. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Н.И. Гавриченко – д-р биол. наук, профессор Витебской ГАВМ (г. Витебск); Л.Н. Гамко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.Ю. Карпенко – д-р биол. наук, профессор Санкт-Петербургской ГАВМ (г. Санкт-Петербург); С.А. Козлов – д-р биол. наук, профессор Московской ГАВМ им. К.И. Скрябина (г. Москва); Е.Я. Лебедев – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана – д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

**Редакторы:**

А.А. Осипов – ответственный редактор;  
Е.Н. Осипова – технический редактор;  
Е.В. Смольский – редактор рубрики/раздела;  
А.Г. Менякина – редактор рубрики/раздела;  
А.И. Купреенко – редактор рубрики/раздела;  
С.Н. Поцепай – корректор переводов;  
А.А. Кудрина – библиограф.

ISSN 2500-2651.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г).

Тираж 250 экз. Подписано в печать 05.06.2024.

Дата выхода в свет 25.06.2024.

Свободная цена.

Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а,  
E-mail: torikov@bgsha.com.

Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>

Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.  
243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино,  
ул. Советская, 2а.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2024

**Editor-in-Chief:** V.E. Torikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region)

**Editorial Board:**

N.M. Belous – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); P.N. Balabko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Moscow); V.V. D'yachenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); S.N. Evdokimenko – Doctor of Agricultural Sciences of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (Moscow); A.A. Zavalin – Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov. (Moscow); V.A. Isaichev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (Ulyanovsk); G.P. Malyavko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); A.V. Pasynkov – Doctor of Biological Sciences, chief researcher of the Agrophysical Research Institute (Saint-Petersburg); T.F. Persikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Belarusian SAA (Gorki); S.M. Sychyov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.E. Berdyshev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.A. Boyko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); M.N. Erokhin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.M. Mihal'chenkov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); N.I. Gavrichenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Vitebsk SAVM (Vitebsk); L.N. Gamko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.Yu. Karpenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Saint-Petersburg SAVM (Saint-Petersburg); S.A. Kozlov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow SAVM named after K.I. Skryabin (Moscow); E.Ya. Lebedko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.A. Tanana – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Grodno SAU (Grodno).

**Editors:**

A.A. Osipov – executive editor;  
E.N. Osipova – technical editor;  
E.V. Smol'ski – column/section editor;  
A.G. Menyakina – column/section editor;  
A.I. Kupreenko – column/section editor;  
S.N. Potsepai – translation corrector;  
A.A. Kudrina – bibliographer.

ISSN 2500-2651.

The registration certificate of mass media PI № FS77-28094 of April 27, 2007.

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 05.06.2024.

The release date is 25.06.2024.

Free price.

Edition address: 2a Sovetskaya St., Vygonichy District, Bryansk Region, Russia, 243365

E-mail: torikov@bgsha.com.

Website: Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2024



**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО**  
**AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT**  
**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ**  
**(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья

УДК 631.8:631.559:633.14:631.445.2:539.16

**ДЕЙСТВИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ  
И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ  
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ  
В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ <sup>137</sup>Cs**

<sup>1</sup>Василий Николаевич Адамко, <sup>1</sup>Валерий Александрович Анищенко,

<sup>1</sup>Людмила Алексеевна Воробьева, <sup>2</sup>Виктор Федорович Шаповалов

<sup>1</sup>Новozybковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

Брянская область, Опытная станция, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Предоставлены результаты многолетних исследований в стационарном, полевом опыте по изучению эффективности применения минеральных удобрений различной степени насыщенности, органических и зеленых удобрений и их влияние на урожайность и качественные показатели зерна озимой ржи, возделываемой в плодосменном севообороте на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной песчаной почве, при плотности радиоактивного загрязнения свыше 15 Ки/км<sup>2</sup>, в отдаленный период после аварии на ЧАЭС. Показано, что максимальный урожай зерна озимой ржи 1.75 т/га в среднем за годы проведения исследований достоверно обеспечило применение оптимальной системы удобрения – навоз 20 т/га, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> + пожнивно-корневые остатки люпина, при окупаемости НРК, прибавкой урожая 1,8 кг/га и величиной удельной активности Цезия 137-го в урожае товарной продукции на уровне 28 Бк/кг, при нормативе 180 Бк/га. Под влиянием изучаемых систем удобрений, отмечено повышения белковости зерна озимой ржи. Наиболее высокое содержание белка в зерне озимой ржи 14,52 % было получено в среднем в оптимальном по удобренности варианте – Навоз 20 т/га, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> + пожнивно-корневые остатки люпина, при величине его сбора с единицы площади 0,25 т/га. Концентрация остаточных нитратов по изучаемым системам удобрений, изменялась от 12,0 до 12,3 Мг/кг, достигая максимума в варианте - навоз 20т/га, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> + пожнивно-корневые остатки люпина (при ПДК – 250 Мг/кг). Отмечено так же, изменение содержания в урожае товарной продукции озимой ржи макроэлементов – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и Ca в варианте с оптимальной по удобренности системе удобрения навоз 20 т/га, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> + пожнивно-корневые остатки люпина.

**Ключевые слова:** озимая рожь, минеральные, органические, зеленые, удобрения, урожайность, качество, накопление, <sup>137</sup>Cs.

**Для цитирования:** Действие длительного применения удобрений на продуктивность и качество зерна озимой ржи при возделывании на дерново-подзолистой песчаной почве в условиях радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs / В.Н. Адамко, В.А. Анищенко, Л.А. Воробьева, В.Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 3-7.

**Original article**

**EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER RYE WHEN CULTIVATING ON SODD-PODZOL SANDY SOIL UNDER THE CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION WITH <sup>137</sup>Cs**

<sup>1</sup>Vasily N. Adamko, <sup>1</sup>Valery A. Anishchenko, <sup>1</sup>Lyudmila A. Vorob'yova, <sup>2</sup>Viktor .F. Shapovalov

<sup>1</sup>Novozybkov AES –the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute»,

Bryansk Region, Experimental Station, Russia

<sup>2</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The results of long-term researches in stationary field experience on the study of the effectiveness of applying mineral fertilizers of various saturation degrees, organic and green fertilizers on the yields and quality indicators of winter rye grain cultivated in a fruit-bearing crop rotation on sod-podzolic radioactively contaminated sandy soil with a density of radioactive contamination over 15 Ki/km<sup>2</sup> in a remote period after the Chernobyl accident are provided. It is shown that the maximum yields of winter rye grain of 1.75 t/ha on average the years of researches reliably ensured using an optimal fertilizer system –

manure 20 t/ha,  $N_{120}P_{90}K_{120}$  + crop-root lupine residues, at a payback of NPK, an increase in the yield of 1.8 kg/kg and the value of the specific activity of Caesium 137 in the yield of marketable products at the level of 28 Bq/kg, at a standard of 180 Bq/ha. Under the influence of the studied fertilizer systems, an increase in the protein content of winter rye grain was noted. The highest protein content in winter rye grain of 14.52% was obtained on average in the optimal fertilization variant – Manure 20 t/ha,  $N_{120}P_{90}K_{120}$  + crop-root lupine residues at the value of its collection per area unit of 0.25 t/ha. A concentration of residual nitrates in the studied fertilizer systems varied from 12.0 to 12.3 Mg/kg, reaching a maximum in the variant - Manure 20 t/ha,  $N_{120}P_{90}K_{120}$  + crop-root lupine residues (at MPC – 250 Mg/kg). There was also a change in the content of macronutrients in the harvest of marketable winter rye products –  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  and Ca in the variant with the optimal fertilization system of Manure 20 t/ha,  $N_{120}P_{90}K_{120}$  + crop-root lupine residues.

**Key words:** winter rye, mineral, organic, green, fertilizers, yields, quality, accumulation,  $^{137}Cs$ .

**For citation:** Effect of long-term application of fertilizers on the productivity and grain quality of winter rye when cultivating on sodd-podzol sandy soil under conditions of radioactive contamination with  $^{137}Cs$  / V.N. Adamko, V.A. Anishchenko, L.A. Vorob'yova, V.F. Shapovalov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 3-7.

**Введение.** Озимая рожь, как важнейшая и самая распространенная из всех зерновых хлебов культура на низкоплодородных почвах дерново-подзолистого типа, легкого гранулометрического состава. Обладает способностью формировать относительно высокие урожаи товарного зерна, что ставит его в ряд культур низкого экономического риска. На низко плодородных почвах дерново-подзолистого типа с невысоким содержанием гумуса необходимо применение удобрений, что является одним из важнейших условий повышения уровня продуктивности озимой ржи и других озимых зерновых культур [1,2,3]. Система применения удобрений в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов оказывает значительное влияние на поступление радионуклидов в растения и размеры их накопления в урожае товарной продукции [4]. Учитывая это, применяемые системы удобрения должны способствовать снижению поступления радионуклидов в растения в течение вегетационного периода [5]. Рядом исследований установлено, что применение минеральных и органических удобрений на почвах с низким уровнем плодородия легкого гранулометрического состава значительно снижает поступление радионуклидов в растения возделываемых культур, включая и озимую рожь [6].

**Цель исследований** – изучение эффективности длительного применения сочетаний органических и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи.

**Методика исследования.** Исследования проводили в длительном стационарном опыте, заложенном в 1954-1955 годах на опытном поле Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции - филиал ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса в севообороте со следующим чередованием культур: 1. Люпин – зеленое удобрение; 2. Озимая рожь; 3. Картофель; 4. Овес; 5. Сераделла; 6. Озимая рожь; 7. Люпин на зерно; 8. Ячмень. Приведены результаты исследований за седьмую ротацию севооборота (2005-2013 г.)

Почва дерново-подзолистая, песчаная, мощность пахотного горизонта 15-20 см. Агрохимические показатели пахотного горизонта в начале седьмой ротации севооборота: гумус (по Тюрину) – 1,27-1,98 %, рНкcl – 4,3-4,6 ед.; Нг (по Каппену-Гильковицу) – 2,2-3,1 мг – экв/100 г почвы; Плотность загрязнения  $^{137}Cs$  опытного участка – 560-700 Бк/км<sup>2</sup>

Размер посевной делянки –  $38,4 \times 7,2 = 276,48$  м<sup>2</sup>, учетная –  $5,2 \times 30 = 156$  м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная.

В опыте применялись следующие виды минеральных удобрений: аммиачная селитра, суперфосфат простой гранулированной, калий хлористый. Органическое удобрение было представлено подстилочный навоз крупного рогатого скота (КРС) с содержанием элементов питания (среднее за 2005-2012): N – 0,32%,  $P_2O_5$  – 0,18%,  $K_2O$  – 0,27%, удельная активность  $^{137}Cs$  навоза КРС – 137-1310 Бк/кг и люпином на зеленые удобрения.

Фосфорное удобрение вносили осенью в предпосевную культивацию почвы, калийные удобрения – осенью под культивацию и весной в подкормку, азотное удобрение – весной в подкормку. Навоз КРС вносили осенью под вспашку. В качестве зеленых удобрений использовали люпин, часть зеленой массы люпина запахивали на месте роста и часть убирали на корм скоту.

Объектом исследования в опыте являлась озимая рожь, сорт Пуховчанка. Норма высева 5,5 млн. всхожих зерен на 1 га.

Предпосевную подготовку почвы и уход за растениями в опыте осуществляли с учетом технологии, рекомендованной для дерново-подзолистых песчаных почв.

Погодные условия в годы исследований существенно различались по увлажнению и теплообеспеченности. Так 2007, 2010 и 2011 гг. были засушливыми и отличались низким запасом продуктивной

влаги в почве, неравномерным распределением весенне-летних осадков и более высокой температурой воздуха в первой половине весенней вегетации растений, что отрицательно сказалось на урожайности культуры. Так же стоит отметить годы (2005, 2006, 2009 и 2012 гг.) которые характеризовались достаточным количеством осадков и температурой воздуха близкой к среднегодовым значениям.

**Результаты исследований.** Средняя урожайность зерна озимой ржи за 7-ую ротацию (2005-2012 гг.) проведения исследований представлена в таблице 1. Урожайность зерна озимой ржи в контрольном варианте, в среднем за годы проведенных исследований при заправке люпина на зелёное удобрение, составила 0,88 т/га. Применение минерального удобрения в дозе  $N_{90}P_{60}K_{90}$  с заправкой люпина на зелёное удобрение достоверно увеличивает урожайность зерна на 0,47 т/га (вариант 4). Внесение органических удобрений в дозе 20 т/га в дополнение к дозе  $N_{90}P_{60}K_{90}$  и заправке люпина на зелёное удобрение увеличивает урожайность зерна до 1,58 т/га (вариант 2). В варианте 6, где на месте возделывания люпина использовали только навоз и минеральное удобрение урожайность зерна озимой ржи возросла на 0,67 т/га, что свидетельствует о более слабом эффекте люпина на зелёное удобрение при использовании навоза.

Таблица 1 – Влияние минерального и различных видов органического удобрения на урожайность зерна озимой ржи, т/га (среднее за 2005-2012 гг.)

Вариант	Урожайность т/га	Прибавка, т/га	Окупаемость НРК прибавкой урожая, кг /кг
1 Навоз 20 т/га $N_{120}P_{90}K_{120}$ + люпина на зелёное удобрение	1,78	0,90	1,86
2 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$ + люпина на зелёное удобрение	1,58	0,70	1,78
3 Навоз 20 т/га $N_{60}P_{60}K_{60}$ + люпина на зелёное удобрение	1,43	0,55	1,65
4 $N_{90}P_{60}K_{90}$ + люпина на зелёное удобрение	1,35	0,47	1,19
5 Контроль – люпина на зелёное удобрение	0,88	-	-
6 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$	1,55	0,67	1,70
7 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$	1,53	0,65	1,65
8 Навоз 20 т/га $N_{120}P_{90}K_{120}$	1,75	0,87	1,80
НСР <sub>05</sub>	0,20		

Применение минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  совместно с навозом и люпином на зелёное удобрение (вариант 3) достоверно увеличивает урожайность зерна до 1,43 т/га.

Максимальные дозы минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{120}$  в сочетании с навозом достоверно увеличивали урожайность зерна в сравнении с контролем до 1,75 т/га (вариант 8, прибавка 0,87 т/га), добавление зелёного удобрения (вариант 1) достоверно увеличивало урожайность до 1,78 т/га, однако прибавка от зелёного удобрения была на уровне 0,03 т/га.

Полученные данные свидетельствуют, что зелёное удобрение при использовании навоза и минерального удобрения незначительно влияет на увеличение урожайности, наблюдали тенденцию к повышению, достоверной закономерности не обнаружили (табл. 1).

При возделывании сельскохозяйственных культур на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, важным показателем качества продукции растениеводства является соответствие нормативным требованиям содержание  $^{137}\text{Cs}$ . Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в зерне озимой ржи, в среднем за годы исследования, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  зерна озимой ржи в зависимости от систем удобрения (среднее 2005-2012 гг.)

Вариант	Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$\pm$ к контролю	Кратность снижения
1 Навоз 20 т/га $N_{120}P_{90}K_{120}$ + люпина на зелёное удобрение	26	-29	2,1
2 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$ + люпина на зелёное удобрение	27	-28	2,0
3 Навоз 20 т/га $N_{60}P_{60}K_{60}$ + люпина на зелёное удобрение	34	-21	1,6
4 $N_{90}P_{60}K_{90}$ + люпина на зелёное удобрение	34	-21	1,6
5 Контроль – люпина на зелёное удобрение	55	-	-
6 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$	33	-22	1,7
7 Навоз 20 т/га $N_{90}P_{60}K_{90}$	28	-27	2,0
8 Навоз 20 т/га $N_{120}P_{90}K_{120}$	28	-27	2,0
НСР <sub>05</sub>	5		

Анализируя проведенные нами исследования по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  зерном озимой ржи, можно отметить, что удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  зерна озимой ржи в среднем на контрольном варианте самое высокое 55 Бк/кг (вариант 5). Анализ динамики удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зерна озимой ржи показывает, что за счет совместного применения минерального и органического удобрения снижается накопление радионуклида до 2,1 раз.

Содержание белка в зерне озимой ржи в среднем за годы исследования, на контрольном варианте составило 14,32% (табл. 3). При применении минерального удобрения в максимальных дозах накопление белка в зерне озимой ржи увеличилось, при применении средних и минимальных доз минерального удобрения значительных изменений не наблюдалось. Максимальный сбор белка зерном озимой ржи обеспечили варианты с применением повышенных доз минерального удобрения.

Таблица 3 – Влияние минерального и различных видов органического удобрения на показатели качества зерна озимой ржи (среднее 2005-2012 гг.)

Вариант		Содержание белка		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг
		%	т/га	
1	Навоз 20 т/га N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + люпина на зеленое удобрение	14,58	0,26	12,0
2	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + люпина на зеленое удобрение	14,44	0,23	11,5
3	Навоз 20 т/га N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + люпина на зеленое удобрение	14,28	0,20	11,5
4	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + люпина на зеленое удобрение	14,30	0,19	11,5
5	Контроль – люпина на зеленое удобрение	14,32	0,13	10,0
6	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	14,45	0,22	11,2
7	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	14,46	0,22	11,1
8	Навоз 20 т/га N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	14,52	0,25	12,3
НСР <sub>05</sub>		0,17		0,7

Содержание нитратов в зерне озимой ржи, колебалось по вариантам опыта от 10,0 до 12,3 мг/кг, за счет увеличения уровня внесения удобрений, содержание нитратов увеличивалось, однако оно по всем вариантам опыта было низкое (ПДК 250 мг/кг).

Применение в опыте сочетаний минерального и органического удобрения незначительно влияли на содержание элементов Mg и Na (табл. 4). Содержание Ca в зерне озимой ржи в вариантах с применением минеральных удобрений в максимальных дозах повышалось. Отмечалось повышенное содержание в зерне озимой ржи фосфора и калия в вариантах применения минерального удобрения в дозах N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>.

Таблица 4 – Влияние минерального и различных видов органического на содержание элементов в зерне озимой ржи, % (среднее 2005-2012 гг.)

Вариант		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Na
1	Навоз 20 т/га N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> + люпина на зеленое удобрение	1,47	0,72	0,16	0,13	0,04
2	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + люпина на зеленое удобрение	1,44	0,72	0,13	0,13	0,04
3	Навоз 20 т/га N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + люпина на зеленое удобрение	1,42	0,70	0,13	0,12	0,04
4	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + люпина на зеленое удобрение	1,43	0,71	0,13	0,12	0,04
5	Контроль – люпина на зеленое удобрение	1,45	0,70	0,13	0,12	0,04
6	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,45	0,72	0,13	0,13	0,04
7	Навоз 20 т/га N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,46	0,72	0,14	0,13	0,04
8	Навоз 20 т/га N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	1,47	0,73	0,17	0,14	0,04
НСР <sub>05</sub>		0,02	0,01	0,02	0,02	0,01

**Заключение.** В условиях запада Брянской области в плодосменном севообороте на дерново-подзолистой песчаной почве оптимальной системой удобрения для получения максимальной урожайности 1,78 т/га явилось сочетание минерального удобрения в дозе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> совместно с навозом и зеленым удобрением.

За годы исследований величина удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зерна озимой ржи не превышала допустимый уровень. От применения систем удобрения содержание радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  снижалось до 2,1 раз.

#### Список источников

1. Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Реализация потенциала продуктивности озимой ржи в почвенно-климатических условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 2. С. 20-27.
2. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Дорных Г.Е. Эффективность внесения минеральных удобрений на программированный уровень урожайности зерна озимой и яровой тритикале // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С.15-18.

3. Биологическая урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы, ячменя, овса и тритикале в условиях юго-запада Центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, М.П. Наумова и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 5 (81). С. 20-26.

4. Белоус И.Н. Научное обоснование систем удобрения озимой ржи в условиях радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада Центральной России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М.: ВНИИА, 2022. 42 с.

5. Малявко Г.П., Белоус И.Н., Шаповалов В.Ф. Эффективность агрохимических средств при возделывании озимой ржи на техногенно загрязненной почве // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 6 (76). С. 3-8.

6. Малявко Г.П., Белоус И.Н. Возделывание озимой ржи на радиоактивно загрязненной территории // Агрохимический вестник. 2012. № 5. С. 7-9.

#### **Информация об авторах**

**В.Н. Адамко** – директор, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», кандидат сельскохозяйственных наук.

**В.А. Анищенко** – аспирант, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

**Л.А. Воробьева** – кандидат сельскохозяйственных наук, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

**В.Ф. Шаповалов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### **Information about the authors**

**V.N. Adamko** – Director, Candidate of Agricultural Sciences, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

**V.A. Anishchenko** – postgraduate student, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

**L.A. Vorob'eva** – Candidate of Agricultural Sciences, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

**V.F. Shapovalov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 19.02.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024..**

**The article was submitted 19.02.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.**

© Адамко В.Н., Анищенко В.А., Воробьева Л.А., Шаповалов В.Ф.

Научная статья  
УДК 631.8:633.12:639.16

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА АЛЬБИТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

<sup>1</sup>Александра Александровна Пашковская, <sup>2</sup>Дмитрий Михайлович Ситнов,

<sup>1</sup>Светлана Николаевна Поцепай, <sup>1</sup>Виктор Федорович Шаповалов

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

Брянская область, Опытная станция, Россия

**Аннотация.** В полевом стационарном опыте на дерновоподзолистой рыхлопесчаной радиоактивно загрязнённой почве вожделённый по изучению эффективности применения минеральных удобрений различной степени насыщенности в комплексе с обработкой растений гречихи биопрепаратом Альбит на формирование урожая и качества зерна гречихи. Полевые опыты проводили на опытном поле Новозыбковской СХОС ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса и на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ. Проведёнными исследованиями достоверно установлено, что в среднем за годы исследований урожайность зерна гречихи на изучаемым вариантам опыте изменилось от 0,63 т/га (контроль) до 1,67 т/га в варианте с внесением полного минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{60}K_{120}$  в комплексе с обработкой растений гречихи биопрепаратом Альбит. Под влиянием минеральных удобрений, применённых как отдельно, так и на фоне обработки растений гречихи биопрепаратом Альбит отмечено повышение содержание в зерне гречихи сырого белка по изучаемым вариантам опыте с 11,3 до 13,7% при максимальной величине его сбора с единицы посевной площади 0,229 т/га в оптимальном по удобренности варианте  $N_{120}P_{60}K_{120}$  в комплексе с биопрепаратом Альбит. Изучаемые в опыте средства химизации улучшали физические показатели качества зерна гречихи. Отмечено, что натура зерна гречихи по изучаемым вариантам опыта повышалась от 430 до 466 г/л. Отмечено что под влиянием изучаемых средств химизации возрастал выход крупы с 56,31 (контроль) до 59,87% в варианте  $N_{120}P_{60}K_{120}$  на фоне обработки растений гречихи биопрепаратом Альбит. Исследованиями показано, что под влиянием применяемых удобрений отмечено снижение пленчатости зерна гречихи в разрезе изучаемых вариантов опыта с 21,8 до 20,3%. Показано, что под влиянием применяемых системах удобрения отмечено уменьшение удельной активности цезия-137 в урожае товарной продукции гречихи. Наибольшая кратность снижения удельной активности цезия-137 в урожае товарной продукции гречихи в 2,8 раза было получено в варианте с применением полного минерального удобрения  $N_{120}P_{60}K_{120}$  в комплексе с биопрепаратом Альбит.

**Ключевые слова:** гречиха, минеральные удобрения, урожай, качество, биопрепарат Альбит, цезий -137.

**Для цитирования:** эффективность различных систем удобрений и биопрепарата альбит при производстве зерна гречихи в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов / А.А. Пашковская, Д.М. Ситнов, С.Н. Поцепай, В.Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 8-13.

### Original article

## EFFECTIVENESS OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS AND BIOPREPARATION AL'BIT IN THE PRODUCTION OF BUCKWHEAT GRAIN UNDER CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF AGROLANDSCAPES

<sup>1</sup>Aleksandra A. Pashkovskaya, <sup>2</sup>Dmitry M. Sitnov, <sup>1</sup>Svetlana N. Potsepai, <sup>1</sup>Viktor F. Shapovalov

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Novozybkov AES –the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute»,

Bryansk Region, Experimental Station Russia

**Abstract.** In a field stationary experiment on sod-podzolic loose-sandy radioactively contaminated soil it was desired to study the effectiveness of using mineral fertilizers of varying degrees of saturation in combination with the treatment of buckwheat plants with the biopreparation Al'bit on the formation of the yield and quality of buckwheat grain. The field experiments were carried out on the experimental field of the Novozybkov Agricultural Economy of the Federal Scientific Center VIC named after. V. R. Williams and at the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University. The studies carried out have reliably established that, on average, over the years of research, the yield of buckwheat grain in the experimental variants studied changed from 0.63 t/ha (control) to 1.67 t/ha in the variant with the ap-

plication of complete mineral fertilizer at a dose of  $N_{120}P_{60}K_{120}$  in combination with treatment growing buckwheat with biopreparation Al'bit. Under the influence of mineral fertilizers, applied both separately and against the backdrop of treating buckwheat plants with the biopreparation Al'bit, an increase in the content of crude protein in buckwheat grain was noted according to the experimental variants studied from 11.3 to 13.7% with the maximum amount of its collection per unit of sown area 0.229 t/ha in the optimal fertilizer variant  $N_{120}P_{60}K_{120}$  in combination with the biopreparation Al'bit. The chemical agents studied in the experiment improved the physical quality indicators of buckwheat grain. It was noted that the nature of buckwheat grain according to the experimental variants studied increased from 430 to 466 g/l. It was noted that under the influence of the studied chemical agents, the yield of cereals increased from 56.31 (control) to 59.87% in the  $N_{120}P_{60}K_{120}$  variant against the background of treating buckwheat plants with the biopreparation Albit. Research has shown that under the influence of the fertilizers used, there was a decrease in the filminess of buckwheat grain in the context of the experimental variants studied from 21.8 to 20.3%. It has been shown that, under the influence of the applied fertilizer systems, a decrease in the specific activity of cesium-137 in the harvest of commercial buckwheat products was noted. The greatest reduction in the specific activity of cesium-137 in the commercial buckwheat yield by 2.8 times was obtained in the variant using the complete mineral fertilizer  $N_{120}P_{60}K_{120}$  in combination with the biopreparation Al'bit.

**Key words:** buckwheat, mineral fertilizers, yield, quality, biopreparation Al'bit, caesium-137

**For citation:** Effectiveness of various fertilizer systems and biopreparation al'bit in the production of buckwheat grain under conditions of radioactive contamination of agrolandscapes / A.A. Pashkovskaya, D.M. Sitnov, S.N. Potsepai, V.F. Shapovalov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 8-13.

**Введение.** В решении проблемы продовольственной безопасности государства ведущая роль принадлежит устойчиво стабильному производству растениеводческой продукции, среди которой зерну принадлежит ведущая роль [1,2,3]. В настоящее время определяющим фактором увеличения товарных ресурсов зерна является интенсификация с учетом применения адаптированных современных сортов зерновых культур, современных научно-обоснованных технологических приемов возделывания с учетом положительного решения проблемы экологизации, ресурсосбережения, использования современных регуляторов и стимуляторов ростовых и синтетических процессов метаболизма растений и повышающих степень их адаптивности к различным стрессовым ситуациям, включая климатический фактор [4-6].

Решение проблемы продовольственной безопасности России увеличение производства для населения экологически безопасных продуктов питания особо важное значение придается гречихе, как важнейшей и одной из самых ценных культур продовольственных культур, выделяясь среди зерновых хлебов тем, что она содержит витамин Р (рутин). Она также превосходит другие крупяные культуры по содержанию незаменимых аминокислот. Как прекрасный медонос гречиха способна обеспечивать до 120 кг/га сбор меда, обладающего уникальными целебными свойствами (*Федотов В.А., Корольков П.Т., Кадыров С.В. Гречиха в России: монография. Воронеж: Изд-во Исток. 2009. 316 с.*). Кроме того, поздние сроки сева позволяют ей быть одной из страховых культур для яровых культур при использовании ее в условиях повторных посевов (*Фесенко А.Н. Влияние удобрений на урожайность современных сортов гречихи различного морфотипа // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 10-14.*)

При обширном радиоактивном загрязнении территории районов на юго-западе Брянской области острой задачей сельхозпроизводителей зоны является производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, при этом внесение калийных удобрений наиболее эффективно в дозах, превышающих ранее рекомендованные (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агрпромиздат, 1985. 135 с.*) [7,8].

**Цель исследований** – изучить действие систем удобрения и биопрепарата Альбит на урожайность и качество зерна гречихи, возделываемой в условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов.

**Методика.** Полевые опыты закладывали в 2021-2023 годах на опытном поле Новозыбковской СХОС филиале ФНЦ ВИК имени В.Р. Вильямса и на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ. Почва опытного участка дерново-подзолистая, рыхлопесчаная, с содержанием органического вещества (по Тюрину) 1,7-1,9%,  $pH_{KCl}$  – 6,6-6,9,  $N_T$  – 0,58-0,76 мМоль/100г почвы, содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) соответственно 366-383 и 69-84 мг/кг почвы. Плотность загрязнения цезия-137 территории 328-360 Бк/м<sup>2</sup>. Опыты закладывали в трехкратной повторности при систематическом размещении делянок, площадь опытной делянки - 90 м<sup>2</sup>. Использовали сорт гречихи Девятка с нормой высева 5,0 млн./га всхожих зерен.

Удобрения (азотные, фосфорные и калийные) вносили в предпосевную обработку почвы. Препарат Альбит из расчета 50 мг/га применяли в форме некорневой подкормки опрыскиванием вегетирующих растений гречихи перед началом фазы бутонизации. Регулятор роста Альбит, ТПС (д.в. 6,2г/кг поли-бета гидромасляной кислоты, 29,8 г/кг магния сернокислого, 91,1 г/кг калия фосфорнокислого двузамещенного, 91,2 г/кг калия азотнокислого, 181,5 г/кг карбомида) – препарат биологического происхождения, рекомендованный к применению для повышения полевой всхожести сельскохозяйственных культур, активизации ростовых и синтетических процессов, повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды и поражению болезнями, повышению урожайности, улучшению качества продукции, снижению содержания микотоксинов в товарной продукции. Схема опыта представлена вариантами: Контроль (без удобрений); биопрепарат; P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>R<sub>60</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>; N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+биопрепарат; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+биопрепарат; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+ биопрепарат; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>+ биопрепарат. Азотные удобрения вносили в форме аммиачной селитры (34,4%N), фосфорные в форме двойного гранулированного суперфосфата (48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), калийные в форме калия хлористого (56% K<sub>2</sub>O).

Уборка урожая зерна осуществлялась комбайном «Сампо-500», методом сплошного комбайнирования, поделаячно, со взвешиванием обмолоченного зерна на весах. Урожайность зерна приводили к 100% чистоте и стандартной влажности. Полевые и лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым в агрохимической службе методикам в центре комплексного пользования научным оборудованием и приборами при Брянском ГАУ.

Удельную активность цезия -137 в зерне гречихи определяли на измерительном комплексе УСК и «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс-2000» в геометрии Маринелли. Математическую обработку полученного экспериментального материала проводили по Б.А. Доспехову (1985). По условиям увлажнения и температурному режиму складывались более лучшие погодные условия в 2020 и 2023 годы, 2021 год по условиям увлажнения был неустойчивым во вторую половину вегетации.

В наших исследованиях наименьший урожай зерна гречихи формировался на контрольном варианте составляя в среднем 0,63 т/га (табл. 1). В менее благоприятном 2021 году Урожайность зерна гречихи в разрезе изучаемых вариантов опыта условия 2021 года изменялась в пределах от 0,58 до 1,42 т/га. Обработка вегетирующих растений гречихи стимулятором роста, способствовало повышению урожайности зерна гречихи в среднем за годы проведения опытов урожайность зерна повышалась на 0,14 т/га или на 22,0% в сравнении с контролем.

Таблица 1 - Урожайность зерна гречихи, в зависимости от применяемых средств химизации, т/га

Вариант	Урожайность				Прибавка, т/га	Окупаемость удобрений прибавкой зерна, кг
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее		
Контроль (безудобрений)	0,58	0,65	0,66	0,63	-	-
Альбит	0,65	0,81	0,85	0,77	0,14	-
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,74	0,86	0,95	0,85	0,22	1,83
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,18	1,29	1,31	1,26	0,63	3,50
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,24	1,40	1,77	1,37	0,74	3,52
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	1,26	1,48	1,52	1,42	0,79	3,29
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	0,99	1,21	1,19	1,13	0,50	4,17
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	1,85	1,53	1,56	1,48	0,85	4,72
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Альбит	1,40	1,66	1,68	1,58	0,95	4,52
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Альбит	1,42	1,74	1,85	1,67	1,04	4,33
HCP <sub>0,5</sub>	0,67	0,69	0,70	-	-	-

Внесение фосфорно-калийного удобрения P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> способствовало повышению урожайности зерна гречихи в среднем за годы исследований на 0,22 т/га или на 34,9%. Применение полного минерального удобрения в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> повышало урожайность зерна гречихи в среднем на 0,63 т/га или на 100% в сравнении с контролем. Применение калийных удобрений в дозах от 90 до 120 кг/га д.в. в составе N<sub>60</sub> полного минерального удобрения способствовало повышению урожайности зерна гречихи относительно контроля на 0,74-0,79 т/га или на 117-125%. Обработка вегетирующих растений гречихи биопрепаратом Альбит обеспечило повышение урожайности зерна гречихи в среднем на 0,14 т/га или на 22%. При обработке посевов гречихи биопрепаратом Альбит в комплексе фосфорно-калийного удобрения обеспечило урожайность зерна гречихи на уровне 1,13 т/га, а прибавка от биопрепарата Альбит достигла 0,28 т/га. Обработка посевов гречихи биопрепаратом Альбит в комплексе полного минерального удобрения с возрастающими дозами калия от 60 до 120 кг/га д.в. повышало урожайность зерна гречихи на 0,85-1,04 т/га, при величине прибавки от 0,21 до 0,25 т/га. В среднем за

годы исследований максимальный урожай зерна гречихи 1,67 т/га был получен при внесении полного минерального удобрения в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне вегетирующих растений гречихи биопрепаратом Альбит, при величине окупаемости удобрений прибавкой урожая в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+Альбит на уровне 4,72 кг/га.

Таблица 2 - Влияние средств химизации на содержание сырого протеина в зерне гречихи и размеры его сбора с единицей площади

Вариант	Содержание, %				Сбор сырого протеина, т/га
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	
Контроль (безудобрений)	11,3	11,5	11,2	11,3	0,071
Альбит	11,4	11,4	11,6	11,4	0,088
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,2	12,6	12,4	12,4	0,105
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,4	12,6	12,5	12,5	0,157
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	12,6	13,0	13,2	12,9	0,177
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	12,8	13,2	13,3	13,1	0,186
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	12,8	12,8	13,1	12,9	0,143
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	12,4	12,8	13,3	12,8	0,189
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Альбит	13,7	13,3	13,5	13,5	0,213
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Альбит	13,8	13,2	13,6	13,7	0,229
НСР <sub>0,5</sub>	0,29	0,30	0,39		

При применении минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Альбит отмечено повышение в зерне гречихи содержание сырого протеина (табл. 2). Отмечено, что в среднем за годы проведения опытов содержание сырого протеина в зерне гречихи по вариантам опыта варьировало в пределах 11,3-13,7%.

Показано, что зерно с самым высоким содержанием сырого протеина в зерне гречихи 13,7% было отмечено при внесении полного минерального удобрения в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне обработки растений биопрепаратом Альбит при самой высокой величине его сбора с единицы площади равной 0,229 т/га.

Принято считать, что технологические (физические) показатели качества зерна весьма значимы при хранении, перемещении и переработке полученной товарной продукции зерновых культур. Натура зерна является одним из наиболее важнейших показателей качества. Установлено, что хорошо выполненное зерно содержит меньше мяканных оболочек (пленок) и обладает высоким содержанием эндосперма. От содержания мяканный оболочки зависит выход ядра зерна. Как правило, зерно с высокой натурой обеспечивает получение товарной продукции с меньшими затратами энергии. При крупном производстве особое значение имеет такой показатель как выход крупы.

Таблица 3 - Влияние средств химизации на физические показатели зерна гречихи (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Натура, г/л	Выход крупы, %	Пленчатость, %
Контроль (безудобрений)	430	56,31	21,8
Альбит	436	57,39	21,6
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	439	57,46	21,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	442	58,83	20,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	447	58,88	20,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	453	58,91	20,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	456	58,94	20,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + Альбит	458	59,44	20,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + Альбит	463	59,66	20,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Альбит	466	59,87	20,3
НСР <sub>05</sub>	1,98	0,72	0,31

В наших исследованиях действием применяемых систем удобрения повышалась натура зерна гречихи. Наиболее высокой натурой зерна гречихи формировалась в вариантах с внесением НРК с возрастающими дозами калия на фоне применения биопрепарата (табл. 3). Выход крупы в среднем за годы исследований в зависимости от применяемых систем удобрения изменялся в пределах 56,31% (контроль) до 59,87% в варианте с применением полного минерального удобрения N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне обработки растений биопрепаратом Альбит. Под влиянием средств химизации отмечено снижение

пленчатости гречихи. Зерно гречихи с наименьшей пленчатостью 20,3 % было получено в варианте с внесением полного минерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{120}$  на фоне обработки растений гречихи биопрепаратом Альбит.

Приведенные результаты лабораторно-аналитических исследований показали, что изучаемые системы удобрения, включая применение биопрепарата Альбит, способствовало уменьшению концентрации цезия-137 в урожае зерна гречихи относительно контрольного варианта (табл. 4).

Удельная активность цезия-137 в среднем за годы исследований на контроле в зерне гречихи составляла 42 Бк/кг не превышая допустимый уровень (ВП 13.5. 13/06-01).

Таблица 4 - Влияние средств химизации на изменение удельной активности цезия-137 в зерне гречихи, Бк/кг

Вариант	Удельная активность				Кратность снижения, раз
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее	
Контроль (безудобрений)	42	41	42	42	-
Альбит	34	34	35	34	1,23
$P_{60}K_{60}$	40	28	31	31	1,35
$N_{60}P_{60}K_{60}$	31	31	32	33	1,27
$N_{60}P_{60}K_{90}$	30	28	31	30	1,40
$N_{60}P_{60}K_{120}$	28	26	27	27	1,55
$P_{60}K_{60}$ + Альбит	26	24	25	25	1,68
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Альбит	20	18	21	20	2,1
$N_{60}P_{60}K_{90}$ + Альбит	18	16	19	18	2,3
$N_{60}P_{60}K_{120}$ + Альбит	16	14	15	15	2,8
НСР <sub>0,5</sub>	3	5	5	-	

Обработка растений гречихи биопрепаратом Альбит способствовала уменьшению удельной активности цезия-137 в урожае зерна гречихи в сравнении с контролем в 1,23 раза. Применение фосфорно-калийного удобрения в дозе  $P_{60}K_{60}$  позволило уменьшить удельную активность цезия-137 в зерне гречихи относительно контроля в 1,35 раза. При внесении возрастающих доз калия от 60 до 120 кг/га д.в. способствовало уменьшению концентрации радиоцезия-137 в урожае зерна гречихи относительно контроля в 1,35-1,55 раза. При внесении полного минерального удобрения с возрастающими дозами калия при совместном применении биопрепарата Альбит, способствовало уменьшению удельной активности цезия-137 в урожае товарной продукции в сравнении с контролем в 2,1-2,8 раза.

Таким образом, можно утверждать, что при возделывании гречихи на дерново-подзолистой песчаной, радиоактивно загрязненной почве наибольший эффект получен при внесении полного минерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{120}$  совместно с обработкой растений биостимулятором роста, способствует формированию урожайности зерна гречихи в среднем на уровне 1,67 т/га. Самое высокое содержание сырого белка 13,7% с наибольшей величиной его сбора 0,229 т/га с одного гектара посева, получено в варианте  $N_{60}P_{60}K_{120}$  в комплексе с обработкой растений стимулятором роста. Под влиянием применяемых систем удобрений отмечено повышение природы зерна, увеличивался также выход крупы и снижалась пленчатость зерна.

#### Список источников

1. Зотиков В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 12-19.
2. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Осипов А.А. Эффективность использования солнечной энергии посевами озимой пшеницы при разных технологиях возделывания // Агрехимический вестник. 2017. Т. 3, № 3. С. 6-10.
3. Оценка эффективности средств химизации при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / Е.В. Справцева, Р.В. Мимонов, Н.М. Белоус и др. // Агрехимический вестник. 2019. № 2. С. 42-47.
4. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, В.Н. Репникова, Д.М. Мельников // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2. С. 9-8.
5. Развитие производства зерновых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В.И. Зотиков, А.А. Полухин, Н.В. Грядунова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 5-17.

6. Озимые зерновые культуры на юго-западе России: учеб. пособие / В.Е. Ториков, И.Н. Белоус, С. А. Бельченко и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. 137 с.

7. Анисимов В.С., Кузнецов А.И., Санжаров А.И. Радиационная биология // Радиология. 2021. Т. 61. № 3. С. 286-300.

8. Калинов А.Г., Милютин Е.М. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании ярового ячменя и овса на радиоактивно-загрязненной почве // Агротехнический вестник. 2020. № 3. С. 77-82.

**Информация об авторах:**

**А.А. Пашковская** - аспирант кафедры природообустройства и водопользования, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Д.М. Ситнов** – ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

**С.Н. Поцепай** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры иностранных языков, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, snpotsepai@yandex.ru.

**В.Ф. Шаповалов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Information about the authors:**

**A.A. Pashkovskaya**, postgraduate student of the Department of Environmental Management and Water Use, Bryansk State Agrarian University.

**D.M. Sitnov** – Leading researcher at the Laboratory of feed Production, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

**S.S.N. Potsepai** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Bryansk State Agrarian University, snpotsepai@yandex.ru.

**V.F. Shapovalov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 23.01.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024.**

**The article was submitted 23.01.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.**

© Пашковская А.А., Ситнов Д.М., Поцепай С.Н., Шаповалов В.Ф.

Научная статья  
УДК 631.6:581.6

## ПОЧВОУЛУЧШАЮЩАЯ РОЛЬ СООБЩЕСТВ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАЗРАБОТОК МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИЁМОМ ЗАЛУЖЕНИЯ

<sup>1</sup>Светлана Николаевна Поцепай, <sup>2</sup>Лидия Николаевна Анищенко, <sup>1</sup>Михаил Васильевич Семышев, <sup>1</sup>Павел Петрович Атрошенко,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Брянск, Россия

**Аннотация.** Реабилитация субстратов при рекультивации отвалов (мест полигонов отходов) – актуальные технологии от разработки которых зависит средообразующая роль почвы. Приём залужения почв выполняет почвоулучшающую роль: исследования доказали улучшение содержания валового гумуса, калия, фосфора, ряда агрофизических свойств субстратов. Продуцирование растительного опада, биохимическая активность корневых систем растений доминантов в биоценозах увеличивает биологическую активность почв, в том числе и ферментативную. Показано, что фитореабилитанты изменяют гранулометрию почв: наименьшая плотность установлена по посевам многолетних ксерофильных злаков, минимальные показатели – под *Phleum pratense*; значительная плотность почвы сохраняется в почве под ксерофильными злаками, и *Calamagrostis epigeios*; показатели порозности (в %) также выше для почвы под искусственно созданными сообществами. За трёхлетний период наблюдений выявлено увеличение валового гумуса в почвах при искусственном залужении, зависящий от количества растительного опада и регулирующийся деятельностью микроорганизмов. Искусственное залужение карьеров при разработке минерального сырья способствует формированию устойчивого комплекса микроорганизмов, вызвав изменение целлюлозолитической активности почв от 15,0 до 20,1 %. Реабилитация почв вызвала и повышение активности каталазы, что подтверждено прямой корреляционной взаимосвязью между двумя показателями ( $R=0,78$ ). На концентрацию серы, подвижного фосфора, а также на кислотность почв реабилитанты оказали малое воздействие. При рекультивационных мероприятиях необходимо предусматривать сочетание фито- и химической мелиорации. В условиях нечерноземной зоны РФ целесообразно использовать при залужении ксерофитные и ксеромезофитные злаки – *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Bromopsis inermis*, хорошо показавшие себя в опытах; также можно использовать естественный ресурс восстановления растительных травянистых сообществ, используя рудеральные виды как элементы первичных сукцессий, и мелкозлаковые сообщества.

**Ключевые слова:** почвы, восстановление, агрохимические показатели, агрофизические показатели, залужение, фитомелиорация, Нечерноземье РФ.

**Для цитирования:** Почвоулучшающая роль сообществ травянистых растений при фитомелиорации техногенных разработок минерального сырья приёмом залужения / С.Н. Поцепай, Л.Н. Анищенко, М.В. Семышев, П.П. Атрошенко // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 14-19.

Original article

## SOIL IMPROVING ROLE OF HERBACEOUS PLANT COMMUNITIES IN PHYTOMELIORATION OF TECHNOGENIC MINERAL DEPOSITS BY GRASSING DOWN

<sup>1</sup>Svetlana N. Potsepai, <sup>2</sup>Lydiya N. Anishchenko, <sup>1</sup>Mikhail V. Semyshev, <sup>1</sup>Pavel P. Atroshenko

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovski, Bryansk, Russia

**Abstract.** Rehabilitation of substrates during the reclamation of dumps (waste landfill sites) - current technologies on the development of which the environment-forming role of the soil depends. The soil grassing down performs a soil-improving role: researches have proved the improvement of gross humus, potassium, phosphorus content and a number of agrophysical properties of substrates. The production of plant litter fall, the biochemical activity of the root systems of dominant plants in biocenoses increases the biological activity of soils, including enzymatic one. It has been shown that phytorehabilitation agents change the granulometry of soils: the lowest density was established for crops of perennial xerophilic grasses, the minimum values were found for *Phleum pratense*; significant soil density is retained in the soil under xerophilic grasses, and *Calamagrostis epigeios*; porosity indicators (in%) are also higher for soil under artificially created communities. Over a three-year observation period, an increase in gross humus in soils under artificial grassing was revealed, depending on the amount of plant litter and regulated by the activity of

microorganisms. Artificial turfing of quarries during the development of mineral raw materials contributes to the formation of a stable complex of microorganisms, causing a change in the cellulolytic activity of soils from 15.0 to 20.1%. Soil rehabilitation also caused an increase in catalase activity, which was confirmed by a direct correlation between the two indicators ( $R = 0.78$ ). The rehabilitants had little impact on the concentration of sulfur, mobile phosphorus, as well as on soil acidity. The reclamation measures should include a combination of phyto- and chemical reclamation. In the conditions of the Non-Black Soil Zone of the Russian Federation it is advisable to use xerophytic and xeromesophytic grasses for grassing down – *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Bromopsis inermis*, which have shown themselves well in experiments; it is also possible to use the natural resource of restoring plant herbaceous communities, using ruderal species as elements of primary successions, and small-grass communities.

**Key words:** soils, restoration, agrochemical indicators, agrophysical indicators, grassing down, phytomelioration, Non-Black Soil Zone of the Russian Federation.

**For citation:** Soil improving role of herbaceous plant communities in phytomelioration of technogenic mineral deposits by grassing down / S.N. Potsepai, L.N. Anishchenko, M.V. Semyshev, P.P. Atrosnenko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 14-19.

**Введение.** В условиях староосвоенного региона Нечерноземья РФ проблема рекультивации земель, нарушенной в результате добычи минерального сырья особенно актуальна, по значимости приближающаяся к горным регионам. Эффективность рекультивационных и мелиоративных мероприятий определяется используемыми приёмами и методами осуществления [1,3,7]. В целом по Российской Федерации ежегодно рекультивируется до 50% нарушенных земель, лидеры – Уральский, Сибирский и Дальневосточный округ [4]. В пределах Брянской области необходимость быстрых и экономически обоснованных мелиоративных работ экологически обосновано, так как площади ценных земель могут быть быстро вовлечены в работу и составить значительную часть компонентов агроценозов, например, в виде пастбищ, полноценных кормовых угодий, посевных площадей [8]. Полученные результаты и данные по механизмам реабилитации могут рекомендоваться для восстановления полигонов промышленных и бытовых отходов, консервируемых или подлежащих закрытию ввиду объективных причин, поэтому актуальны. Однако при проведении мелиоративных мероприятий невозможно добиться полного восстановления функций и структуры почв, особенно при добыче минерального сырья, важно включить реабилитированные земли в процесс рационального использования и значительную часть их экологических функций [2,5].

**Цель работы** – представить результаты опыта при использовании реабилитантов почв – травянистых растений – по агрофизическим, агрохимическим и биохимическим показателям в условиях нечернозёмной зоны. Одним из действенных приёмов мелиорации и восстановления признано залужение, которое реабилитирует не только биоценотическую часть сообщества, но и действительно повышает значимые в агротехническом плане условия биокосного тела.

**Материал и методика исследований.** Методика исследований – метод пробных площадей (ПП), которые заложены на месте отвалов и карьеров после добычи песка; контроль – естественное зарастивание ПП после технической рекультивации, которая создаёт условия для незначительных по скорости процессов зарастания. Почва реперных участков рыхлилась поверхностно, вносились минеральные удобрения в дозах  $N_{20} P_{20} K_{20}$ , при естественном зарастании – без внесения удобрений. На реперных участках предварительно скашивалась однолетняя рудеральная растительность, её остатки запахивались. Отбор проб проводился по общепринятым нормам, определение агрохимических и агрофизических свойств выявляли агротехнически и агроэкологически значимых показателей. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, 1984; содержание нитратного азота ионометрическим методом, 1986; pH (КС1) по методу ЦИНАО, 1985; подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову, 1984; содержание подвижных микроэлементов и тяжелых металлов методом атомно-адсорбционной спектроскопии. Целлюлозолитическая и ферментативная активность устанавливалась микробиологическими и биохимическими методами. Выявлялись некоторые агрофизические показатели почв, определяющие все значимые показатели (Аринушкина Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.; Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. *Методы исследования физических свойств почв*. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.; Воробьёва Л.А. *Химический анализ почв*. М.: Изд-во МГУ, 1998, 272 с.; Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. *Практикум по биологии почв*. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.). Все исследования проводились на третий год после приёма залужения в конце вегетационного периода. Названия сосудистых растений указано по чек-листу П.Ф. Маевского [6].

Залужение почв после первичных технических мероприятий велось с использованием *Phleum pratense* L., *Festuca pratensis* Huds., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub. При естественном зарастании формировалось наземное сообщество (доминант - *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) с *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem., *Senecio jacobaea* L. (вариант 1), сообщество рудеральных растений из *Artemisia absinthium* L., *Cichorium intybus* L., *Tanacetum vulgare* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Rumex confertus* Willd., *Elytrigia repens* (L.) Nevski (вариант 2), сообщество из ксерофильных злаков-доминантов – *Anthoxanthum odoratum* L., *Koeleria cristata* (L.) Pers. (вариант 3). Математическая обработка проводилась стандартная (Лакин Г.Ф. Биометрия М.: Высшая школа, 1990. 354 с.).

**Результаты исследований.** В результате трёхлетнего периода залужения отвалов после добычи песчано-гравийного сырья получены результаты (таблица), которые могут установить рекомендации для реабилитационных процессов.

Таблица 1 – Показатели агрофизических свойств субстратов (почвы) при восстановительных процессах приёмом залужения

Вариант залужения *	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Порозность, % (M±m)	Валовый гумус, %	Влажность, %, (M±m)	Нитрифицирующая способность, мг/кг
1	1,12	49,58±2,3	1,98	21,73 ±1,5	4,58
2	1,16	49,33±2,5	1,92	22,18±1,5	4,72
3	1,18	43,46±2,7	1,87	21,97±1,3	4,11
4	1,33	29,97±2,1	1,22	18,07±1,2	3,58
5	1,30	33,16±2,2	1,37	19,56±1,3	2,84
6	1,39	27,72±2,1	1,19	19,32±1,1	3,07

**Примечание:** варианты залужения: 1 – с *Phleum pratense* L., 2 – с *Festuca pratensis* Huds., 3 – с *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub., 4 – сообщество с *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, 5 – сообщество с рудеральными видами, 6 – сообщество с ксерофильными злаками

От гранулометрии почв в значительной степени зависит интенсивность процессов почвообразования, которые определяют превращение, перемещение, накопление органических веществ. Также гранулометрические характеристики определяют водно-физический, физико-механический, воздушный режим почв, условия для окислительно-восстановительных процессов. При исследовании показателей почвы в 30-сантиметровом слое биокосного тела на ПП выяснено, что плотность почвы изменяется в зависимости от видового состава растений, используемых для залужения: наименьшая плотность установлена по посевам многолетних ксерофильных злаков, минимальные показатели – под *Phleum pratense*; значительная плотность почвы сохраняется в почве под ксерофильными злаками, и вейником наземным. Плотность почвы под всеми вариантами опыта от минимальных до максимальных увеличивается на 67 %.

Показатели порозности (в %) также выше для почвы под искусственно созданных сообществах, наименьшая – 27,72 % - в почве под ксерофильными злаками при естественном зарастании субстратов. Наиболее благоприятной порозность считаются показатели в 50-60 %, зависящая от влажности, плотности и удельной поверхности почвенных частиц. Порозность почвы под искусственным лугом из трёх видов злаков оценивается как удовлетворительная. Значения порозности до 30 % – неудовлетворительный. Эта гранулометрическая величина зависит от плотности, поэтому закономерно уменьшается на относительно плотных почвах.

Содержание органических веществ в образцах почвы (в %) невелико, колеблется от 1,19 до 1,98, связано со структурированностью и влажностью, показатели которой закономерно уменьшаются под естественными травянистыми биоценозами. Наименьшие показатели содержания органических веществ отмечены для почв естественного залужения с вейником наземным и ксерофильными злаками (вариантами 4 и 6). Минимальная влажность определена для почв под сообществами типичных суходольных лугов с *Calamagrostis epigeios*. Вычисленные показатели валового гумуса для всех вариантов опыта реабилитации почв – минимальные, составляют до 80 % от общего показателя валового гумуса для почв сельскохозяйственных угодий (2,16 % – 86 % от оптимального уровня) [10]. Однако за трёхлетний период реабилитации почв на техногенных разработках минерального сырья показатели валового гумуса значительно возросли, при условии практически нулевого содержания после технического этапа восстановления. Эту агротехническую величину характеризует показатель категории «низкий». Валовый гумус зависит от количество растительного опада и определяется деятельностью микроорганизмов в почвенном биотическом комплексе. Нитрифицирующая способность почв как величина накопления нитратов под влиянием

микробиологических процессов при оптимальных климатических показателях динамичны, наиболее высокие численные показатели кумуляции нитратов также зарегистрированы для искусственно созданными посевами. Этот важный агрохимический показатель связан непосредственно с порозностью; уровень нитрификации определяется водным и воздушным режимом, фракционным составом гумуса и его количеством.

Таким образом благоприятное воздействие процессов залужения почв, зависящее от видового состава используемых травянистых растений, в том числе и при естественной реабилитации способствует формированию благоприятных агрофизических свойств и, как следствие, почвенного плодородия. Корреляционный анализ для агрофизических показателей позволил установить тесную обратную взаимосвязь между: содержанием гумуса и плотностью почвы ( $R = -0,68$ ), показателями плотности и порозности почвы ( $R = -0,65$ ). Средняя прямая зависимость доказана для порозности (плотности) и нитрификационной способностью ( $R = 0,55$ ). Умеренная прямая зависимость рассчитана для показателя порозности и влажности почвы ( $R = 0,33$ ), нитрификационной способностью и плотностью (порозностью) ( $R = 0,47$ ).

Целлюлозолитическая активность (в %) почвы определяет все биохимические процессы в пахотном горизонте (0-30 см) и отражена на рисунке 1.

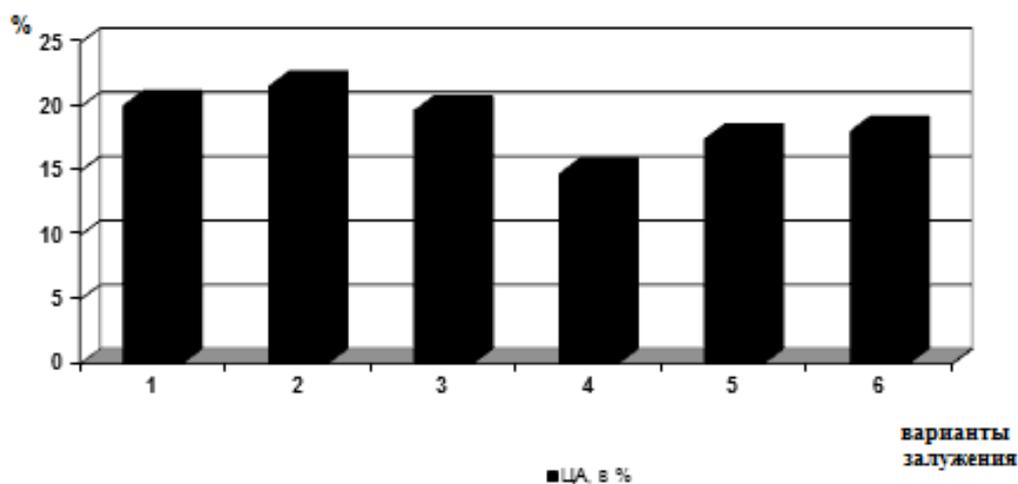


Рисунок 1 – Данные по целлюлозолитической активности почв в вариантах эксперимента при залужении

Варианты залужения: 1 – с *Phleum pratense* L., 2 – с *Festuca pratensis* Huds., 3 – с *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub., 4 – сообщество с *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, 5 – сообщество с рудеральными видами, 6 – сообщество с ксерофильными злаками

Целлюлозолитическая активность изменяется от 15,0 до 20,1 %, что можно охарактеризовать показателем «низкая и средняя». Минимальная биологическая активность почв по разложению целлюлозы характерна для почв с низкой влажностью, порозностью и высокой плотностью. Искусственное залужение злаками отвалов приводит к формированию устойчивого комплекса микроорганизмов, в том числе повышающих фиксацию азота в виде нитратов.

Один из показателей биологической активности почвы – ферментативная активность, наиболее показательна – активность фермента каталазы, которая освобождает от перекисных соединений почвенный поглощающий комплекс. Образование этого фермента связано с деятельностью почвенной микофауны, альгофлоры почв и развитием корневых систем растений; каталаза устойчива, накапливается в почве, длительно сохранять активность.

Показатели активности каталазы ( $\text{см}^3\text{O}_2/\text{гмин}$ ) в почве опытных вариантов отражены на рисунке 2.

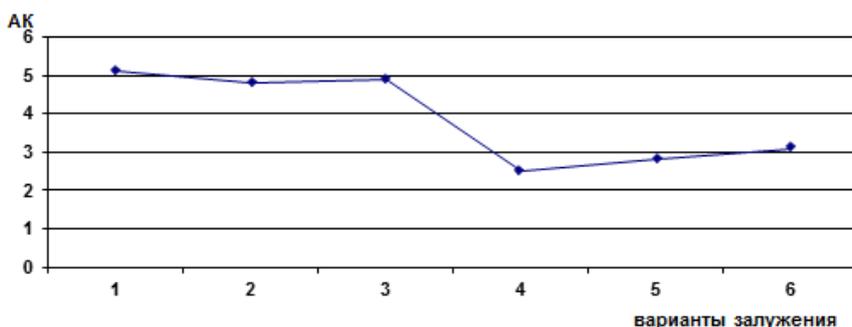


Рисунок 2 – Изменение активности каталазы (АК, см<sup>3</sup>О<sub>2</sub>/гмин) в зависимости от вариантов залужения и развития травяного покрова

**Примечание:** вариант залужения – обозначения аналогичны рисунку 1.

Активность каталазы изменяется от минимального значения 2,8 до 5,1 см<sup>3</sup>О<sub>2</sub>/гмин, что позволяет оценить ферментативную активность почв к категории «низкая активность» и «средняя активность» соответственно. Активность каталазы связана с целлюлозоразрушающей активностью – тесная корреляционная прямая взаимосвязь ( $R=0,78$ ).

Таблица 2 – Показатели агрохимических свойств субстратов (почвы) при восстановительных процессах приёмом залужения

Вариант залужения*	Значения pH (гидролитическая)	Подвижный фосфор по Кирсанову (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг (M±m)	Обменный калий (K <sub>2</sub> O), мг/кг (M±m)	Подвижная сера (SO <sub>3</sub> ), мг/кг (M±m)
1	5,16	158,3 ± 8,5	135,6 ± 8,8	4,3 ± 0,7
2	5,20	147,9 ± 8,0	129,2 ± 8,9	4,1 ± 0,5
3	5,55	141,21 ± 8,1	131,3 ± 9,2	4,6 ± 0,5
4	4,76	125,31 ± 8,2	122,4 ± 8,1	3,5 ± 0,5
5	5,18	137,72 ± 9,1	125,5 ± 8,1	4,1 ± 0,9
6	4,98	130,67 ± 9,2	127,5 ± 8,4	3,9 ± 0,5

**Примечание:** варианты залужения аналогичны таблице 1.

Максимальное содержание подвижного фосфора выявлено на ПП с искусственным залужением; от 158 до 141 мг/кг, что соответствует показателю «среднее содержание». Однако, колебания значений фосфора в почвенном поглощающем комплексе всех вариантов опыта залужением изменяется незначительно: минимальный показатель – 125,31 мг/кг. Значения концентраций фосфора в почве зависит от кислотности среды: минимальные показатели зарегистрированы для варианта с вейником наземным. Все образцы при определении кислотности показали кислую реакцию субстрата, что ускоряет процессы перехода фосфора в труднодоступное состояние. Концентрация обменного калия в почвах ПП оценивается как средняя: динамика имеет незначительный разброс – от 122 до 131 мг/кг.

Пахотный горизонт исследуемых почв показал концентрацию серы 4,6-3,5 мг/кг, что характеризует низкую обеспеченность, что требует в первую очередь рассмотрения вопроса о внесении комплекса микроэлементов в почву при организации реабилитационных процессов. Анализ корреляционных зависимостей показал наличие средней прямой зависимости между содержанием калия и общим гумусом ( $R=0,48$ ), калия и влажностью ( $R=0,43$ ), калием и нитрификационной способностью почв ( $R=0,42$ ); а также между содержанием фосфора и общим гумусом ( $R=0,51$ ), фосфора и влажностью ( $R=0,44$ ), фосфором и нитрификационной способностью почв ( $R=0,41$ ). Значения концентраций подвижного фосфора и калия связан высокой прямой зависимостью с кислотностью субстрата ( $R=0,57$  и  $R=0,55$  соответственно).

**Выводы.** Таким образом, процесс залужения как один из приёмов фитомелиорации (и фитореабилитации) почв выполняет почвоулучшающую роль. Однако необходимо продолжать исследования в направлении подбора наиболее эффективной с точки зрения агробиологии и агрохимии, а также экономических затрат сочетания травянистых растений для реабилитации. Исследования доказали улучшение содержания валового гумуса, калия, фосфора, ряда агрофизических свойств субстратов. Продуцирование растительного опада, биохимическая активность корневых систем растений доминантов в биоценозах увеличивает биологическую активность почв, в том числе и ферментативную. Но на концентрацию серы, подвижного фосфора, а также на кислотность почв реабилитанты оказали малое воздействие. Следовательно, при

рекультивационных мероприятиях необходимо предусматривать сочетание фито- и химической мелиорации, например, известкования для раскисления. В условиях нечерноземной зоны РФ целесообразно использовать при залужении ксерофитные и ксеромезофитные злаки – *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Bromopsis inermis*, хорошо показавшие себя в опытах; также можно использовать естественный ресурс восстановления растительных травянистых сообществ, используя рудеральные виды как элементы первичных сукцессий, и мелкозлаковые сообщества.

#### Список источников

1. Верташов П.Г., Баранова Ю.А. Фитомелиорация // Тенденции науки и образования. 2022. № 87 (2). С. 16-18.
2. Галайда К.П., Тальгамер Б.Л. Оценка самозарастания горных выработок на карьере известняков в городе Инкерман Крымского полуострова // XXI век. Техносферная безопасность. 2022. № 7 (1). С. 75–84.
3. Рекультивация карьеров [Электронный ресурс] / А.А. Горчакова, М.Х. Атаханова, С.Я. Бекмаммедов, М.Ш. Бабаназаров // Современные научные исследования и инновации. 2023. № 9. - Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2023/01/99846>
4. Проблемы восстановления земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых / А.Н. Иванов, М.Н. Игнатьева, В.В. Юрак, Н.Г. Пустохина // Известия Уральского горного университета. 2020. Вып. 4 (60). С. 218-227.
5. Коробова Л.Н., Риксен В.С. Залужение как экологический фактор трансформации солонца и его микрофлоры // Принципы экологии. 2022. № 2 (44). С. 58-67.
6. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд., испр. и доп. М.: Тов. науч. изд-во КМК, 2014. 635 с.
7. Макарова Н.М. Перспективные растения для фитомелиорации засоленных почв // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021. № 60. С. 129-133.
8. Осипенко Р.А. Рекультивация земель как резерв кормовой базы животноводства // Аграрный вестник Урала. 2021. № 5 (208). С. 40-54.

#### Информация об авторах:

**С.Н. Поцепай** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры иностранных языков, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, [snpotsepai@yandex.ru](mailto:snpotsepai@yandex.ru).

**Л.Н. Анищенко** – доктор сельскохозяйственных наук; профессор кафедры географии, экологии землеустройства, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», [eco\\_egf@mail.ru](mailto:eco_egf@mail.ru).

**М.В. Семышев** – заведующий кафедрой иностранных языков, кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, [mwsemm@mail.ru](mailto:mwsemm@mail.ru).

**П.П. Атрошенко** – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, [bgsha@bgsha.com](mailto:bgsha@bgsha.com).

#### Information about the authors:

**S.N. Potsepai** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Bryansk State Agrarian University, [snpotsepai@yandex.ru](mailto:snpotsepai@yandex.ru).

**L.N. Anishchenko** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Geography, Ecology of Land Management, Bryansk State University named after acad. I. G. Petrovsky, [eco\\_egf@mail.ru](mailto:eco_egf@mail.ru).

**M.V. Semyshev** – Head of the Department of Foreign Languages, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Agrarian University, [mwsemm@mail.ru](mailto:mwsemm@mail.ru).

**P.P. Atroshenko** - Postgraduate student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, [bgsha@bgsha.com](mailto:bgsha@bgsha.com).

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.02.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024.

The article was submitted 19.02.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.

© Поцепай С.Н., Анищенко Л.Н., Семышев М.В., Атрошенко П.П.

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья  
УДК 633.112.9:581.132

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО НА ЗЕЛЕНЬ КОРМ**

<sup>1</sup>Михаил Аркадьевич Дашкевич, <sup>2</sup>Егор Яковлевич Лебедько

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию»,  
Жодино, Республика Беларусь

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье представлены исследования по изучению фотосинтетической деятельности сортов тритикале озимого на зеленый корм в зависимости от фазы развития растений в условиях Республики Беларусь. Исследования проводили в 2020-2022 гг. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Минской области. В результате исследований создан коллекционный материал сортов тритикале зеленоукосного направления использования с привлечением генетических источников белорусской и российской селекции, обладающих полиморфизмом морфологических и технологических свойств. В фазу трубкования выявлены сорта с наибольшей общей площадью листовой пластины: Устье, Торнадо, Заречье, Гурман, Вердикт, Славко, Ковчег, Первенец, которые превосходили контрольный сорт Борец на 1,1 – 24,4%. Установлена высокая корреляционная связь между площадью третьего, четвертого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зеленой массы  $r=0,760, 0,715, 0,755$  соответственно. В фазу флагового листа – слабая корреляционная связь общей площади листовой пластины, третьего, четвертого, пятого листа с урожайностью зеленой массы ( $r=0,400-0,451$ ), средняя – между высотой растения и урожайностью ( $r=0,538$ ). Параметры листьев хотя обусловлены генетически, но во многом зависели от условий окружающей среды, а также от наличия листовых болезней в период роста листьев соответствующих ярусов. Сорта тритикале озимого российской селекции Аграф, Торнадо и белорусской селекции Борец, Гурман, Славко, Ковчег, Первенец будут использоваться в селекционном процессе при создании новых зеленоукосных сортов.

**Ключевые слова:** тритикале, сорт, фаза, ширина и длина листа, площадь листа, корреляция.

**Для цитирования:** Дашкевич М.А., Лебедько Е.Я. Фотосинтетическая деятельность тритикале озимого на зеленый корм // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 20-25.

**Original article**

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF WINTER TRITICALE FOR GREEN FODDER**

<sup>1</sup> Mikhail A. Dashkevich, <sup>2</sup> Yegor Ya. Lebed'ko

<sup>1</sup> Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center of  
the Belarus National Academy of Sciences on Agriculture", Zhodino, Republic of Belarus

<sup>2</sup> Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article presents researches on the photosynthetic activity of winter triticale varieties for green fodder depending on the phase of plant development in the conditions of the Republic of Belarus. The researches were carried out in 2020-2022 by the RUE "Scientific and Practical Center of the Belarus National Academy of Sciences on Agriculture" in Zhodino of the Minsk region. The researches resulted in creating a collection material of greenhorn triticale varieties with the involvement of genetic sources of Belarusian and Russian selection, which have polymorphism of morphological and technological properties. In the tubing phase, varieties with the largest total area of the leaf plate were identified: Ust'ye, Tornado, Zarech'ye, Gurman, Verdict, Slavko, Kovcheg, Pervenets, which exceeded the control variety Borets by 1.1 - 24.4%. A high correlation was established between the area of the third and fourth leaves, the total area of the leaf plate and the yields of green mass  $r=0.760, 0.715, 0.755$ , respectively. In the phase of the flag leaf, there was a weak correlation between the total area of the leaf plate, the third, fourth, and fifth leaf with the yields of green mass ( $r=0.400-0.451$ ), the average one was between a plant height and yields ( $r=0.538$ ). The leaf parameters, although genetically determined, were largely dependent on environmental conditions, as well as on the presence of leaf diseases during the leaf growth of the corresponding tiers. Winter triticale varieties of the Russian selection Agraf, Tornado and the Belarusian selection Borets, Gurman, Slavko, Kovcheg, Pervenets will be used in the breeding process when creating new green-leaved varieties.

**Key words:** triticale, variety, phase, leaf width and length, leaf area, correlation.

**For citation:** Dashkevich M.A., Lebed'ko Ye.Ya. Photosynthetic activity of winter triticale for green fodder // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 20-25.

**Введение.** Основным направлением в селекции тритикале на зеленый корм является увеличение урожайности и выхода сухого вещества с единицы площади. Повышение продуктивности можно достигнуть за счет баланса основных процессов жизнедеятельности растений – фотосинтеза и роста [1,2]. Фотосинтез обеспечивает растения первичными органическими соединениями и оказывает влияние на урожайность зеленой массы [3].

Формирование ассимилирующей поверхности растений и создание оптимальных условий для ее величины имеет большое практическое значение, так как процессы фотосинтеза играют значительную роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур [4,5]. От параметров и пространственной структуры листового аппарата зависит количество поглощаемой растениями энергии. Урожайность зеленой массы растений не всегда увеличивается пропорционально росту площади листовой поверхности. Наиболее оптимальными условиями для формирования урожайности зеленой массы считается, когда общая площадь листьев в 4-5 раз превышает площадь листовой поверхности, что способствует лучшему газообмену и более полному поглощению света [6,7].

Фотосинтетическая деятельность растений является регулируемым процессом, и планируемая урожайность зеленой массы может быть достигнута при соблюдении агротехнических приемов и интенсивности фотосинтеза, а также длительности работы фотосинтетического аппарата растений [8].

**Цель исследований** – изучить фотосинтетическую деятельность сортов тритикале озимого на зеленый корм в зависимости от фазы развития растений.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2020-2022 гг. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Минской области на средне окультуренной дерново-подзолистой, легкосуглинистой почве, путем закладки полевых опытов по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Обработку почвы проводили согласно отраслевому регламенту [9]. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. Посев производили рядовым способом в оптимальные для культуры сроки с нормой высева 500 шт./м<sup>2</sup> всхожих зерен. Размещение делянок рандомизированное. Агрохимические показатели пахотного горизонта: рН (в KCl) – 5,8-6,2, подвижный P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 260-300 мг, обменный K<sub>2</sub>O – 220-260 мг на 1000 г почвы, гумус – 2,1-2,3%. Предшественник: горох на зерно.

Минеральные удобрения (P<sub>80</sub>, K<sub>120</sub>) вносились осенью под вспашку. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в несколько приемов: при возобновлении вегетации в дозе 80 кг д.в./га, в начале выхода в трубку – 40 кг д.в./га и при появлении флагового листа – 30 кг д.в./га.

Объектом исследований являлись сорта тритикале озимого белорусской и российской селекции. В качестве контроля был взят сорт Борец зеленоукосного направления использования.

Учеты данных проводили в фенологические фазы трубкования (ВВСН 32-33), флагового листа (ВВСН 37-39) и начало колошения (ВВСН 50).

Площадь листьев рассчитывали по формуле:

$$S = D \times Ш \times 0,67,$$

где S – площадь листовой пластины,

D – длина листа,

Ш – ширина листа,

0,67 – коэффициент перерасчета.

Исследования выполнены по методикам Б.А. Доспехова (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агрпромпиздат, 1985. 351 с.*), Р.Р. Усманова, Р.Ф. Хохлова [10]

**Результаты и их обсуждение.** При изучении морфологических показателей тритикале озимого на зеленый корм в фазу трубкования были выявлены сорта с широкой листовой пластиной: Варвара, Гродно, Гурман, Заречье, Ковчег, Первенец, Свислочь, Славко, которые превосходили контрольный сорт Борец по ширине первого, второго, третьего и четвертого листа на 2,9-27,1%, 6,6-60,5%, 11,9-32,7% и 2,4-12,0% соответственно. По длине листовой пластины происходили контроль сорта: Атлет 17, Березино, Первенец, Прометей. В результате исследований был выявлен сорт Первенец с широкой и длинной листовой пластиной. Размер и число листьев в основном обусловлено генетически, но и зависели от биологических особенностей сорта, а также от условий окружающей среды в период роста листьев.

Площадь листовой пластины растения является важнейшим морфологическим показателем ассимиляционного аппарата растений, который зависит от длины и ширины листьев растения. Общая

площадь листьев (табл. 1) в зависимости от сорта колебалась от 34,49 см<sup>2</sup> (Экватор) до 53,08 см<sup>2</sup> (Первенец).

Таблица 1 – Площадь листовой пластины тритикале озимого на зеленый корм в фазу трубкования (отсчет снизу) в среднем за 2020-2022 гг.

№ п/п	Сорт	Общая площадь листовой пластины растения, см <sup>2</sup>	Площадь листовой пластины, см <sup>2</sup>			
			первого листа	второго листа	третьего листа	четвертого листа
1	Борец (контроль)	42,67	5,30	6,57	12,92	17,84
2	Аграф	36,72	3,96	6,24	11,00	15,52
3	Алтайская 4	35,46	4,51	6,89	10,70	13,36
4	Атлет 17	40,31	4,59	7,32	12,48	15,92
5	Березино	40,38	4,24	6,86	12,28	17,00
6	Благо 16	37,89	4,49	6,29	11,07	16,04
7	Варвара	41,54	5,72	8,61	11,84	15,37
8	Вердикт	34,49	4,25	5,16	10,20	14,88
9	Гродно	37,31	4,87	6,08	11,19	15,17
10	Гурман	44,38	6,83	8,31	13,11	16,13
11	Динамо	35,70	3,87	6,00	11,00	14,83
12	Жемчуг	40,76	5,19	7,34	12,40	15,83
13	Звено	41,22	5,33	7,36	12,38	16,15
14	Заречье	43,99	5,67	7,95	12,53	17,84
15	Импульс	39,85	4,53	7,32	12,48	15,52
16	Ковчег	50,53	6,47	11,20	14,66	18,20
17	Первенец	53,08	5,45	9,10	16,68	21,85
18	Прометей	41,27	4,86	6,82	12,33	17,26
19	Свислочь	41,71	5,26	7,37	12,27	16,81
20	Славко	45,40	5,67	8,47	14,63	16,63
21	Хот	38,61	4,60	7,72	11,43	14,86
22	Устье	43,31	5,66	7,66	13,39	16,42
23	Юбилей	39,65	4,70	6,42	11,97	16,56
24	Экватор	45,08	6,93	9,57	13,19	15,39
25	Торнадо	43,35	5,19	7,69	13,04	17,43
Среднее значение		41,39±0,87	5,13±0,16	7,45±0,26	12,45±0,28	16,35±0,32
Изменчивость, %		10,5	15,9	17,3	11,3	9,8

Наименьшую площадь листовой пластины в фазу трубкования имел первый (с низу) лист и в зависимости от сорта данный показатель колебался от 3,87 см<sup>2</sup> Динамо до 6,93 см<sup>2</sup> (Вердикт). По площади первого листа сорта: Звено, Первенец, Устье, Заречье, Славко, Варвара, Ковчег, Гурман, Вердикт превосходили контрольный сорт Борец на 0,6 – 30,8 %. По мере нарастания листьев их площадь увеличивается. Так средняя площадь второго листа в сравнении с первым увеличилась на 45,2% и составила 7,45 см<sup>2</sup>. Средняя площадь третьего листа в сравнении со вторым увеличилась на 67,1% и четвертого в сравнении с третьим – на 31,3%.

При сравнении площади листьев с первым листом, то средняя площадь третьего листа увеличилась в 2,4 раза, а четвертого – в 3,2 раза. Площадь второго листа в зависимости от сорта колебалась от 5,16 см<sup>2</sup> (Экватор) до 11,20 см<sup>2</sup> (Ковчег). Сорта Гурман, Славко, Варвара, Первенец, Вердикт, Ковчег достоверно превосходили контрольный сорт Борец по площади второго листа на 26,5%, 28,9, 31,1, 38,5, 45,7, 70,5% при P<0,05...0,01 соответственно. Площадь третьего листа находилась в пределах 10,20-16,68 см<sup>2</sup>. Наибольшая площадь третьего листа была выявлена у сортов Торнадо (13,04 см<sup>2</sup>), Гурман (13,11 см<sup>2</sup>), Вердикт (13,19 см<sup>2</sup>), Устье (13,39 см<sup>2</sup>), Славко (14,63 см<sup>2</sup>), Ковчег (14,66 см<sup>2</sup>), Первенец (16,68 см<sup>2</sup>), которые превосходили контроль на 0,9%, 2,1, 3,6, 13,2, 13,5, 29,1% соответственно. Выявлено достоверное превосходство сортов Славко, Ковчег, Первенец по площади третьего листа над контрольным сортом Борец при P<0,05...0,01. Площадь четвертого листа в зависимости от сорта находилась в пределах от 13,36 см<sup>2</sup> (Алтайская 4) до 21,85 см<sup>2</sup> (Первенец). По площади четвертого листа превосходили контроль сорта Ковчег на 2,0% и Первенец на 22,5 %. Наибольшую общую площадь листовой пластины растения имели сорта: Устье (43,31 см<sup>2</sup>), Торнадо (43,35 см<sup>2</sup>), Заречье (43,99 см<sup>2</sup>), Гурман (44,38 см<sup>2</sup>), Вердикт (45,08 см<sup>2</sup>), Славко (45,40 см<sup>2</sup>), Ковчег (50,53 см<sup>2</sup>),

Первенец (53,08 см<sup>2</sup>) и превосходили контрольный сорт Борец на 1,1%, 1,6, 3,1, 4,0, 5,6, 6,4, 11,8, 24,4% соответственно.

В результате исследований в фазу трубкавания установлена слабая корреляционная связь площади первого листа с урожайностью зеленой массы ( $r=0,443$ ), средняя – между площадью второго листа и урожайностью ( $r=0,559$ ), высокая – между площадью третьего, четвертого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зеленой массы  $r=0,760, 0,715, 0,755$  соответственно.

По мере роста и развития растения происходит увеличения высоты и нарастание листьев. Смена листьев в процессе роста растений имеет прямое отношение к продукционному процессу. Полученные результаты за годы исследований указывают на некоторые особенности развития растений в период вегетации. В фазы трубкавания и флагового листа происходит интенсивное увеличение площади листовой пластины. Наибольшая величина общей площади листовой пластины наблюдалась у сорта российской селекции Аграф. Она увеличилась к фазе флагового листа в 2 раза по сравнению с фазой трубкавания (табл. 2).

Таблица 2 – Площадь листовой пластины тритикале озимого на зеленый корм в фазу флагового листа в среднем за три года

№ п/п	Сорт	Общая площадь листовой пластины растения, см <sup>2</sup>	Площадь листовой пластины, см <sup>2</sup>			
			третьего листа	четвертого листа	пятого листа	шестого листа
1	Борец (контроль)	63,14	12,05	17,75	19,19	14,15
2	Аграф	73,89	13,51	18,26	22,82	19,30
3	Алтайская 4	49,59	6,38	10,85	15,05	17,31
4	Атлет 17	53,30	9,98	14,79	17,94	10,89
5	Березино	51,58	7,78	13,00	18,28	12,52
6	Благо 16	55,60	10,20	14,59	18,23	12,58
7	Варвара	52,14	8,61	11,65	16,48	15,40
8	Вердикт	45,95	8,11	12,07	15,09	10,68
9	Гродно	62,46	12,57	16,84	19,58	13,47
10	Гурман	59,98	12,01	15,67	11,41	14,89
11	Динамо	47,83	8,47	11,16	16,70	11,50
12	Жемчуг	55,20	8,79	12,73	17,68	16,00
13	Звено	48,34	8,98	12,97	15,54	10,85
14	Заречье	56,63	7,48	14,20	20,14	14,81
15	Импульс	59,49	10,01	15,31	20,47	13,67
16	Ковчег	58,27	9,45	14,74	18,13	15,95
17	Первенец	82,83	12,13	22,19	26,64	19,87
18	Прометей	53,95	11,39	14,83	16,88	10,85
19	Свислочь	52,44	8,61	13,99	17,19	12,65
20	Славко	71,03	13,27	18,76	22,04	16,96
21	Хот	53,00	7,38	11,76	14,87	18,99
22	Устье	52,01	8,59	12,64	16,85	13,93
23	Юбилей	61,24	9,71	15,08	20,65	15,80
24	Экватор	58,22	10,49	14,99	18,17	14,57
25	Торнадо	61,09	11,40	15,65	17,92	16,12

Выявлены сорта Славко, Аграф и Первенец с наибольшей общей площадью листовой пластины (71,03, 73,89 и 82,83 см<sup>2</sup>), которые достоверно превосходили контрольный сорт Борец на 12,5%, 17,0 и 31,2% соответственно. Не зависимо от сорта и погодных условий года к фазе флагового листа происходит отмирание двух первых листьев. Это вызвано интенсивным нарастанием площади листьев и биомассы растений в верхних ярусах, при этом происходит затемнение растений и снижение освещенности в нижнем ярусе. Площадь листьев в зависимости от сорта и расположения листьев на стебле существенно варьировало. В фазу флагового листа площадь третьего листа находилась в пределах от 6,38 см<sup>2</sup> (Алтайская 4) до 13,51 см<sup>2</sup> (Аграф), четвертого – 10,86 см<sup>2</sup> (Алтайская 4) – 22,19 см<sup>2</sup> (Первенец), пятого – 11,41 см<sup>2</sup> (Гурман) – 26,64 см<sup>2</sup> (Первенец), шестого – 10,68 см<sup>2</sup> (Вердикт) – 19,30 см<sup>2</sup> (Аграф).

В фазу флагового листа установлена слабая корреляционная связь общей площади листовой пластины, третьего, четвертого, пятого листа с урожайностью зеленой массы ( $r=0,400-0,451$ ), средняя – между высотой растения и урожайностью ( $r=0,538$ ).

У ранне – и среднеспелых сортов тритикале озимого наращивание площади листовой пластины заканчивается к фазе начало колошения, за исключением образовавшихся поздних побегов, у позднеспелых сортов – к фазе начало цветения.

Установлено достоверное увеличение общей площади листовой пластины в фазу начало колошения (таблица 3) у позднеспелых сортов (таблица 3): Звено на 18,3 %, Первенец – 17,7, Атлет 17 – 16,7, Импульс – 15,0%, Березино на 13,9% в сравнении с фазой флагового листа ( $P<0,05$ ).

Таблица 3 – Площадь листовой пластины тритикале озимого на зеленый корм в фазу начало колошения (отсчет сверху) в среднем за 2020-2022 гг.

№ п/п	Сорт	Общая площадь листовой пластины растения, см <sup>2</sup>	Площадь листовой пластины, см <sup>2</sup>			
			первого листа	второго листа	третьего листа	четвертого листа
1	Борец (контроль)	57,60	11,55	19,28	15,79	10,98
2	Аграф	61,30	17,63	19,05	14,73	9,89
3	Алтайская 4	50,53	15,60	15,83	10,91	8,19
4	Атлет 17	62,29	14,16	20,79	15,95	11,39
5	Березино	58,73	11,34	19,28	15,45	12,66
6	Благо 16	50,98	13,67	16,72	12,45	8,14
7	Варвара	49,90	13,06	15,44	12,68	8,72
8	Вердикт	46,31	11,42	15,45	10,39	9,05
9	Гродно	54,29	11,67	15,76	15,01	11,85
10	Гурман	64,39	13,47	18,32	17,43	15,17
11	Динамо	50,45	10,56	17,25	13,23	9,41
12	Жемчуг	49,51	12,63	16,98	11,82	8,08
13	Звено	57,19	16,88	19,92	18,00	13,63
14	Заречье	55,35	11,58	18,47	16,20	9,10
15	Импульс	68,43	16,88	19,92	18,00	13,63
16	Ковчег	53,92	14,91	16,42	13,17	9,42
17	Первенец	97,45	28,90	30,04	22,82	15,69
18	Прометей	47,33	9,95	16,03	12,02	9,33
19	Свислочь	51,25	11,42	16,84	14,12	8,87
20	Славко	79,14	21,12	24,90	19,93	13,19
21	Хот	50,70	10,77	15,11	13,87	10,95
22	Устье	43,01	11,50	14,86	10,25	6,40
23	Юбилей	52,71	12,38	15,91	14,07	10,35
24	Экватор	51,50	11,85	16,10	13,91	9,64
25	Торнадо	67,03	14,79	20,03	19,86	12,35

Наиболее существенное уменьшение общей площади листовой пластины в фазу начало колошения отмечалось у сортов: Устье – на 17,3%, Аграф – 17,0, Юбилей – 13,9, Гродно – 13,1, Экватор – 11,5, Жемчуг – на 10,0%. По общей площади листовой пластины растения происходили контрольный сорт Борец сорта российской селекции Аграф (6,4%), Торнадо (16,4%), белорусской – Березино (1,9%), Атлет 17 (8,1%), Гурман (12,7), Импульс (18,8%), Славко (37,4%), Первенец (69,2%). В зависимости от сорта увеличение общей площади листовой пластины к фазе начало колошения составляло 1,1-1,8 раза по сравнению с фазой трубкования. Параметры листьев хотя обусловлены генетически, но во многом зависели от условий окружающей среды, а также от наличия листовых болезней в период роста листьев соответствующих ярусов.

**Выводы.** 1. В фазу трубкования выявлены сорта с наибольшей общей площадью листовой пластины: Устье, Торнадо, Заречье, Гурман, Вердикт, Славко, Ковчег, Первенец, которые превосходили контрольный сорт Борец на 1,1% - 24,4%.

2. Установлена высокая корреляционная связь в фазу трубкования между площадью третьего, четвертого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зеленой массы  $r=0,760, 0,715, 0,755$  соответственно. В фазу флагового листа установлена слабая корреляционная связь общей

площади листовой пластины, третьего, четвертого, пятого листа с урожайностью зеленой массы ( $r=0,400-0,451$ ), средняя – между высотой растения и урожайностью ( $r=0,538$ ).

2. Сорты тритикале озимого российской селекции Аграф, Торнадо и белорусской селекции Борец, Гурман, Славко, Ковчег, Первенец будут использоваться в селекционном процессе при создании новых зеленоукосных сортов.

#### Список источников

1. Использование тритикале озимого при организации зеленого конвейера / М.А. Дашкевич, В.Н. Буштевич и др. // Зоотехническая наука: сб. науч. тр. Жодино, 2023. Т. 58, ч. 1. С. 190-197.
2. Полноценный рацион – залог успешного раздоя / М.Н. Федосов, А.С. Кузьмина, А.В. Вертянов, Ж.С. Майорова // Научные приоритеты современного животноводства в исследованиях молодых учёных: материалы Всерос. студ. науч.-практ. конф. Рязань: РГАУ им. П.А. Костычева, 2020. С. 286-291.
3. Макаров М.Р. Актуальность получения новых сортов озимой тритикале, адаптированных к условиям конкретного региона // Бюллетень науки практики. 2019. № 4. С. 206-210.
4. Тритикале – важная кормовая культура / Н.С. Шпилёв, Л.В. Лебедев, С.И. Шепелев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4. С. 19-24.
5. Тритикале озимое на зеленый корм / В.Н. Буштевич, В.Н. Дашкевич, М.А. Позняк и др. // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XXI междунар. науч.-практ. конф., 18 мая 2018 г. Гродно: Изд-во ГГАУ, 2018. С. 123-125.
6. Сидельникова Н.А. Возделывание тритикале в условиях Белгородской области // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 170-177.
7. Тритикале озимое белорусской и российской селекции на зеленый корм в фазу трубкования / М.А. Дашкевич В.Н. Буштевич, М.А. Позняк и др. // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. Жодино, 2022. Т. 57, ч. 1. С. 189-199.
8. Волошина Т.А. Потенциальная продуктивность озимой тритикале при возделывании на корм в условиях Приморского края // Вестник Новосибирского ГАУ. 2019. № 2. С. 58–64.
9. Андреев А.А., Драчёва М.К., Кутепова И.А. Оценка селекционного материала озимой тритикале на продуктивность // Владимирский земледелец. 2022. № 1 (99). С. 44-48.
10. Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф. Методика опытного дела (с расчётами в программе Excel): практикум. М.: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. 155 с.

#### Информация об авторах:

**М.А. Дашкевич** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию», mir2909qw@mail.ru.

**Е.Я. Лебедев** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vasilev.1958@mail.ru.

#### Information about the authors:

**M.A. Dashkevich** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Republican Unitary Enterprise «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus on agriculture», mir2909qw@mail.ru.

**Ye.Ya. Lebed'ko** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, vasilev.1958@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.02.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024..

The article was submitted 27.02.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.

© Дашкевич М.А., Лебедев Е.Я.

## Научная статья

УДК 633.412:635.132:632.913 (470.333)

## ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ СОРТООБРАЗЦАМИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ И МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ирина Васильевна Сычѳва, Сергей Михайлович Сычѳв, Алексей Андреевич Осипов,  
Дина Игоревна Анищенко, Мария Юрьевна Васина  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Целью исследований явилась оценка уровня накопления экотоксикантов различными сортами и гибридами корнеплодных овощных культур (моркови столовой, свеклы столовой) в условиях юго-западной части Центрального региона РФ (Брянская область). Экспериментальные исследования проводили в течение 2021-2022 гг. в стационарном полевом опыте и Центре коллективного пользования приборами и оборудованием ФГБОУ ВО Брянского ГАУ. Объекты исследований – сортообразцы столовой свѳклы Любава, Бордо 237, Гаспадыня, Несравненная, Нежность, Мулатка, Креолка и моркови столовой Нантская, Марс F<sub>1</sub>, Надежда F<sub>1</sub>, Купар F<sub>1</sub>, Нанте Минор, Шантенэ королевская селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск». При изучении сортообразцов столовой свѳклы с низким накоплением тяжелых металлов выделены сортообразцы – Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка. Отмечено варьирование у сортов по Cs<sup>137</sup>, Бк/кг от 0,12±1,25 (Креолка) до 2,76±1,16 (Несравненная) и 2,87±1,06 Бк/кг (Гаспадыня). Сортообразец Гаспадыня характеризовался высоким уровнем накоплением тяжелых металлов (Pb - 2,11±0,99 мг/кг, Cu - 6,72±2,43мг/кг), но не выходящим за пределы ПДУ. По накоплению меди, выходящему за пределы ПДУ, следует отметить сортообразцы Гаспадыня и Несравненная. Изучение накопления тяжелых металлов в корнеплодах моркови столовой показало превышение содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> до 6,05-6,72 мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. По накоплению <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне было отмечено варьирование от 0,12±1,25 (Марс F<sub>1</sub>) до 2,87±1,06 (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг. Все сортообразцы моркови столовой показали низкий уровень накопления нитратов – от 56,1±1,51 (Нанте) до 186,3±1,23 (Марс F<sub>1</sub>). Результаты проведенных исследований дают возможность использования данных в селекционной работе при создании сортов и гибридов столовой свеклы и столовой моркови с незначительным накоплением экотоксикантов.

**Ключевые слова:** свекла столовая, морковь столовая, экотоксиканты, тяжелые металлы, радионуклиды, нитраты.

**Для цитирования:** Оценка накопления экотоксикантов сортообразцами свеклы столовой и моркови столовой в условиях брянской области / И.В. Сычѳва, С.М. Сычѳв, А.А. Осипов, Д.И. Анищенко, М.Ю. Васина // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 26-30.

## Original article

## EVALUATION OF ACCUMULATING ECOTOXICANTS BY TABLE BEET AND CARROT CULTIVARS UNDER THE CONDITIONS OF THE BRYANSK REGION

Irina V. Sychyova, Sergey M. Sychyov, Alexey A. Osipov, Dina I. Anishchenko, Maria Y. Vasina  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The aim of the research was to assess the level of accumulation of ecotoxins by various varieties and hybrids of root vegetable crops (table carrots, table beets) in the southwestern part of the Central region of the Russian Federation (Bryansk region). Experimental studies were conducted during 2021-2022 in the stationary field experiment and the Center for the Collective Use of Devices and Equipment of the Bryansk State Agrarian University. The objects of research are varieties of table beet Lyubava, Bordeaux 237, Gazpadynya, Incomparable, Tenderness, Mulatto, Creole and carrots of the Nantes dining room, Mars F<sub>1</sub>, Nadezhda F<sub>1</sub>, Cupar F<sub>1</sub>, Nantes Minor, Chantenay royal selection of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNZO" and the agricultural holding "Poisk". When studying the varieties of table beet with a low accumulation of heavy metals, the varieties Bordeaux 237, Lubava, Tenderness, Mulatto, Creole were identified. There was a variation in varieties according to Cs<sup>137</sup>, Bq/kg from 0.12±1.25 (Creole) to 2.76±1.16 (Incomparable) and 2.87±1.06 Bq/kg (Gazpadynya). The Gaspadin variety was characterized by a high level of accumulation of heavy metals (Pb - 2.11±0.99 mg/kg, Cu - 6.72±2.43mg/kg), but not exceeding the limits of the remote control. According to the accumulation of copper beyond the limits of the MPU, the varieties Gazpadynya and Incomparable should be noted. The study of the accumulation of heavy metals in the root crops of table carrots showed an excess of Cu content in the root crops of Chantenay Royal Hope F<sub>1</sub> to 6.05-

6.72 mg/kg of products, which exceeded the maximum permissible concentration of 5 mg/kg of products. According to the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$ , in the root crops of table carrots for 2 years of research on a natural background, a variation from  $0.12 \pm 1.25$  (Mars F1) to  $2.87 \pm 1.06$  (Nadezhda F1) Bq/kg was noted. All varieties of table carrots showed a low level of nitrate accumulation – from  $56.1 \pm 1.51$  (Nantes) to  $186.3 \pm 1.23$  (Mars F1). The results of the conducted research make it possible to use the data in breeding work when creating varieties and hybrids of table beet and table carrot with a slight accumulation of ecotoxicants.

**Key words:** table beet, table carrot, ecotoxicants, heavy metals, radionuclides, nitrates.

**For citation:** Evaluation of accumulating ecotoxicants by table beet and carrot cultivars under the conditions of the bryansk region/ I.V. Sychyova, S.M. Sychyov, A.A. Osipov, D.I. Anishchenko, M.Y. Vasina // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 26-30.

**Введение.** В последние десятилетия усиливается приток в окружающую среду экотоксикантов в результате хозяйственной деятельности человека, аварий, военных конфликтов в виде тяжелых металлов, нитратов, радионуклидов и др.. Ориентировочная численность населения в РФ, подверженного наиболее выраженному влиянию на состояние здоровья комплексной химической нагрузкой, определяемой загрязнением продуктов питания, питьевой воды, атмосферного воздуха и почвы составляет более 100 млн. человек. В связи с этим проблема качества растениеводческой продукции приобретает новый аспект – она должна иметь не только сбалансированный химический состав и обладать относительной устойчивостью к вредным организмам, но и являться экологически безопасной. Данная проблема особенно важна для овощей, так как овощная продукция наряду с высокой питательностью подчас может содержать высокие концентрации экотоксикантов. Анализируя качество овощной продукции можно выделить группу БАВ (белки, жиры, углеводы, витамины и др.), а также группу вредных или токсичных веществ, содержание которых должно быть снижено. Вся пищевая ценность овощей может быть снижена наличием в нем определенной концентрации токсичных веществ, превышающей гигиенические нормы. Причем процесс накопления экотоксикантов в продукции зависит от трех основных факторов: 1) генетического (особенности культуры или сорта, определяющие поступление, транспорт, накопление и детоксикацию тяжелых металлов, нитратов и радионуклидов); 2) средового (близость расположения источника и интенсивность загрязнения, абиотические и биотические факторы среды, влияние рельефа местности на распространение загрязнения и др.); 3) агротехнического (дозы и сроки вносимых удобрений и пестицидов, регулирование поступления экотоксикантов в растения агротехническими приемами). Особое внимание уделяется разработке отбора на низкое содержание экотоксикантов в овощной продукции (*Методические указания по экологической селекции шпината огородного (*Spinacia oleracea* L.) на низкий уровень накопления экотоксикантов (радионуклидов, тяжелых металлов и нитратов) / А.В. Солдатенко, Е.Г. Добруцкая, Л.В. Кривенков и др. М.: ВНИИССОК, 2017. 47 с.*), [1,2,3]. Поэтому целью наших исследований явилась оценка уровня накопления экотоксикантов сортаобразцами свеклы столовой и моркови столовой в условиях Брянской области.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальные исследования проводили в течение 2021-2022 гг. в стационарном полевом опыте и Центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Объекты исследований – сортаобразцы столовой свёклы Любава, Бордо 237, Гаспадыня, Несравненная, Нежность, Мулатка, Креолка и моркови столовой Нантская, Марс F<sub>1</sub>, Надежда F<sub>1</sub>, Купар F<sub>1</sub>, Нанте Минор, Шантенэ королевская селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск».

Посев семян корнеплодных культур проводили в первой декаде мая 2021-2023 гг. В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, биометрические измерения и морфологическое описание растений, учет урожая. Площадь учетной делянки составляла 10 м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности исследовали по 100 растений. Почва стационара – серая лесная среднесуглинистого гранулометрического состава, средне окультурена. Подстилающая порода – лессовидные суглинки, достаточно проницаемые для воды и воздуха. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 3,5-3,6 % (по Тюрину); подвижного фосфора – 280-320 и обменного калия 178-195 мг/кг (по Кирсанову), реакция почвенного раствора рН<sub>KCl</sub> 5,5-5,6.

Среднесуточная температура за годы исследований составила в среднем 13,7-15,8 °С и не превышала среднемноголетние значения. Средняя сумма эффективных температур составила 2823,5 °С, сумма осадков за 2021-2022 гг. в вегетационный период – 335,0 мм, погодные-климатические условия благоприятствовали росту и развитию растений овощных культур.

Агротехника при выращивании корнеплодных культур – общепринятая в условиях юго-западной части Центрального региона РФ. При проведении исследований оценивали динамику нарастания и отмирания листьев, и морфологические особенности листового аппарата.

Урожай учитывали со всей площади делянки. Количественное содержание тяжелых металлов в корнеплодах столовой свёклы и столовой моркови определяли атомно-адсорбционным методом, активность  $Cs^{137}$  с помощью гамма-спектрометрического измерения. Для количественного определения содержания нитратов использовали ионометрический метод. Математическую обработку полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова. Для статистической обработки экспериментальных данных использованы общепринятые методы (Леунов В.И. *Столовые корнеплоды в России. М., 2011. 272 с.*; Литвинов С.С. *Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ГНУ ВНИИО, 2011. 648 с.*) [4].

**Результаты и их обсуждение.** В современных условиях технологии возделывания столовых корнеплодов требуют тщательного подбора сортов и их адаптивности к природно-климатическим факторам конкретного региона, устойчивости к вредным организмам, оценке накопления тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов. К проблеме качества овощной продукции необходимо подходить с точки зрения экологической безопасности.

Попадание тяжелых металлов в агрофитоценозы может породить две основные проблемы: 1) снижение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур, что является одной из причин неинфекционных заболеваний; 2) загрязнение продуктивных органов тяжелыми металлами и попадание их с пищей в организм человека. Причем проблема накопления тяжелых металлов в продукции более актуальна, чем проблема устойчивости растений. Она может возникнуть даже при незначительных концентрациях в пригородных зонах, у автомагистралей. В то же время у растений проявляется генетически обусловленная видовая и сортовая специфика как по устойчивости к тяжелым металлам, так и по накоплению токсикантов в продукции [5]. Предельно допустимый уровень содержания по Pb (мг/кг) составляет 5,00 мг/кг в столовых корнеплодах. Показатели по данному параметру варьировали на сортообразцах свеклы от 0,18±0,01 у Бордо 237 до 2,11±0,99 мг/кг по сортообразцу Гаспадыня. Низкое накопление кадмия отмечено также у сортообразца Бордо 237 при ПДУ 0,30 мг/кг. Сортообразец Гаспадыня характеризовался накоплением до уровня 0,29±0,05 мг/кг, что свидетельствует о высоком накоплении экотоксиканта. Данный сортообразец показал превышение по содержанию меди до 16,72±2,43 мг/кг по сравнению с ПДК. Незначительно накапливали тяжелые металлы сортообразцы Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка (табл. 1).

Таблица 1 - Содержание экотоксикантов в корнеплодах сортообразцов свёклы столовой (опытное поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2021-2022 гг., среднее)

Название сортообразца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность $^{137}Cs$ , Бк/кг	Содержание нитратов, мг/кг
	Pb	Cd	Cu		
Бордо 237	0,18±0,01	0,09±0,01	2,34±0,65	1,68±1,54	126,8±1,26
Любава	0,23±0,01	0,11±0,01	4,17±1,35	0,86±2,02	186,3±1,23
Гаспадыня	2,11±0,99	0,29±0,05	6,72±2,43	2,87±1,06	172,5±2,11
Нежность	0,67±0,13	0,10±0,01	2,56±1,13	1,93±1,36	138,4±1,67
Мулатка	0,33±0,12	0,18±0,02	3,44±0,79	2,31±3,19	56,1±1,51
Креолка	1,27±0,63	0,13±0,01	4,21±0,97	0,12±1,25	85,9±2,13
Несравненная	1,43±0,65	0,18±0,02	6,05±1,39	2,76±1,16	165,9±2,13
Показатели ПДУ	ПДК, мг/кг			Допустимый уровень, Бк/кг	ПДК, мг/кг
	5,00	0,30	5,00		

Внутривидовой изменчивости растений по накоплению радионуклидов достаточно для проведения отбора сортов, что особенно важно для овощных культур, которые выращивает население на территориях, подвергнувшихся радиоактивному загрязнению в результате аварий и военных конфликтов. Все сорта столовой свёклы селекции ФГБНУ «ФНЦО» и агрохолдинга «Поиск» характеризовались низкими показателями по  $^{137}Cs$ , Бк/кг за два года исследований при допустимом уровне 600 Бк/кг. В то же время наблюдалось варьирование по данному показателю от 0,12±1,25 (Креолка) до 2,76±1,16 (Несравненная) и 2,87±1,06 Бк/кг (Гаспадыня).

По накоплению нитратов в корнеплодах все изучаемые сорта столовой свеклы не превышали ПДК -1400 мг/кг. Менее 100 мг/кг накапливали в среднем за два года исследований сорта Креолка (85,9±2,13) и Мулатка (56,1±1,51).

Накопление тяжелых металлов корнеплодами столовой моркови в условиях опытного поля Брянского ГАУ также показало варьирование по данному признаку и отсутствие превышения значений ПДК по свинцу и кадмию. Незначительное накопление отмечено у сортообразца Нантская (Pb - 0,18±0,01; Cd - 0,09±0,01; Cu - 2,34±0,65, мг/кг), в то же время гибрид Надежда F<sub>1</sub> показал накопление

в продукции до  $2,11 \pm 0,99$  мг/кг по Pb и  $0,29 \pm 0,05$  мг/кг по Cd. Однако содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> было на уровне  $6,05-6,72$  мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. Приближались по данному значению к ПДК образцы Марс F<sub>1</sub>, Минор.

Таблица 2- Содержание экотоксикантов в корнеплодах сортов образцов моркови столовой (опытное поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2021-2022 гг., среднее)

Название сорта образца	Содержание тяжелых металлов, мг/кг			Активность <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	Содержание нитратов, мг/кг
	Pb	Cd	Cu		
Нантская	$0,18 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$2,34 \pm 0,65$	$1,68 \pm 1,54$	$126,8 \pm 1,26$
Марс F <sub>1</sub>	$0,23 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$	$4,17 \pm 1,35$	$0,86 \pm 2,02$	$186,3 \pm 1,23$
Надежда F <sub>1</sub>	$2,11 \pm 0,99$	$0,29 \pm 0,05$	$6,72 \pm 2,43$	$2,87 \pm 1,06$	$172,5 \pm 2,11$
Купар F <sub>1</sub>	$0,67 \pm 0,13$	$0,10 \pm 0,01$	$2,56 \pm 1,13$	$1,93 \pm 1,36$	$138,4 \pm 1,67$
Нанте	$0,33 \pm 0,12$	$0,18 \pm 0,02$	$3,44 \pm 0,79$	$2,31 \pm 3,19$	$56,1 \pm 1,51$
Минор	$1,27 \pm 0,63$	$0,13 \pm 0,01$	$4,21 \pm 0,97$	$0,12 \pm 1,25$	$85,9 \pm 2,13$
Шантенэ королевская	$1,43 \pm 0,65$	$0,18 \pm 0,02$	$6,05 \pm 1,39$	$2,76 \pm 1,16$	$165,9 \pm 2,13$
Показатели	ПДК, мг/кг			Допустимый уровень, Бк/кг	ПДК, мг/кг
ПДУ	5,00	0,30	5,00	600	1400

Диапазон накопления <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне был отмечен от  $0,12 \pm 1,25$  (Марс F<sub>1</sub>) до  $2,87 \pm 1,06$  (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг продукции. Это не превысило значения ПДК – 600 Бк/кг.

Содержание нитратов в овощной продукции давно является объектом научных исследований, причем неодинаковое накопление нитратов у разных сортов овощных культур обусловлено в первую очередь генетически закрепленным уровнем активности отдельных ферментов, в частности нитрат-редуктазы. По накоплению нитратов в корнеплодах моркови столовой ПДК составляет 1400 мг/кг продукции. Все сорта образцы показали низкий уровень накопления нитратов – от  $56,1 \pm 1,51$  (Нанте) до  $186,3 \pm 1,23$  (Марс F<sub>1</sub>).

**Выводы.** В результате проведенных исследований при изучении сортов образцов столовой свёклы с низким накоплением тяжелых металлов выделены сорта образцы – Бордо 237, Любава, Нежность, Мулатка, Креолка. Отмечено варьирование у сортов по Cs<sup>137</sup>, Бк/кг от  $0,12 \pm 1,25$  (Креолка) до  $2,76 \pm 1,16$  (Несравненная) и  $2,87 \pm 1,06$  Бк/кг (Гаспадыня). Сорта образец Гаспадыня характеризовался высоким уровнем накоплением тяжелых металлов (Pb -  $2,11 \pm 0,99$  мг/кг, Cu -  $6,72 \pm 2,43$  мг/кг), но не выходящим за пределы ПДУ. По накоплению меди, выходящему за пределы ПДУ, следует отметить сорта образцы Гаспадыня и Несравненная. Изучение накопления тяжелых металлов в корнеплодах моркови столовой показало превышение содержание Cu в корнеплодах Шантенэ королевской Надежда F<sub>1</sub> до  $6,05-6,72$  мг/кг продукции, что превысило ПДК – 5 мг/кг продукции. По накоплению <sup>137</sup>Cs, в корнеплодах моркови столовой за 2 года исследований на естественном фоне было отмечено варьирование от  $0,12 \pm 1,25$  (Марс F<sub>1</sub>) до  $2,87 \pm 1,06$  (Надежда F<sub>1</sub>) Бк/кг. Все сорта образцы моркови столовой показали низкий уровень накопления нитратов – от  $56,1 \pm 1,51$  (Нанте) до  $186,3 \pm 1,23$  (Марс F<sub>1</sub>). Результаты проведенных исследований дают возможность использования данных в селекционной работе при создании сортов и гибридов столовой свёклы и столовой моркови с незначительным накоплением экотоксикантов.

#### Список источников

1. Левшук, О.Н., Мысльва, Т.Н. Моделирование и прогнозирование пространственного распределения загрязнения тяжелыми металлами картофеля и овощей, выращиваемых на агроселитебных территориях // Мелиорация. 2021. № 3 (97). С. 85-98.
2. Башкин, В.Н., Галиулина, Р.А. Оценка риска накопления тяжелых металлов в овощных культурах // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18, № 4. С. 48-65.
3. Доброхотов, С.А., Адимеле, Ф., Ефремова, М.А. Содержание тяжелых металлов в почве и их поступление в продукцию овощных культур // Почвы в биосфере: сб. мат. Всерос. науч. конф. М., 2018. С. 199-203.
4. Современные тенденции развития селекции овощных и бахчевых культур / В.Ф. Пивоваров, А.В. Солдатенко, О.Н. Пышная и др. // Овощи России. 2022. № 3. С. 5-15.
5. Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и другими вредными веществами в регионе с развитым агропромышленным и нефтехимическим комплексом / Н.Р. Рахматуллин, Р.А. Су-

лейманов, Т.К. Валеев, С.Ш. Рафиков // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-2. С. 136-142.

**Информация об авторах:**

**И.В. Сычёва** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, i.sychyova@mail.ru.

**С.М. Сычёв** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sichev\_65@mail.ru

**А.А. Осипов** - кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель учебно-методического информационно-консультационно центра, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, osipovaa@bgsha.com.

**Д.И. Анищенко** – магистрант института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, dinaaniska2002@yandex.ru.

**М.Ю. Васина** – аспирант института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vas8963@yandex.ru.

**Information about the authors:**

**I.V. Sychyova** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, i.sychyova@mail.ru.

**S.M. Sychyov** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production at Bryansk, Bryansk State Agrarian University, sichev\_65@mail.ru.

**A.A. Osipov** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the educational and methodological information and Consulting Center, Bryansk State Agrarian University, osipovaa@bgsha.com.

**D.I. Anishchenko** – Bachelor, Bryansk State University, dinaaniska2002@yandex.ru

**M.Y. Vasina** - PhD student, Bryansk State University, vas8963@yandex.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 03.04.2024; одобрена после рецензирования 24.05.2024, принята к публикации 31.05.2024.**

**The article was submitted 03.04.2024; approved after reviewing 24.05.2024; accepted for publication 31.05.2024.**

© Сычёва И.В., Сычёв С.М., Осипов А.А., Анищенко Д.И., Васина М.Ю.

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**  
**ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE**  
**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ**  
**И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА**  
**(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья  
 УДК 636.52/.58:612.1

**ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА И МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ**  
**У МОЛОДНЯКА ПТИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИХ РАЦИОНАХ**  
**ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Валерий Егорович Подольников, Максим Валерьевич Подольников**  
**Леонид Никифорович Гамко, Анна Александровна Стафеева**  
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Для формирования иммунного статуса организма молодняка сельскохозяйственной птицы с первых дней жизни требуется обеспечить рационы не только белками, жирами и углеводами, но и комплексом биологически активных веществ. В научно-хозяйственном опыте установлено положительное влияние гуминовых веществ на показатели продуктивности и морфо-биохимический состав крови цыплят-бройлеров кросса ROSS-308 и при выращивании молодняка кур адлерской серебристой породы. При скармливании цыплятам-бройлерам гуминовой добавки с коммерческим названием ОДК «Гумэл Люкс» в сухом виде в дозе 100 грамм на 1 тонну комбикорма продуктивность птицы повысилась на 2,76%, а сохранность поголовья – на 8%. В составе крови этих цыплят отмечается достоверное увеличение численности лейкоцитов на 16,7%, альбуминов на 11,8%, глобулинов на 7,2%. При этом снизилось содержание в крови мочевины на 4,1% и холестерина на 2,8%. Выпаивание ОДК «Гумэл Люкс» цыплятам-бройлерам через систему водоснабжения способствовало повышению их продуктивности на 8,3%. В крови подопытных цыплят увеличилось содержание общего белка на 0,16% и снизилось содержание холестерина на 2,94%. Отмечается также некоторое увеличение в крови железа, кальция и фосфора. Разница между контролем и опытными группами по энергии роста составила: при скармливании добавки с комбикормом 0,43%, при выпаивании с водой – 0,32%. В опыте на цыплятах адлерской серебристой породы установлено, что при скармливании ОДК «Гумэл Люкс» в дозе 100 грамм на 1 тонну комбикорма продуктивность их увеличилась на 7,29%, а увеличении дозы в 1,5 раза – на 10,43% за весь период выращивания (разница статистически высоко достоверна). Энергия роста, по сравнению с контролем была соответственно выше на 0,38 и 0,68%. В крови цыплят адлерской серебристой породы достоверное увеличение гемоглобина на 2,1-9,3%, а также глюкозы и минеральных веществ – железа, кальция и фосфора.

**Ключевые слова:** корма, кормовые добавки, цыплята, продуктивность, кровь.

**Для цитирования:** Продуктивные качества и морфо-биохимический состав крови у молодняка птицы при использовании в их рационах гуминовых веществ / В.Е. Подольников, М.В. Подольников, Л.Н. Гамко, А.А. Стафеева // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 31-36.

**Original article**

**PRODUCTIVE QUALITIES AND MORPHO-BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLOOD**  
**IN YOUNG BIRDS WHEN USING HUMIC SUBSTANCES IN THEIR DIETS**

**Valery Ye. Podol'nikov, Maxim V. Podol'nikov, Leonid N. Gamko, Anna A. Stafeeva**  
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** To form the immune status of the body of young poultry from the first days of life, it is necessary to provide diets not only with proteins, fats and carbohydrates, but also with a complex of biologically active substances. In scientific and economic experiment the positive effect of humic substances on productivity indicators and the morpho-biochemical blood composition of broiler chickens of the ROSS-308 cross and when raising chickens of the Adler silver breed was established. When feeding broiler chickens with humic additives with the commercial name UEC "Gumel Luks" in the dry form at a dose of 100 grams per 1 ton of compound feed, poultry productivity increased by 2.76%, and chick livability - by 8%. The blood composition of these chickens was noted by a significant increase in the number of leukocytes by 16.7%, albumins by 11.8%, globulins by 7.2%. At the same time, the blood content of urea decreased by 4.1% and cholesterol by 2.8%. The feeding of broiler chickens with UEC "Gumel Luks" through the water supply sys-

tem contributed to an increase in their productivity by 8.3%. In the blood of experimental chickens the total protein content increased by 0.16% and the cholesterol content decreased by 2.94%. There was also a slight increase in iron, calcium and phosphorus in the blood. The difference between the control and the experimental groups in terms of growth energy was: 0.43% when feeding the additive with compound feed, 0.32% when watering. In the experiment on chickens of the Adler silver breed, it was established that when feeding UEC “Gumel Luks” at a dose of 100 grams per 1 ton of compound feed, their productivity increased by 7.29%, and an 1.5-fold dose increase – by 10.43% over the entire growing period (the difference is statistically highly significant). The growth energy compared with the control was higher by 0.38 and 0.68% respectively. In the blood of Adler silver chickens, there was a significant increase in hemoglobin by 2.1-9.3%, as well as glucose and minerals – iron, calcium and phosphorus.

**Key words:** feeds, feed additives, chickens, productivity, blood.

**For citation:** Productive qualities and morpo-biochemical composition of blood in young birds when using humic substances in their diets / V.Ye. Podol'nikov, M.V. Podol'nikov, L.N. Gamko, A.A. Stafeeva // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3(103). 31-36.

**Введение.** Современное птицеводство – одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей в России. Важнейшим фактором интенсификации ее развития является полноценное кормление птицы, обеспечивающее высокую сохранность поголовья и продуктивность на протяжении всего периода онтогенеза [1]. Наиболее ответственным периодом являются первые дни жизни молодняка птицы. Состав их корма должен отвечать потребностям организма в поступлении энергии, основных питательных веществ, аминокислот, минеральных веществ и витаминов. При недостатке этих элементов питания в состав комбикормов вводятся дополнительно кормовые добавки и синтетические препараты, большинство из которых ранее импортировались из других стран. Однако, в связи с санкционной политикой, которая ведется западными странами против России, обеспечивать комбикорма для птицы всеми необходимыми компонентами становится все труднее и неизбежно ведет к удорожанию производимой продукции птицеводства. Для налаживания собственного производства аминокислот, витаминов и других синтетических биологически активных веществ у себя в стране требуется определенное время. В связи с этим, частично проблему можно решить путем использования имеющихся природных ресурсов и продукции их переработки. В качестве одного из таких ресурсов являются гуминовые вещества различного происхождения. Гуминовые вещества определяют научно-практический интерес ряда авторов в качестве источника комплекса биологически активных веществ, способствующих повышению защитных свойств растений, а также организмов животных и птицы [2,3,4,5,6].

**Целью наших исследований** явилось изучить влияние гуминовых веществ в составе рационов молодняка птицы на их продуктивные качества и морфо-биохимический состав крови.

**Материал и методы исследований.** В наших исследованиях мы изучали эффективность применения гуминовых веществ в составе рационов молодняка птицы с первых дней жизни. В качестве источника гуминовых веществ использовали комплексную оздоровительную добавку кормовую (ОДК) «Гумэл Люкс», основным действующим веществом которой является гумат натрия, представляющий собой вытяжку из бурого угля. В состав изучаемой гуминовой кормовой добавки входит комплекс макро- и микроэлементов, а также кремний, азот, углерод, кислород и водород.

В качестве второго компонента в составе ОДК «Гумэл Люкс» присутствует крезацин – производная ароксикарбоновых кислот. Безвредное для организма вещество, положительно влияющее на иммунный статус организма.

В первом научно-хозяйственном опыте в составе рациона цыплят-бройлеров кросса ROSS-308 использовали ОДК «Гумэл Люкс» в сухом виде, смешивая ее с комбикормом. Для опыта было сформировано 2 группы цыплят-бройлеров в возрасте 3 суток по 100 голов в каждой группе. Опытная группа получала ОДК «Гумэл Люкс» в дозе, рекомендуемой производителем этой добавки – 100 грамм на 1 тонну комбикорма. Продолжительность выращивания цыплят в первом опыте составила 32 суток.

Во втором опыте было сформировано 2 группы суточных цыплят-бройлеров того же кросса численностью 33906 голов в контрольной группе и 32452 в опытной группе. Опытной группе, ОДК «Гумэл Люкс» в растворенном виде выпаивали через систему водоснабжения. Дозу изучаемой кормовой добавки корректировали ежедневно, пропорционально расходу кормов из того же расчета – 100 грамм на 1 тонну комбикорма. Продолжительность второго опыта составила 35 дней.

Третий научно-хозяйственный опыт проводили молодняке кур мясояичного направления продуктивности – адлерской серебристой породы. Для опыта было сформировано 3 группы суточных цыплят по 100 голов в каждой группе. Одна из групп являлась контролем и получала основной рацион в виде комбикормов собственного производства. 1-опытная группа цыплят дополнительно к ос-

новному рациону получала 100 г ОДК «Гумэл Люкс» на 1 тонну комбикорма. А 2-опытная группа получала повышенную дозу изучаемой добавки из расчета 150 г на 1 тонну комбикорма.

**Результаты проведенных исследований.** Условия содержания и кормления молодняка птиц в первые дни жизни определяют их дальнейшую сохранность и продуктивность. Использование в наших исследованиях гуминовой кормовой добавки в составе рационов цыплят способствовало укреплению здоровья и повышению продуктивности подопытных птиц.

Результаты первого научно-хозяйственного опыта (табл. 1) показали, что продуктивность цыплят-бройлеров опытной группы, получавшей ОДК «Гумэл Люкс», за весь период опыта была выше, чем в контрольной группе на 2,76%. Разница между опытной и контрольной группой по энергии роста составила 0,43%, а по сохранности поголовья – 8,0% в пользу опытной группы.

Таблица 1 - Показатели продуктивности цыплят-бройлеров в первом опыте

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Средняя живая масса на начало опыта, г	137,5 ± 1,2	138,0 ± 1,3
Средняя живая масса в конце опыта, г	2458,0 ± 5,6	2521 ± 4,0
Валовой прирост за опыт, г	2320,5	2383,0
Среднесуточный прирост за опыт, г	72,5	74,5
% к контролю	100,00	102,76
Энергия роста, %	178,81	179,24
Сохранность поголовья, %	79	87

Во втором опыте средняя продуктивность цыплят опытной группы, получавших ОДК «Гумэл Люкс» через систему водоснабжения, в конце опыта превосходит своих аналогов контрольной группы на 8,3%. Это объясняется наиболее интенсивным развитием внутренних органов и органов системы пищеварения птиц, и способствует более лучшему усвоению питательных веществ корма и трансформации их в продукцию.

Вместе с тем, следует отметить, что изучаемая кормовая добавка не оказала существенного влияния на сохранность поголовья подопытной группы птиц. В опытной группе сохранность поголовья составила за опыт 93,8% в контрольной группе - 92,8 %. Продолжительность выращивания цыплят адлерской серебристой породы составила 119 дней.

По энергии роста разница между опытной и контрольной группой цыплят составила 0,32%

Таблица 2 - Показатели продуктивности цыплят-бройлеров во втором опыте

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Средняя живая масса на начало опыта, г	40,0 ± 0,02	40,0 ± 0,02
Средняя живая масса в конце опыта, г	1856,0 ± 1,7	2010,0 ± 1,8*
Валовой прирост за опыт, г	1816,0	1970
Среднесуточный прирост за опыт, г	51,9	56,2
% к контролю	100,00	108,29
Энергия роста, %	195,78	196,10
Сохранность поголовья, %	92,1	93,8

**Примечание:** \*\*р < 0,01

По результатам третьего научно-хозяйственного опыта установлено, что ОДК «Гумэл Люкс», потребляемая цыплятами адлерской серебристой породы, способствовала достоверному (р < 0,001) повышению валовых и среднесуточных приростов живой массы цыплят 1-опытной группы на 7,29% и 2-опытной группы – на 10,43%. (табл.3). Разница по энергии роста, соответственно, составила 0,38 и 0,68%.

Таблица 3 - Показатели продуктивности цыплят-бройлеров в третьем опыте

Показатели	Контрольная группа	1-опытная группа	2-опытная группа
Средняя живая масса на начало опыта, г	30,6 ± 0,68	30,4 ± 0,51	29,8 ± 0,19
Средняя живая масса в конце опыта, г	2300,6 ± 1,27	2465,1 ± 1,15***	2536,1 ± 1,21***
Валовой прирост за опыт, г	2270,0 ± 0,97	2434,7 ± 0,83***	2506,3 ± 0,70***
Среднесуточный прирост за опыт, г	19,07 ± 0,01	20,46 ± 0,01***	21,06 ± 0,01***
% к контролю	100,00	107,29	110,43
Энергия роста, %	194,75	195,13	195,35
Сохранность поголовья за опыт, %	97	98	96

**Примечание:**\*\*\*р < 0,001

В ходе опыта отмечалось более активное поедание корма цыплятами опытных групп. Вместе с тем, снижение расхода кормов на 1 кг прироста живой массы отмечается у птиц опытных групп пропорционально увеличению дозы кормовой добавки. Так в 1-опытной группе это снижение составило 6,67% по сравнению с контролем, а во 2-опытной группе – 9,29%.

О повышении продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы под влиянием гуминовых кормовых добавок свидетельствуют исследования других авторов. [7,8].

В конце научно-хозяйственных опытов были изучены некоторые морфо-биохимические показатели крови подопытных цыплят. Кровь животных и птицы является универсальной биологической тканью, изменения в составе которой отражают биологическую безопасность применяемых компонентов их рационов. Количественный и качественный состав периферической крови поддерживается на определенном уровне и отражает состояние организма, степень его реактивности и устойчивости к действию внешних факторов. Оценка гематологических параметров обычно дает важную информацию о реакции организма на травмы, они являются хорошим индикатором физиологического состояния и состояния здоровья птицы и могут быть полезны для дополнения знаний о влиянии кормовых добавок нетрадиционных кормовых добавок на организм [9,10,11].

Результаты исследований крови подопытных цыплят показали, что ОДК «Гумэл Люкс» в сухом виде не оказало существенного влияния на показатели морфо-биохимического ее состава, что свидетельствует о безопасности изучаемой кормовой добавки и об отсутствии отрицательного ее влияния на гомеостаз подопытной птицы (табл. 4).

Таблица 4 - Морфо-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров в первом опыте

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Эритроциты, $10^{12}/л$	3,04±0,22	3,05±0,22
Лейкоциты, $10^9/л$	3,24±0,88	3,78±0,87**
Гемоглобин, г/л	80,8±3,97	81,2±3,87
Общий белок, г/л	20,80±0,24	21,3±0,23
Альбумины, г/л	16,9±0,64	18,9±0,6*
Глобулины, г/л	11,1±0,72	11,9±0,70*
Общий кальций, ммоль/л	2,9±0,14	3,0±0,15
Общий фосфор, ммоль/л	2,1±0,09	1,9±0,09
Мочевина, ммоль/л	0,74±0,14	0,71±0,15
Холестерин, ммоль/л	3,24±0,32	3,15±0,35

**Примечание:**\*p <0,05; \*\*p <0,01

В опытной группе цыплят-бройлеров наблюдается достоверное увеличение в крови лейкоцитов – на 16,7% по сравнению с контролем, альбуминов – на 11,8%, а также глобулины на 7,2%. Увеличение лейкоцитов и глобулинов, свидетельствуют о мобилизации защитных свойств организма цыплят-бройлеров опытной группы. В качестве положительного момента также можно отметить некоторое снижение в крови цыплят опытной группы мочевины и холестерина на 4,1 и 2,8% соответственно.

По результатам исследований крови во втором научно-хозяйственном опыте (табл. 5) установлено, что применение ОДК «Гумэл Люкс» в жидком виде способствовало увеличению на 0,16 % общего белка по отношению к контрольной группе и снижению общего холестерина на 2,94 %.

Содержание глюкозы в крови во многом зависит от особенностей ее обмена, складывающегося из процессов поступления углеводов в организм, их метаболизма на уровне клеток и тканей. По содержанию глюкозы в сыворотки крови цыплят-бройлеров наблюдались увеличение в опытной группе на 1,25 %

Для нормальной жизнедеятельности организма, кроме органических веществ, его составляющих, важны также неорганические компоненты. Установлено, что у цыплят опытной группы, которым выпаивали ОДК «Гумэл Люкс» отмечается незначительное увеличение в крови содержания фосфора, хотя этот показатель находится в пределах нормы (1,81-2,36 ммоль/л). Содержание кальция в опытной группе, было на 0,53% выше по сравнению с контролем.

Недостаток, или избыток отдельных составных компонентов крови, по сравнению с физиологическими нормами, свидетельствует о высокой нагрузке на внутренние органы, что может происходить и при использовании малоизученных кормовых добавок. Важно удерживать все основные показатели состава крови, характеризующие устойчивость организма к воздействию внешней среды, и не позволить им выйти за пределы нормы.

Таблица 5 - Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров во втором опыте

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Альбумины, г/л	17,00±0,00	17,33±0,04
Белок общий, г/л	41,60±0,04	43,20±0,08
Гемоглобин, г/л	78,90±4,01	78,10±3,88
Глюкоза, ммоль/л	10,05±0,02	11,25±0,21
Железо, ммоль/л	19,82±0,36	20,37±0,38
Кальций, ммоль/л	2,00±0,02	2,53±0,20
Фосфор, ммоль/л	1,65±0,40	2,22±0,12
Общий холестерин, ммоль/л	5,70±0,14	2,83±0,11

В третьем научно-хозяйственном опыте продолжительность выращивания цыплят адлерской серебристой породы была выше, чем цыплят-бройлеров более чем в 3 раза. Соответственно с возрастом некоторые показатели состава крови отличаются от таковых в раннем возрасте (табл.6).

Таблица 6 - Биохимические показатели крови молодняка кур адлерской серебристой породы в третьем опыте

Показатели	Контрольная группа	1-опытная группа	2-опытная группа
Белок общий, г/л	32,90±0,36	33,20±0,48	33,90±0,51
Гемоглобин, г/л	89,12±3,97	91,03±3,87	92,0±4,92*
Глюкоза, ммоль/л	8,66±0,11	8,07±0,15	8,34±0,18
Железо, ммоль/л	18,22±2,01	20,15±1,85*	20,55±1,23*
Кальций, ммоль/л	2,88±0,10	2,93±0,15	3,09±0,13*
Фосфор, ммоль/л	1,82±0,49	2,12±0,32*	2,15±0,32*
Общий холестерин, ммоль/л	3,20±0,16	2,90±0,21*	2,80±0,21*

**Примечание:**\* $p < 0,05$

В конце периода выращивания молодняка кур адлерской серебристой породы под воздействием ОДК «Гумэл Люкс» увеличилось содержание в крови, по сравнению с контролем, общего белка на 0,9-3,0%, гемоглобина – на 2,1-9,3%. Причем увеличение этих показателей пропорционально увеличению дозы ОДК «Гумэл Люкс». Также отмечается достоверное увеличение минеральных элементов – железа, кальция и фосфора и достоверное снижение в крови холестерина.

Таким образом, все три научно-хозяйственных опыта показали целесообразность применения ОДК «Гумэл Люкс» в составе рационов при выращивании цыплят-бройлеров и цыплят адлерской серебристой породы. Как в сухом, так и в растворенном виде (через систему водопоеания) изучаемая кормовая добавка оказывает положительное влияние на продуктивные качества и общее состояние здоровья молодняка птицы, что подтверждается результатами анализов их крови.

**Заключение.** При скармливании цыплятам-бройлерам ОДК «Гумэл Люкс» в сухом виде валовые и среднесуточные приросты живой массы птицы повысились на 2,76%, а сохранность поголовья – на 8%. Энергия роста увеличилась на 0,43%. В составе крови этих цыплят отмечается достоверное увеличение численности лейкоцитов на 16,7%, альбуминов на 11,8%, глобулинов на 7,2%. При этом снизилось содержание в крови мочевины на 4,1% и холестерина на 2,8%.

При выпаивании ОДК «Гумэл Люкс» цыплятам-бройлерам через систему водоснабжения их продуктивность увеличилась на 8,3%, а энергия роста – на 0,32%. В крови этих цыплят увеличилось содержание общего белка на 0,16% и снизилось содержание холестерина на 2,94%.

Использование рекомендуемой (100 г/т) и повышенной (150 г/т) ОДК «Гумэл Люкс» при выращивании молодняка кур адлерской серебристой породы отмечается высоко достоверное увеличение их продуктивности на 7,29 и 10,43%, а энергия роста увеличилась на 0,38 и 0,68% соответственно. В крови молодняка кур этой породы установлено достоверное увеличение гемоглобина на 2,1-9,3%, а также глюкозы и минеральных веществ – железа, кальция и фосфора.

#### Список источников

1. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Эффективность скармливания цыплятам-бройлерам комбикормов с разной рецептурой // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 3 (91). С. 24-31.
2. Гуминовые кислоты торфа - перспективные биологически активные вещества с антиоксидантной активностью для разработки протекторных средств / Братишко К.А. и др. // Химия растительного сырья. 2021. № 1. С. 287-298.
3. Кормовая добавка на основе гуматов для повышения мясных качеств сельскохозяйственной птицы / В.Е. Подольников и др. // Зоотехния 2021. № 4. С. 8-12.

4. Подольников, В.Е., Леонова А.Е. Химический состав и накопление тяжелых металлов в тканях и органах цыплят-бройлеров при введении в рацион кормовой добавки «Гумэл Люкс» // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 2 (46), С. 193-196.

5. Броварова О.В., Броварова Д.А. Гуминовые вещества торфа. Свойства и биологическая активность // Химия растительного сырья. 2023. № 2. С. 301-309.

6. Любимова Н.А., Рабинович Г.Ю. Гуминовые вещества как компоненты кормовых добавок: обзор // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 9. С. 77-84.

7. Эффективность применения кормовой добавки на основе гуминовых веществ в рационе высокопродуктивных коров / М.В. Механикова, Е.В. Кочнева, Т.В. Папушина и др. // Молочнохозяйственный вестник. 2023. № 1 (49). С. 51-62.

8. Влияние обработки яиц кур гуминовыми кислотами на результаты инкубации / А.А. Зотов, И.М. Гупало, А.М. Долгорукова и др. // Птицеводство. 2019. № 4. С. 36-40.

9. Смирнова Ю.М., Платонов А.В., Шамахов А.А. Показатели крови коров при включении в рацион добавки на основе гуминовых кислот // Вестник КрасГАУ. 2022. № 8 (185). С. 100-105.

10. Корсаков К.В. Использование гепатопротекторных функций препарата гуминовых кислот REASIL® HUMIC VET в птицеводстве // Птицеводство. 2020. № 9. С. 31-34.

11. Черепанова Н.Г. Влияние мультиэнзимных добавок и гуминовых веществ на структуру железистой части желудка цыплят-бройлеров // Генетика и разведение животных. 2022. № 1. С. 19-24.

#### **Информация об авторах:**

**В.Е. Подольников** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, v\_podolnikov@mail.ru.

**М.В. Подольников** - кандидат биологических наук, аналитик 2-го разряда центра коллективного пользования приборным и научным оборудованием, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Л.Н. Гамко** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**А.А. Стафеева** - магистрант института ветеринарной медицины и биотехнологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### **Information about the authors:**

**V.Ye. Podol'nikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**M.V. Podol'nikov** – Candidate of Biological Sciences, Analyst of the 2nd category of the Center for Collective Use of Instrumentation and Scientific Equipment, Bryansk State Agrarian University.

**L.N. Gamko** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**A.A. Stafeeva** - Master Student of the Institute of Veterinary Medicine and Biotechnology, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.**

**The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.**

© Подольников В.Е., Подольников М.В., Гамко Л.Н., Стафеева А.А.

Научная статья  
УДК 636.234.1 (470.333)

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЛКОВОМОЛОЧНОСТИ ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ СЕЛЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В ПЛЕМЕННЫХ СТАДАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Егор Яковлевич Лебедев, Иван Васильевич Малявко, <sup>2</sup>Вера Алексеевна Малявко

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>Брянская испытательная лаборатория ФГБУ «ВНИИЗЖ», Брянск, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты длительных авторских исследований по повышению содержания белка в молоке коров голштинской породы чёрно-пёстрой масти и красно-пёстрой масти в племенных заводах и репродукторах Брянской области. Цель исследований заключалась в изучении возможности повышения белковомолочности коров селекционными приёмами и методами. В исследованиях задействованы племенные коровы голштинской породы чёрно-пёстрой масти и красно-пёстрой масти молочного направления продуктивности девяти ведущих племенных хозяйств. Всего в обработку были включены данные по шести тысячам четыреста двенадцати лактациям (с 1-ой по 3-ю включительно) двух тысяч четыреста двадцати трёх голов коров. Изучены показатели удоёв коров в динамике и содержание белка в молоке. Установлено, что с учётом направленного индивидуального подбора быков-производителей голштинской породы, в племенных заводах общества с ограниченной ответственностью (ООО) «Красный Октябрь» Стародубского района и общества с ограниченной ответственностью (ООО) «Новый путь» Брянского района существенно увеличился показатель белковости молока и достиг уровня 3,34-3,42%. В повышении белковомолочности коров большую роль играет индивидуальный подбор быков-производителей с высоким потенциалом этого показателя у женских предков. По показателю белковомолочности коровы голштинской породы чёрно-пёстрой масти и красно-пёстрой масти в разных хозяйствах существенно различаются, о чём свидетельствуют его коэффициенты изменчивости - от 4,44% до 7,2%. Установлено, что с применением селекционных приёмов и методов зоотехникам-селекционерам и практикам-животноводам представляется возможным повысить содержание белка в молоке племенных коров голштинской породы.

**Ключевые слова:** белковомолочность, селекция, наследственность, генетика, массовая доля белка, племенное скотоводство Брянской области.

**Для цитирования:** Лебедев Е.Я., Малявко И.В., Малявко В.А. Повышение белковомолочности голштинских коров селекционными методами в племенных стадах Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 37-42.

Original article

## INCREASING THE MILK PROTEIN CONTENT OF HOLSTEIN COWS BY BREEDING METHODS IN BREEDING HERDS OF THE BRYANSK REGION

<sup>1</sup>Egor Y. Lebedko, <sup>1</sup>Ivan V. Malyavko, <sup>2</sup>Vera Al. Malyavko

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Bryansk Testing Laboratory of FSBI "ARRI of AP", Bryansk, Russia

**Abstract.** The article presents the results of long-term author's researches on increasing the protein content in the milk of Holstein cows of black-mottled and red-mottled colours in breeding plants and reproducers of the Bryansk region. The purpose of the researches was to study the possibility of increasing the milk protein content of the cows with special techniques and methods. The researches involved Holstein breeding cows of black-mottled and red-mottled colours of the dairy production line of nine leading breeding farms. In total, data on six thousand four hundred and twelve lactations (from 1st to 3rd inclusively) of two thousand four hundred and twenty-three cows were included in the processing. The indicators of cow milk yields in dynamics and the milk protein content were studied. It was established that taking into account the targeted individual selection of Holstein bulls at the breeding plants of the limited liability company (LLC) "Krasny Oktyabr" of the Starodub district and the limited liability company (LLC) "Novy Put" of the Bryansk district, the milk protein indicator increased significantly and reached the level of 3.34-3.42%. The individual selection of breeding bulls with a high potential of this indicator in female ancestors plays an important role in increasing the milk protein content of the cows. According to the indicator of milk protein content Holstein cows of black-mottled and red-mottled colours differ significantly in different farms that are evidenced by its variability coefficients - from 4.44% to 7.2%. It has been established that by using some breeding techniques and methods, it is possible for animal breeders and pastoralists to increase the protein content in the milk of Holstein breeding cows.

**Key words:** milk protein content, selective breeding, heredity, genetics, mass fraction of protein, brood cattle breeding of the Bryansk region.

**For citation:** Lebedko E.Ya., Malyavko I.V., Malyavko V.A. Increasing the milk protein content of Holstein cows by breeding methods in breeding herds of the Bryansk region // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3(103). 37-42.

**Введение.** Для питания человека в настоящее время в мире производится белка животного происхождения значительно меньше, чем требуется по нормам всемирной ассоциации здравоохранения. По норме человек в сутки должен потреблять от 80 г до 100 г белка, в том числе не менее 30 г критически незаменимых аминокислот [1,2]. Таким образом, недостаток в мировом производстве белка достигает более 3 млн. тонн в год [3,4].

Млекопитающие животные, к ним относятся и домашняя корова, способны продуцировать молоко с определенным содержанием белка. Этот показатель является одним из ключевых параметров качества молока. Белковомолочность - характерный породный признак. В пределах одной породы максимальный уровень белка отмечается в молозиве (10-22% и более). В период половой охоты, линьки, при истощении, содержание белка в молоке коров снижается. Практика показывает, что на содержание белка в молоке не оказывают влияние такие факторы как возраст коровы, техника доения и др. По данным ряда авторов [5,6] соотношение белка и жира в молоке высокопродуктивных коров не должно быть ниже 1:1,2. При меньшем значении этого показателя можно сделать предварительное заключение о высокой нагрузке на организм животного [7]. При низком уровне содержания белка и повышении жирномолочности можно предположить о недостаточной питательности рациона и активизации распада жировых отложений (при этом возможна скрытая ацетонемия) [8].

Согласно нового ГОСТа Р 52054 2003 «Молоко натуральное коровье-сырьё» в России с 2004 года к производителям молока предъявлены требования по содержанию в молоке жира не менее 3,4% и белка – не ниже 3,0%. Однако, на сегодняшний день при селекции в молочном скотоводстве отмечается следующая ситуация, что с увеличением или постоянном содержания жира в молоке происходит уменьшение массовой доли белка.

Перед технологами, зоотехниками-селекционерами и практиками-животноводцами молочного скотоводства стоит задача в увеличении содержания белка в молоке коров, так как имеет очень важное селекционно-технологическое значение при производстве и реализации молока, особенно для племенных и товарных хозяйств. Результаты такой работы позволяют проводить зоотехнический аудит изменения этого признака и закрепить его консолидацию.

**Цель и задачи исследований.** Цель исследований – оценить коров голштинской породы чёрно-пёстрой и красно-пёстрой масти молочного направления продуктивности племенных репродукторов и заводов по показателю белковомолочности. Задачи исследований были следующие:

- определить содержание белка в молоке коров голштинской породы в племенных стадах региона;
- формирование научно-практической базы данных по содержанию белка в молоке коров;
- провести сравнительную динамику показателя белковомолочности в молоке коров племхозах региона;
- определить селекционно-генетические параметры и методы, способствующие увеличению содержания белка в молоке голштинских коров.

Практическая значимость проведенных исследований состоит в использовании их для повышения содержания процента белка в молоке коров племенных хозяйств Брянской области.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований были чистопородные коровы голштинской породы класса элита-рекорд. С 01 января 2021 года по 31 декабря 2023 года было исследовано молоко двух тысяч четыреста двадцати трёх голов коров с первой по третью лактации включительно (или шесть тысяч четыреста двенадцать лактаций) на показатель белковомолочности в следующих племенных хозяйствах Брянской области:

племенных заводах:

- обществе с ограниченной ответственностью «Красный Октябрь» Стародубского района;
- колхозе «Прогресс» Клиновского района;
- обществе с ограниченной ответственностью «Новый Путь» Брянского района;
- сельскохозяйственном производственном кооперативе «Зимницкий» Дубровского района;

и племенных репродукторах:

- товариществе на вере «Успех» Унечского района;
- колхозе (в настоящее время акционерном обществе) «Память Ленина» Стародубского района;
- обществе с ограниченной ответственностью «Нива» Брянского района;
- обществе с ограниченной ответственностью «Русское молоко» Стародубского района;

- акционерном обществе «Железнодорожник» Карачевского района.

Экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Российских (Национальных) и Международных нормативно-правовых актов: 1987г., Приказ Минздрава СССР №755 от 12.08.1987г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных»; протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации - ГОСТ Р 53434-2009) и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C, 1996); правилами Комитета по этике животных ФНЦ БСТ РАН (г. Оренбург).

Цифровой материал обработан с использованием ПК, для выявления статистически значимых различий использовался критерий Стьюдента-Фишера [9].

**Результаты исследований и их обсуждение.** В агропромышленном секторе сельского хозяйства Брянской области приоритетной отраслью считается скотоводство мясного и молочного направления продуктивности. Производством молока в регионе занимаются более 300 сельскохозяйственных предприятий и крестьянско-фермерских хозяйств (К(Ф)Х), размещённых на территории 27 сельских районов. За год в регионе производится от 290 тыс. т до 304 тыс. т молока. Предприятия по переработке молока Брянского региона в России по производству сыров занимают 3-е место после Алтайского края и Московской области. Высокой молочной продуктивностью в регионе отличаются коровы голштинской породы чёрно-пёстрой и красно-пёстрой масти. Удой на одну фуражную корову в племенных заводах колеблется от 8367 кг (колхоз «Прогресс») до 9437 кг (ООО «Красный Октябрь») молока, а в племенных репродукторах от 5096 кг (АО «Память Ленина») до 11590 кг (ООО «Нива»). Племенные хозяйства региона также существенно различаются и по показателю белковомолочности.

В племенных хозяйствах Брянской области, разводящих голштинскую породу молочного скота, регулярно осуществляется контроль содержания белка в молоке коров. По результатам наших исследований установлено, что в племенных хозяйствах в большей степени выражена внутривидовая наследственная изменчивость этого показателя. Коровы голштинской породы в племенных хозяйствах региона существенно различаются по содержанию белка в молоке. При этом, коэффициент изменчивости содержания белка в молоке коров варьирует от 4,44% до 7,20%. Так, например, в племенном заводе ООО «Красный Октябрь», средний процент содержания белка в молоке у трёх тысяч пятьсот двадцати четырёх голов коров составил 3,32% ( $C_v=4,73\%$ ); в племенном репродукторе ООО «Нива» средний процент содержания белка в молоке у одной тысячи восьмьсот голов коров составил 3,22% ( $C_v=5,13\%$ ).

Наибольшая массовая доля белка в молоке 3,52% характерна для коров голштинской породы чёрно-пёстрой породы племенного завода общество с ограниченной ответственностью «Новый путь», а среди племенных репродукторов отмечается небольшое количество коров голштинской породы чёрно-пёстрой масти общество с ограниченной ответственностью «Русское молоко» (11 голов) и акционерное общество «Железнодорожник» (69 голов) с содержанием белка 3,49% (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели белковомолочности голштинских коров за последнюю законченную лактацию в племенных хозяйствах Брянской области

№ №	Племенные хозяйства	Коровы голштинской породы, масть	Количество коров, голов	Содержание белка в молоке, %	Количество коров в стаде с содержанием белка в молоке 3,4% и выше		
					голов	%	МДБ в группе, %
1	ПЗ «Зимницкий»	ч.-п.	730	3,19	63	8,63	3,46±0,02
2	ПЗ «Красный Октябрь»	ч.-п.	3524	3,32	196	5,56	3,48±0,02
3	ПЗ «Новый Путь»	ч.-п.	1340	3,18	19	1,42	3,52±0,01
4	ПЗ «Прогресс»	ч.-п.	680	3,16	16	2,35	3,41±0,01
5	ПР «Железнодорожник»	ч.-п.	702	3,28	69	9,83	3,49±0,02
6	ПР «Нива»	ч.-п.	1800	3,22	118	6,55	3,44±0,02
6	ПР «Память Ленина»	кр.-п	300	3,14	12	4,00	3,45±0,02
8	ПР «Русское молоко»	ч.-п.	510	3,15	11	2,16	3,49±0,01
9	ПР «Русское молоко»	кр.-п	1430	3,17	115	8,04	3,44±0,02
10	ПР «Успех»	ч.-п.	363	3,20	19	5,23	3,42±0,01
	По всем:	х	11379	3,17	638	5,61	3,46±0,02

**Примечание:** ПЗ – племенной завод, ПР – племенной репродуктор, ч.-п. – чёрно-пёстрая масть; кр.-п. - красно-пёстрая масть, МДБ – массовая доля белка.

Из данных таблицы 1 следует, что наименьшее содержание белка в молоке характерно для племенных репродукторов АО «Память Ленина», разводимого коров голштинской породы красно-пёстрой породы (3,14%) и ООО «Русское молоко», используемого коров голштинской породы чёрно-пёстрой масти (3,15%). Из четырёх племенных заводов с наименьшим содержанием белка в молоке отмечается колхоз «Прогресс» (3,16%).

Зоотехниками-селекционерами и практиками-животноводцами племенных репродукторов и заводов проводится продуктивная племенная работа по увеличению поголовья коров и показателя белковомолочности в молоке коров голштинской породы не только чёрно-пёстрой масти, но и коров голштинской породы красно-пёстрой масти, используя для этих целей элитных быков-производителей, у матерей которых содержание белка в молоке было в пределах от 3,5% до 3,8%. В племенном заводе СПК «Зимницкий» таковыми быками являются:

- Аурум-М 357795149 линии Рефлекшн Соверинг АО «Московское» по племенной работе», продуктивность матери которого составляет 3,97% массовой доли белка, а продуктивность матери отца - 4,54%;

- Макгейвер 3204326944 линии Рефлекшн Соверинг ООО «Центрилем» г. Москва, продуктивность матери которого составляет 3,7% массовой доли белка, а продуктивность матери отца – 3,6%.

У дочерей этих быков в условиях племенного завода средний процент содержания белка в молоке составляет 3,70-3,96%.

Зоотехники-селекционеры племенных репродукторов и заводов в своей работе путём длительной селекции для увеличения показателя белковомолочности, используя быков-производителей, у матерей матерей-матерей и матерей-отцов которых было высокое содержание белка в молоке способствуют его повышению.

Исследованиями, проведённые нами было установлено, что показатель белковомолочности, как и ряд других хозяйственно-полезных признаков, имеет наследственный характер, который определяется большим числом генов [10]. Полноценное сбалансированное кормление и комфортные условия содержания животных в процессе продолжительной селекции не только уменьшают содержание белка в молоке, но и способствует его увеличению. Приведенные нами данные характеризуют коров голштинской породы чёрно-пёстрой и красно-пёстрой породы молочного направления продуктивности, имеющих высокую потенциальную возможность в увеличении показателя белковомолочности. Определено, что молочные коровы в племенных хозяйствах получены комбинациями кроссов линий (62,4-86,4%). Довольно часто между удоём и содержанием белка в молоке коров, устанавливается отрицательная корреляционная связь. В племенных репродукторах ООО «Новый путь» и АО «Память Ленина», племенном заводе ООО «Красный Октябрь» коэффициент корреляции «удой x белок» колеблется соответственно от - 0,041 до - 0,125.

Коровы-рекордистки племенных хозяйств с наивысшей молочной продуктивностью не отличаются повышенным содержанием белка в молоке, о чём свидетельствуют данные таблицы 2.

Таблица 2 - Молочная продуктивность высокопродуктивных голштинских коров в племенных хозяйствах Брянской области

№ п/п	Племенные хозяйства	Удой на фуражную корову, кг	Средняя продуктивность ТОП-5 лучших высокопродуктивных коров			Соотношение белок:жир по группе высокопродуктивных коров	Масть скота, *
			удой за 305 дней лактации, кг	содержание жира в молоке, %	содержание белка в молоке, %		
1	ПЗ «Зимницкий»	9010	10640±28	4,11±0,04	3,20±0,01	1:1,28	ч.-п.
2	ПЗ «Красный Октябрь»	9010	13972±304	3,94±0,03	3,31±0,02	1:1,19	ч.-п.
3	ПЗ «Новый Путь»	9437	14434±203	4,56±0,02	3,18±0,01	1:1,43	ч.-п.
4	ПЗ «Прогресс»	8367	10444±168	3,92±0,02	3,19±0,02	1:1,23	ч.-п.
5	ПР «Железнодорожник»	8480	10282±284	4,25±0,04	3,23±0,01	1:1,31	ч.-п.
6	ПР «Нива»	11590	17859±246	3,77±0,03	3,23±0,02	1:1,14	ч.-п.
7	ПР «Память Ленина»	5096	8941±197	4,34±0,03	3,17±0,01	1:1,36	кр.-п
8	ПР «Русское молоко»	7950	9264±196	3,81±0,02	3,16±0,01	1:1,20	ч.-п.
9	ПР «Русское молоко»	7915	9725±187	4,01±0,03	3,17±0,02	1:1,26	кр.-п
10	ПР «Успех»	7530	8915±0,03	4,19±0,03	3,26±0,02	1:1,28	ч.-п.
	По всем:	8438	11447±224	4,09±0,03	3,21±0,02	1:1,27	х

**Примечание:** ПЗ – племенной завод, ПР – племенной репродуктор, ч.-п. -чёрно-пёстрая масть; кр.-п. - красно-пёстрая масть.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что средний процент белка молока коров голштинской породы, входящих в список ТОП-5 лучших коров с наивысшей молочной продуктивностью, колеблется от 3,16% в племенном репродукторе ООО «Русское молоко» (коровы голштинской породы чёрно-пёстрой масти) до 3,31% в племенном заводе ООО «Красный Октябрь». Показатель соотношения жира к белку колеблется от 1:1,14 у коров голштинской породы чёрно-пёстрой масти племенного репродуктора ООО «Нива» до 1:1,43 у коров голштинской породы племенного завода ООО «Новый путь». На основании проведённого анализа можно сделать вывод о том, что в племенных репродукторах и заводах применяются разные подходы к организации и технологии кормления коров молочного направления продуктивности [10].

В современных условиях ведения племенного молочного скотоводства возрастают требования к отбору коров в племенное ядро и одним из требований в этом считается оптимальное или повышенное содержание белка в молоке.

Зоотехниками-селекционерами и практиками-животноводцами племенных репродукторов и заводов накоплен большой опыт по увеличению показателя белкомолочности, за счёт проведения целенаправленного отбора племенных коров с высоким содержанием белка и передачи по наследству по принципу от матери к дочери и от дочери к внучке. Таким способом (или приёмом) племенные репродукторы и заводы создают группы животных с высоким содержанием белка в молоке, целые стада, семейства, линии. Проведя анализ по содержанию белка в молоке одной тысячи двухсот сорока пяти дочерей, полученных от коров голштинской породы и тридцати двух быков производителей, нами был определён коэффициент наследуемости показателя белкомолочности, который составил от 0,403 до 0,688. Этот коэффициент подчеркивает существенное влияние селекционно-племенной работы с использованием быков-производителей-улучшателей на белкомолочность их дочерей.

Племенные репродукторы и заводы из коров голштинской породы с высоким содержания белка в молоке формируют племенное ядро стада, а затем составляют индивидуальный план подбора к таким коровам быков-производителей-улучшателей, включая и заказные спаривания.

**Заключение:** 1. Селекционно-генетические приёмы и методы, используемые зоотехниками-селекционерами и практиками-животноводцами длительное время при работе с коровами голштинской породы чёрно-пёстрой и красно-пёстрой масти в племенных репродукторах и заводах способствуют увеличению содержания белка в молоке до уровня 3,40% и более.

2. Коэффициент вариации показателя белкомолочности изменяется в племенных репродукторах и заводах с 4,1% до 7,7%, то есть прослеживается высокая наследственная изменчивость не только внутри голштинской породы чёрно-пёстрой масти и красно-пёстрой масти, но и внутри племенных стад коров.

3. Специалистам племенных репродукторов и заводов при работе с коровами голштинской породы чёрно-пёстрой масти и красно-пёстрой масти молочного направления продуктивности необходимо использовать современные селекционно-генетические приёмы и методы для увеличения поголовья коров с показателем белкомолочности 3,40% и выше до 10% и более.

#### Список источников

1. Уткина О.С., Ачкасова Е.В. Качество и технологические свойства молока коров разного происхождения // Вестник Ижевской ГСХА. 2023. № 1 (73). С. 29-35.
2. Михайлова Ю.А., Тамарова Р.В. Применение генетического маркирования в селекционной работе с племенными стадами // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 2. С. 62-64.
3. Анализ влияния паратипических факторов на физико-химические свойства молока коров в условиях интенсификации производства / В.В. Кулаков, О.А. Федосова, Г.В. Уливанова и др. // Вестник Брянского государственного аграрно-технологического университета им. П.А. Костычева. 2021. № 3. С. 33-40.
4. Бельков Г.И. Создание сырьевой базы в молочном скотоводстве для производства сыра // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 6 (74). С. 246-249.
5. Абрамова Н.И., Иванова Д.А. Влияние породной принадлежности коров на качественные показатели молока // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 3. С. 76-80.
6. Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Влияние различных факторов на физико-химические свойства молока // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 6. С.63-68.
7. Особенности молочной продуктивности у коров в зависимости от межотельного цикла / В.А. Стрельцов, И.В. Малявко, А.Е. Рябичева, Е.А. Лемеш // Зоотехния. 2021. № 4. С. 21-23.
8. Базылев С.Е., Будревич О.Л., Демешко М.Д. Молочная продуктивность коров в зависимости от типов белкомолочности // Ветеринарный журнал Беларуси. 2021. № 1. С. 36-39.
9. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве / И.В. Малявко, Л.Н. Гамко, В.А. Малявко, В.Е. Подольников, А.Н. Гулаков. СПб.: Лань, 2022. 189 с.

10. Лебедько Е.Я. Инновационно-инвестиционное молочное и мясное скотоводство в современном глобальном мире. М.: Изд-во «Русайнс», 2023. 473 с.

**Информация об авторах:**

**Е.Я. Лебедько** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**И.В. Малявко** - кандидат биологических наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**В.А. Малявко** - кандидат биологических наук, заведующая отделом серологии и лептоспироза, Брянская испытательная лаборатория федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты животных» (Брянская испытательная лаборатория ФГБУ «ВНИИЗЖ»).

**Information about the authors:**

**Ye.Ya. Lebed'ko** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry and Processing of Livestock Products, Bryansk State Agrarian University.

**I.V. Malyavko** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry and Processing of Animal Products of the Bryansk State Agrarian University.

**V.A. Malyavko** - Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Serology and Leprosy, Bryansk Testing Laboratory Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute for Animal Protection" (Bryansk Testing Laboratory of FGBI "VNIIZH").

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 23.04.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.**

**The article was submitted 23.04.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.**

© Лебедько Е.Я., Малявко И.В., Малявко В.А.

Научная статья  
УДК 636.1.082.2

## ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ НА ЭКСТЕРЬЕР ЛОШАДЕЙ РЫСИСТЫХ ПОРОД РАЗЛИЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Светлана Евгеньевна Яковлева, Сергей Иванович Шепелев, Юлия Сергеевна Нестерова  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье приведены исследования по изучению влияния линейной принадлежности на экстерьерные особенности лошадей рысистых пород в условиях ООО «Конный завод «Локотской». Изучены основные промеры и индексы телосложения лошадей рысистых пород, выращиваемых в конном заводе, в зависимости от принадлежности к линиям и различных классов резвости. В Локотском конном заводе ведется плодотворная работа с французской линией Carioca II, американскими линиями Volomite и Scotland. Установлено, что в зависимости от работоспособности наиболее высокорослыми являются всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 минут и резвее, рысаки российской и иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут, принадлежащие к французской линии Carioca II. Наименьшая высота в холке отмечается у представителей всех классов резвости американской линии Scotland. Выявлено, что рысаки, принадлежащие к линиям Volomite, Scotland и Carioca II разной работоспособности в основном имеют несколько укороченную длину туловища, не типичную для легкоупряжных лошадей. Исключение составляют рысистые лошади иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут, принадлежащие к линии Scotland, у которых отмечается более удлиненный корпус. В целом у рысаков всех трех линий наблюдается высокий средний круп, глубокая грудная клетка, крепкие конечности. Наибольший показатель костистости отмечен у представителей линии Carioca II. Все лошади Локотского конного завода относительно выравнены по экстерьерным показателям, так как коэффициенты вариации не превышают 10%. Это указывает на то, что в Локотском конном заводе при отборе в производящий состав отдается предпочтение жеребцам-производителям отечественной и иностранной селекции, имеющим не только высокую работоспособность, но и гармоничное телосложение.

**Ключевые слова:** экстерьер, промеры, индексы телосложения, линия, рысистые лошади, класс резвости, работоспособность.

**Для цитирования:** Яковлева С.Е., Шепелев С.И., Нестерова Ю.С. Влияние линейной принадлежности на экстерьер лошадей рысистых пород различной работоспособности // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 43-47.

### Original article

## LINEAR AFFILIATION INFLUENCE ON THE EXTERIOR OF TROTTING HORSES OF VARIOUS PERFORMANCE

Svetlana Ye. Yakovleva, Sergey I. Shepelev, Yuliya S. Nesterova  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article deals with researches on studying influence of linear affiliation on the exterior features of trotting horses in the conditions of LLC "Stud farm "Lokotskoy". The main build measurements and indices of the trotter horses raised on the stud farm, depending on the affiliation to the lines and different classes of agility, have been studied. At the Lokot' Stud Farm, a fruitful work is being done with the French Carioca II Line, the American lines Volomite and Scotland. It has been established that depending on the performance the tallest horses are the All-Russian agility class record holders 2.00 minutes and faster, the trotters of Russian and foreign breeding of the 2.00-2.05-minute agility class belonging to the French Carioca II line. The lowest height at the withers is noted in representatives of all agility classes of the American line Scotland. The trotters belonging to the Volomite, Scotland and Carioca II lines of various capacities have been found to have a somewhat shorter torso, not typical for light-duty horses. The exception is trotting horses of foreign breeding of the 2.00-2.05 minute agility class belonging to the Scotland line, which have a more elongated body. In general, the trotters of all three lines have high average croup, deep chest, and strong limbs. The highest bone index is observed in representatives of the Carioca II line. All horses of the Lokot' stud farm are relatively equalized in terms of exterior indicators, since the coefficients of variation do not exceed 10%. This indicates that at the Lokot' stud farm, when selecting for the producing team, a preference is given to stallions-producers of domestic and foreign breeding, having not only high performance, but also a harmonious physique.

**Key words:** exterior, measurements, indices of physique, line, trotting horses, agility class, performance.

**For citation:** Yakovleva S.Ye., Shepelev S.I., Nesterova Y.S. Linear affiliation influence on the exterior of trotting horses of various performance // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 43-47.

**Введение.** В последние годы в коннозаводстве рысистого направления больше стало уделяться внимание типу телосложения рысистых лошадей, а не только работоспособности, которая ранее являлась приоритетной в селекции данных пород. В настоящее время одним из главных требований являются наличие крупного роста и правильного экстерьера лошадей. Известно, что при разведении русской рысистый породы лошадей довольно часто применяется такой метод, как поглотительное скрещивание с американской стандартбредной породой. В результате этого наблюдается снижение показателей роста и развития рысаков, а также оценки экстерьера. При этом отмечается множественные экстерьерные проблемы и недостатки экстерьера стандартбредных лошадей, так как при выведении данной породы основной упор делался на работоспособность [1,2,3,4].

Многие авторы указывают, что промеры дают представление о типе телосложения и экстерьере животных, но являясь одним из основных показателей при зоотехнической оценке лошадей тем не менее недостаточно полно характеризуют эти показатели. Для более точной оценки, особенно при проведении селекционно-племенной работы, как правило используются показатели индексов телосложения, представляющие соотношение показателей связанных между собой отдельных промеров или показателей отдельных промеров и живой массы лошади. Проведение такой оценки особенно важно при сравнении лошадей различной генеалогической принадлежности и внутривидовых типов [5,6,7,8].

Целью наших исследований послужило изучение влияния генеалогической принадлежности на экстерьерные особенности лошадей рысистых пород различной работоспособности в условиях ООО «Конный завод «Локотской».

**Материалы и методы.** Наши исследования проводилась в ООО «Конный завод «Локотской», расположенном в пгт. Локоть Брасовского района Брянской области.

Объектами исследований послужили лошади рысистых пород, разводимые в конном заводе: русской рысистый, французской рысистый и американской стандартбредной. По генеалогической структуре рысаки Локотского конного завода относятся к трем основным линиям: Volomite, Scotland и Carioca II.

Изучены экстерьерные особенности всероссийских рекордистов рысистых пород лошадей классов резвости: 2.00 минут и резвее, 2.00-2.05 минут, а также рысистых лошадей российской и иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут в зависимости от принадлежности к линиям.

Для характеристики типа сложения рысистых лошадей провели анализ основных промеров: высота в холке, косая длина туловища, обхват груди за лопатками и обхват пясти и индексов телосложения: формата, массивности и костистости.

Полученные материалы исследований обрабатывались методом вариационной статистики.

**Результаты и их обсуждение.** При анализе основных промеров всероссийских рекордистов класса резвости 2.00 и резвее в зависимости от линейной принадлежности нами установлено, что наибольшая высота в холке отмечена у представителей линии Carioca II ( $157,5 \pm 2,5$  см), наименьшая у рысаков линии Scotland ( $156,4 \pm 0,9$  см) (табл. 1).

Таблица 1 – Промеры рысистых лошадей в зависимости от класса резвости и линейной принадлежности, см

Показатели	Линия								
	Volomite			Scotland			Carioca II		
	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv
Всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 минут и резвее									
п, гол	10			20			4		
высота в холке	156,6±0,7	3,3	2,1	156,4±0,9	4,1	2,7	157,5±2,5	5,1	3,2
косая длина туловища	157,8±1,1	3,3	2,1	156,7±1,3	5,6	3,6	157,0±2,7	5,4	3,4
обхват груди	165,8±1,0	3,2	1,9	166,1±1,4	6,4	3,8	167,7±1,9	3,9	2,3
обхват пясти	20,0±0,3	0,9	4,5	19,7±0,2	0,7	3,5	20,0±0,4	0,8	4,0
Всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 - 2.05 минут									
п, гол	1			3			-		
высота в холке	154,0	-	-	153,9±2,0	3,6	2,3	-	-	-
косая длина туловища	154,0	-	-	153,3±2,6	4,6	3,0	-	-	-
обхват груди	168,6	-	-	168,0±0,6	1,1	0,6	-	-	-
обхват пясти	21,0	-	-	19,0±1,5	6,0	3,5	-	-	-

Продолжение таблицы 1

Показатели	Линия								
	Volomite			Scotland			Carioca II		
	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv
Рысаки российской селекции класса резвости 2.00-2.05 минут									
п, гол	57			78			23		
высота в холке	155,9±0,6	4,4	2,8	154,8±0,5	4,3	2,7	158,1±1,2	5,5	3,5
косая длина туловища	155,5±0,8	6,4	4,1	153,6±0,8	6,8	4,4	157,6±1,4	6,9	4,4
обхват груди	162,4±0,9	7,2	4,4	161,6±0,9	8,2	5,0	163,1±1,9	9,3	5,7
обхват пясти	19,6±0,1	0,6	3,0	19,7±0,1	0,7	3,5	19,9±0,1	0,8	4,0
Рысаки иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут									
п, гол	-			10			1		
высота в холке	-	-	-	157,0±0,8	2,6	1,7	160,0		
косая длина туловища	-	-	-	160,2±1,6	5,2	3,6	160,0		
обхват груди	-	-	-	166,9±1,9	6,0	3,8	166,9		
обхват пясти	-	-	-	19,9±0,1	0,5	2,6	21,0		

**Примечание:** \*P < 0,05

Наибольшая косая длина туловища отмечается у лошадей линии Volomite (157,8±1,1 см), наименьшая у рекордистов линии Scotland (156,7±1,3 см).

Обхват груди наибольший у группы лошадей линии Carioca II (167,7±1,9 см), наименьший обхват наблюдается у представителей линии Volomite (165,8±1,0 см).

Показатели обхвата пясти в среднем одинаковы у представителей линий Carioca II (20,0±0,4 см) и Volomite (20,0±0,3 см), наименьший показатель обхвата пясти отмечен у представителей линии Scotland (19,7±0,2 см).

Среди всероссийских победителей класса резвости 2.00 - 2.05 представители линии Scotland по всем основным промерам несколько уступают рысакам линии Volomite.

Анализ показателей промеров рысаков российской селекции класса резвости 2.00-2.05 минут показал, что наибольшие показатели по высоте в холке (158,1±1,2 см), обхвату груди (163,1±1,9 см), косой длине туловища (157,6±1,4 см) и обхвату пясти (19,9±0,1 см) принадлежат представителям линии Carioca II.

Наименьшие показатели высоты в холке (154,8 ± 0,5 см), косой длины туловища (153,6±0,8 см), обхвата груди (161,6±0,9 см) принадлежит представителям линии Scotland. Наименьший средний показатель обхвата пясти выявлен у представителей линии Volomite (19,6±0,1).

У рысистых лошадей иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут наибольшие показатели по высоте в холке (160,0 см); обхвату груди (166,9 см) и обхвату пясти (21,0 см) отмечены у представителя линии Carioca II. Рысаки, принадлежащие к линии Scotland, имеют более низкие данные значения при недостоверной разнице: высота в холке – 157,0±0,8 см; обхват груди – 166,9±1,9 см и обхват пясти – 19,9±0,1 см. Но, следует отметить, что наибольшие средние показатели косой длины туловища установлены у животных, принадлежащих к линии Scotland (160,2±1,6 см). Это что говорит о том, что лошади данной линии имеют более удлиненный корпус, свойственный лошадям рысистых пород.

При сравнении показателей промеров разных групп рысистых лошадей можно отметить, что все поголовье относительно выровненное, так как коэффициенты вариации не превышают 10 %. Но данные отличия не достоверны и указывают на некоторые отличительные особенности телосложения.

При анализе индексов телосложения Всероссийских рекордистов класса резвости 2.00 минут и резвее, нами установлено, что наибольший индекс формата отмечен у представителей линии Volomite (100,0±0,8 %), а наименьший у рысаков линии Carioca II (98,6±0,5 %). Данный показатель говорит о том, что всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 и резвее имеют слегка укороченный корпус, не свойственный лошадям упряжных пород (табл.2).

Индекс массивности в наших исследованиях варьируется от 108,6±0,7 % (линия Volomite) до 109,4±0,8 % (линия Scotland).

Наибольший индекс костистости отмечен у рысаков линии Volomite (13,1±0,2 %), наименьший - у представителей линии Scotland (12,9±0,1 %), но в целом соответствует средним показателям индексов телосложения рысистых лошадей.

Таблица 2 – Индексы телосложения рысистых лошадей в зависимости от класса резвости и линейной принадлежности, %

Индексы телосложения	Линия								
	Volomite			Scotland			Carioca II		
	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv	M±m	σ	Cv
Всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 минут и резвее									
п, гол	10			20			4		
формата	100,0±0,8	1,0	1,0	99,3±0,7	1,4	1,4	98,6±0,5	1,0	1,0
массивности	108,6±0,7	0,9	0,8	109,4±0,8	1,6	1,5	109,2±0,4	0,7	0,6
костистости	13,1±0,2	0,3	2,3	12,9±0,1	0,2	1,5	13,0±0,1	0,1	0,8
Всероссийские рекордисты класса резвости 2.00 - 2.05 минут									
п, гол	1			3			-		
формата	101,0	-	-	100,8±0,7	1,3	1,3	-	-	-
массивности	109,1	-	-	110,1±0,2	0,3	0,2	-	-	-
костистости	13,6	-	-	12,1±0,9	1,7	1,3	-	-	-
Рысаки российской селекции класса резвости 2.00-2.05 минут									
п, гол	57			78			23		
формата	98,4±0,6	1,4	1,5	98,5±0,8	1,6	1,6	99,0±0,6	1,3	1,3
массивности	107,6±0,8	1,6	1,5	107,9±0,9	1,9	1,8	107,9±0,8	1,7	1,6
костистости	12,9±0,1	0,1	1,0	13,2±0,1	0,2	1,3	13,2±0,1	0,1	1,1
Рысаки иностранной селекции класса резвости 2.00-2.05 минут									
п, гол	-			10			1		
формата	-	-	-	102,0±1,0	2,0	2,1	100,0	-	-
массивности	-	-	-	106,3±1,2	2,3	2,2	104,3	-	-
костистости	-	-	-	12,7±0,7	0,2	1,5	13,1	-	-

**Примечание:** \*P < 0,05

Анализ показателей индексов телосложения всероссийских рекордистов класса резвости 2.00-2.05 минут показал, что наибольший индекс формата наблюдается у представителей линии Volomite (101,0 %), а наименьший – у представителей линии Scotland (100,8±0,7 %). Данный показатель у исследованных животных чуть больше квадрата (100,8 и 101,0 % соответственно) указывает на то, то они близки к требуемым значениям для лошадей рысистых пород (102-110 %).

Индексы массивности наибольшие отмечены у представителей линии Scotland (110,1±0,2 %), наименьшие – у рекордиста линии Volomite (109,1 %), что свидетельствует о недостаточном развитии грудной клетки и крепости конституции животных.

Индекс костистости наибольший отмечен у рысистых лошадей линии Volomite (13,6 %), а наименьший у лошадей линии Scotland (12,1 ± 0,9 %), что указывает о хорошем развитии костяка.

При изучении индексов телосложения рысаков российской селекции класса резвости 2.00-2.05 установлено, что наибольшие индексы формата имели представители линии Carioca II (99,0±0,6 %), а наименьшие значения имели представители линии Volomite (98,4±0,6 %). В данном случае у рысаков всех трех линий этот индекс менее 100%, что указывает на высокую кровность по американскому рысаку.

Среди рысаков класса 2.00-2.05 иностранного происхождения наибольший индекс массивности отмечен у лошадей линии Scotland (106,3±1,2 %), наименьший - у представителей линии Carioca II (104,3 %).

Наибольшие показатели индекса формата отмечаются у представителей линии Scotland (102,0±1,0 %), наименьшие – у представителей линии Carioca II (100,0 %).

Показатели индекса костистости наибольшие отмечены у рысаков линии Carioca II (13,1 %), наименьшие у рысаков линии Scotland (12,7±0,1 %).

**Заключение.** Таким образом, нами выявлено, что в генеалогической структуре всероссийских рекордистов и победителей традиционных призов преобладают представители линии американского происхождения Scotland и Volomite. Широкое применение при проведении селекционно-племенной работы в русской рысистой породе американских стандартbredных производителей, при значительном увеличении их кровности по данной породе, способствует как изменению их типа телосложения, так и повышению резвости лошадей. При этом установлено, что на резвость быстроаллюрных лошадей в значительной степени влияют отдельные изучаемые показатели промеров, а более крупные, гармонично сложенные лошади показывают лучшую работоспособность.

### Список источников

1. Ломакина А.А., Шацких Е.В. Хозяйственно-биологические особенности американской стандартбредной породы лошадей // Молодежь и наука. 2019. № 2. С. 29.
2. Радзевич А.Н., Иванова И.П. Экстерьер и спортивные качества лошадей // Вестник Омского ГАУ. 2018. № 1 (29). С. 51-56.  
Рожественская Г.А. Генетическая структура орловской рысистой породы лошадей. Современные мужские линии породы / Г.А. Рожественская, Г.В. Калинкина Г.В., Ю.А. Орлова и др. // Коневодство и конный спорт. 2019. № 5. С. 7-10.
3. Шендаков А.И., Шендакова Т.А. Резвость и экстерьерные особенности лошадей русской рысистой породы, улучшенной американскими и французскими рысаками // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 60-66.
4. Губарева С.В. Оценка экстерьера жеребцов-производителей орловской рысистой породы разных генеалогических линий / С.В. Губарева, И.Б. Науменко, В.А. Демин и др. // Зоотехния. 2023. № 12. С. 30-32.
5. ООО "ЛАГ-СЕРВИС АГРО" - племенной завод нового поколения / Г.В. Калинкина, В.В. Крешихина, О.Н. Махмутова и др. // Коневодство и конный спорт. 2022. № 4. С. 23-25.
6. Усова Т.П., Наумова К.В. Экстерьер разных пород лошадей и их рабочие качества // Вестник Мичуринского ГАУ. 2020. № 1 (60). С. 140-142.
7. Шендаков А.И. Особенности экстерьера лошадей русской рысистой породы // Биология в сельском хозяйстве. 2019. № 4 (25). С. 2-6.

#### Информация об авторах:

**С.Е. Яковлева** – доктор биологических наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**С.И. Шепелев** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Ю.С. Нестерова** – магистрант института ветеринарной медицины и биотехнологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### Information about the authors:

**S.E. Yakovleva** - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**S.I. Shepelev** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University

**Y.S. Nesterova** - Master Student of the Institute of Veterinary Medicine and Biotechnology, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.

The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.

© Яковлева С.Е., Шепелев С.И., Нестерова Ю.С.

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**  
**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**  
**ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**  
**(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

**Научная статья**  
**УДК: 631.35**

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ, УСЛОВИЙ РАБОТЫ И ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ**  
**ДОИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

<sup>1</sup>Дарья Алексеевна Банникова, <sup>1</sup>Мария Игоревна Зайцева, <sup>2</sup>Александр Александрович Калинин  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия  
<sup>2</sup>«Азово–Черноморский инженерный институт» – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде,  
Ростовская область, Зерноград, Россия

**Аннотация.** В данной статье рассматривается конструкция доизмельчителя кормоуборочного комбайна RS2650, его условия работы, а также возможные причины выхода из строя. Кормоуборочный комбайн служит для сбора и обработки кормовых культур. С его помощью осуществляется заготовка сена, травяной муки и силоса. Применение комбайна позволяет быстро и эффективно собирать урожай, осуществляя три основные функции: скашивание, подбор и погрузку измельченной массы, тем самым, сокращая время работы, повышая производительность и экономическую эффективность сельскохозяйственных предприятий. Одной из частей комбайна является доизмельчитель. Он представляет собой устройство, которое отвечает за дополнительное измельчение кормовых культур после того, как они были собраны. Применение корн-крекера позволяет добиться измельчения зерна до 99%. Однако, как и любое другое оборудование, элементы кормоуборочного комбайна могут выходить из строя. Работа доизмельчителя осуществляется в агрессивных условиях. Конструкция узла представляет собой пару вращающихся навстречу друг другу валцов, расположенных параллельно друг другу. Исходя из анализа конструкции доизмельчителя, условий и режимов работы, а также согласно статистическим данным завода производителя комбайнов ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» одной из причин выхода из строя агрегата является преждевременный отказ подшипниковых опор. В сложившейся ситуации актуальной задачей является обеспечение условий эффективной эксплуатации подшипников качения в течение расчетного срока службы. Достичь этого можно за счет соблюдения определенных правил по уходу, надзору и технической диагностике подшипниковых узлов доизмельчителя.

**Ключевые слова:** кормоуборочный комбайн, доизмельчитель, корн-крекер, выход из строя, преждевременный отказ.

**Для цитирования:** Банникова Д.А., Зайцева М.И., Калинин А.А. Анализ конструкции, условий работы и причин выхода из строя доизмельчителя кормоуборочного комбайна // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 48-53.

**Original article**

**ANALYSIS OF THE DESIGN, OPERATING CONDITIONS AND CAUSES OF FAILURE**  
**OF THE FORAGE HARVESTER SHREDDER**

<sup>1</sup>Daria A. Bannikova, <sup>1</sup>Maria I. Zaitseva, <sup>2</sup>Alexander A. Kalinin

<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>«Azov–Black Sea Engineering Institute» – branch of FSBEI HE Don SAU in Zernograd,  
Rostov region, Zernograd, Russia

**Abstract.** This article discusses a design of the RS2650 forage harvester shredder, its operating conditions, as well as possible causes of failure. The forage harvester is used for collecting and processing feed crops. It helps in hay, grass flour and silage making. The use of the combine harvester allows you to harvest quickly and efficiently, performing three main functions: mowing, collecting and loading of the crushed mass, thereby reducing the working time, increasing productivity and economic efficiency of agricultural enterprises. One of the parts of the combine harvester is a shredder. It is a device that is responsible for the additional crushing of feed crops after having been harvested. The use of a corn cracker allows you to achieve grain crushing up to 99%. However, like any other equipment, the elements of the forage harvester can fail. The operation of the shredder is carried out in aggressive conditions. The design of the unit consists of a pair of rotating rolls arranged parallel to each other. Based on the analysis of the shredder design, operat-

ing conditions and modes, as well as according to statistical data from the combine harvester manufacturer LLC “Combine Harvester Plant “Rostsel’ mash”, one of the reasons for the failure of the unit is premature failure of the bearing supports. In the current situation, the urgent task is ensuring conditions for efficient operation of rolling bearings during design life. This can be achieved by following certain rules for the care, supervision and technical diagnostics of the shredder bearing assemblies.

**Keywords:** forage harvester, shredder, corn cracker, failure, premature failure.

**For citation:** Bannikova D.A., Zaitseva M.I., Kalinin A.A. Analysis of the design, operating conditions and causes of failure of the forage harvester shredder // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 48-53.

**Введение.** Сельское хозяйство является ключевым фактором благополучия страны. Российская Федерация обладает колоссальными площадями земельных угодий. Площадь сельскохозяйственных угодий во всех категориях земель на 1 января 2022 года составила 222,0 млн га, или 13,0% всего земельного фонда страны. После распада СССР сельское хозяйство Российской Федерации претерпело ряд изменений, вызванных сменой системы управления, а именно переходом от плановой к рыночной экономике. За последнее десятилетие удалось достигнуть определенных успехов в сельскохозяйственном производстве. В частности, удалось собрать рекордный урожай зерновых культур в 2022 году, он составил более 150 млн. тонн (на 15 млн. тонн больше предыдущего рекорда 2017 года) [1].

Достичь таких результатов невозможно, не имея высокопроизводительной и достаточно надежной сельскохозяйственной техники. Последние мировые события в определенной мере послужили толчком в развитии отечественного сельхозмашиностроения. Одним из лидеров в производстве уборочной сельскохозяйственной техники является ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш».

Завод «Ростсельмаш» – одно из самых старых и самых крупных машиностроительных предприятий России. Год его основания – 1929-й. За почти вековую историю продукция компании завоевала доверие не только у отечественного потребителя, но и за рубежом: свои филиалы бренд имел в том числе в США и Канаде. На текущий момент предприятием выпущено 150 моделей техники и оборудования, включая разнообразные модификации. Завод пережил серьёзный спад в 90-х годах, но с приходом нового руководства вернул себе лидирующие позиции в сфере производства сельскохозяйственной техники [2].

**Цель исследования** – анализ конструкции, условий работы и причины выхода из строя доизмельчителя кормоуборочного комбайна RSM F 2650.

**Материалы и методы исследования.** Кормоуборочный комбайн представляет собой сельскохозяйственную машину, предназначенную для скашивания сеяных и естественных трав, высокостебельных культур, а также для подбора из валков провяленной травы с одновременным измельчением и погрузкой массы в транспортные средства.

Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 предназначен для уборки кукурузы, сорго, подсолнечника и других высокостебельных силосных культур.



Рисунок 1- Внешний вид комбайна RSM F 2650

Одной из частей комбайна является доизмельчитель [2,3,4] Он представляет собой устройство, которое отвечает за дополнительное измельчение кормовых культур после того, как они были собраны. Дополнительно измельченное зерно широко применяется в животноводстве, для кормления крупного рогатого скота. Поскольку использование измельченного корма благоприятно влияет на желудочно-кишечный тракт животного, повышая усвояемость питательных веществ и их энергетическую ценность, приводя к уменьшению заболеваемости и повышению продуктивности.

Наиболее распространенной конструкцией доизмельчителя является вальцовая. Данная конструкция представляет собой пару вращающихся вальцов, расположенных параллельно друг другу (рис. 2). Материал подается между вальцами и подвергается измельчению под действием силы рас-

тяжения и сжатия. Конструктивно модификации доизмельчителей различаются количеством зубьев и профилем поверхности. [2,3,4]



Рисунок 2– Вальцовый доизмельчитель

Доизмельчитель комбайна RSM F 2650 имеет конструкцию слайдерного типа, который предназначен для измельчения технологической массы. На рисунке 3 показано расположение доизмельчителя в технологическом тракте.



Рисунок 3 – Доизмельчитель в технологическом тракте

Ввод доизмельчителя в работу осуществляется гидроприводом. Слайдерная конструкция доизмельчителя не требует его демонтажа при переходе на уборку трав. Достоинством конструкции доизмельчителя комбайна RSM F 2650 является:

- Усиленные подшипники, повышающие надежность узла;
- Смена травяной проставки на доизмельчитель занимает всего 2 секунды и управляется из кабины;
- Регулировка зазора валцов осуществляется из кабины.

Доизмельчитель комбайна RSM F 2650 имеет два вальца диаметром 190 мм с пилообразными зубьями, вращающимися навстречу друг другу с разницей скоростей вращения 20% (при необходимости можно установить доизмельчитель с большей разницей вращения валцов 30% и 40%). Зазор между вальцами регулируется в зависимости от урожайности. [2,4]

Также, в самой конструкции доизмельчителя важное значение имеют подшипники. В доизмельчителе установлены подшипники 22309-E1-XL-C3 FAG. Это радиально-упорные двухрядные роликовые подшипники с внутренним диаметром 45 мм, наружным диаметром 100 мм и шириной 36 мм. Способны работать в диапазоне температур от -40°C до +200°C [2,4,5,6].

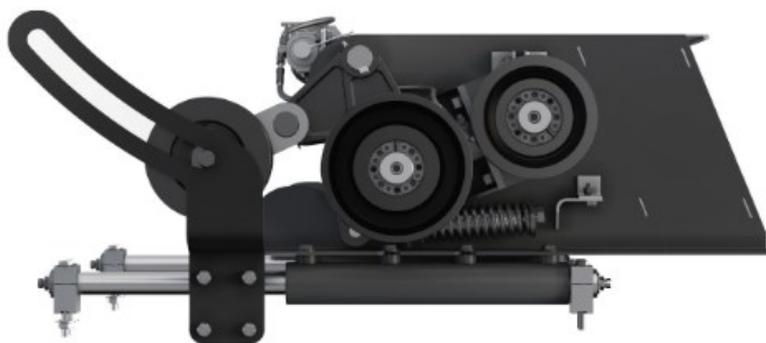


Рисунок 4 – Доизмельчитель комбайна RSM F 2650

**Результаты исследований.** Работа узла осуществляется в условиях загрязненной, влажной, агрессивной среды, а также, высокой температуры, достигающей 130°C. Исходя из конструкции доизмельчителя, условий и режимов работы можно предположить, что причинами выхода из строя агрегата может быть поломка его частей: валцов, подшипников и подшипниковых опор др.



Рисунок 5 – Загрязнение доизмельчителя кормоуборочного комбайна

При недостаточной герметизации в щели между цапфами и корпусом подшипника попадает влага, вследствие чего в подшипниковом узле происходит вытеснение смазки. Твердые частицы загрязнений, попавшие на элементы подшипника при высыхании вызывают повышение температуры нагрева подшипников и, как итог, преждевременному выходу их из строя (рис. 5).

Согласно данным завода изготовителя наиболее часто встречающимися видами повреждения подшипников являются износ рабочих поверхностей, разрушение и заклинивание элементов подшипников (табл.1). Фактическая наработка узла до отказа составляет 120-1100 часов [2,4].

Большинство повреждений подшипников можно классифицировать по двум категориям: повреждения, полученные до начала эксплуатации, и повреждения, полученные во время эксплуатации подшипника [6,7].

Причины повреждений, полученных до начала эксплуатации:

- неправильная посадка на валу и в корпусе;
- дефектные посадочные места подшипника на валах и в корпусах;
- перекос/несоосность;
- неправильный монтаж;
- воздействие электрического тока на подшипник (высокое напряжение);
- транспортировка, обращение и хранение.

Причины повреждений, полученных при эксплуатации подшипника:

- усталость материала;
- неэффективное смазывание;
- неэффективное уплотнение;
- вибрация (ложное бринеллирование);
- рабочий перекос;
- воздействие электрического тока на подшипник (прохождение тока).

Таблица 1 – Виды повреждений подшипников и фактическая наработка узла до отказа

Тип и модель техники	Обозначение подшипника	Вид повреждения подшипников	Фактическая наработка, часов
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	463
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	310
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	126
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	662
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	227
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Износ рабочих поверхностей	273
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	531
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	981
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Износ рабочих поверхностей	141
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	1040
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	241
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	490
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	404
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Заклинивание	1108
Кормоуборочный комбайн RSM F 2650	22309-E1-XL-C3	Разрушение элементов	1040

Из всего вышеперечисленного можно выделить основные причины повреждений подшипников доизмельчителя. К ним следует отнести: конструктивный перекос вала, неэффективное смазывание и уплотнение подшипника. [6,7]

На рисунке 6 показаны основные виды повреждений подшипниковых опор доизмельчителя кормоуборочного комбайна RSM F 2650.



Рисунок 6 – Повреждения подшипников опоры доизмельчителя комбайна RSM 2650

**Заключение.** Анализ конструкции и условий работы доизмельчителя кормоуборочного комбайна позволил выявить основные причины преждевременного выхода из строя подшипниковых опор узла. Основными причинами повреждений подшипников доизмельчителя является конструктивный перекос вала, неэффективное смазывание и уплотнение подшипника. Что в свою очередь

приводит к таким повреждениям как износ, заклинивание и разрушение элементов подшипников. В связи с этим защита подшипниковых опор, соблюдение правил эксплуатации, технического обслуживания и оперативное устранение неполадок поможет предотвратить возможные проблемы.

#### Список источников

1. Росреестр: официальный сайт. Москва, 2023. – Режим доступа: URL:<https://rosreestr.gov.ru> (дата обращения: 23.12.2023).
2. Ростсельмаш: официальный сайт. Ростов на/Д, 2023. – Режим доступа: URL:<http://www.rostselmash.com> (дата обращения: 20.12.2023).
3. Баскаков И., Чернышов А. Конструкции современных кормоуборочных комбайнов: что предлагают разные производители // Аграрное обозрение. 2012. № 1. С. 26-31.
4. Кормоуборочные комбайны // ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» - Режим доступа: URL: <https://rostselmash.com/products/forage-harvesters/> (дата обращения: 20.12.2023).
5. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения: справочник. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1975. 572 с.
6. Комиссар А.Г. Опоры качения в тяжелых режимах эксплуатации: справочник. М.: Машиностроение, 1987. 384 с.
7. Сидоров Е.А. Классификация повреждений подшипников // Ассоциация ЕАМ: [сайт]. 2023. – Режим доступа: URL: <https://eam.su/klassifikaciya-povrezhdenij-podshipnikov.html> (дата обращения: 21.12.2023).
8. John Deere: официальный сайт. USA: Illinois. – Режим доступа: URL: <http://www.deere.com> (дата обращения: 20.12.2023).
9. New Holland: официальный сайт. Global Web Site. – Режим доступа: URL: <http://www.newholland.com> (дата обращения: 20.12.2023).
10. Claas: официальный сайт. Germany: Harsewinkel. – Режим доступа: URL: <http://www.claas.com> (дата обращения: 20.12.2023).

#### Информация об авторах:

**Д.А. Банникова** – магистрант, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

**М.И. Зайцева** – магистрант, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

**А.А. Калинин** – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройство и кадастры, «Азово–Черноморский инженерный институт» – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде.

#### Information about the authors:

**D.A. Bannikova** – undergraduate, Don State Technical University.

**M.I. Zaitseva** – undergraduate, Don State Technical University.

**A.A. Kalinin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, "Azov–Black Sea Engineering Institute" – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.**

**The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.**

© Банникова Д.А., Зайцева М.И., Калинин А.А.

Научная статья.  
УДК 633.1:635.1

## ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ВСХОДОВ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ КИТАЯ

<sup>1,2</sup>Чжан Лили, <sup>2</sup>Игорь Игоревич Бородин

<sup>1</sup>Шеньянский технологический институт, провинция Ляонин, Китай

<sup>2</sup>ФГБОУВ ВО Приморский ГАТУ, Приморский край, Уссурийск, Россия

**Аннотация.** Китай - крупная аграрная страна с многолетней историей сельскохозяйственного производства и культуры земледелия, в то же время для удовлетворения потребностей населения ей необходимо постоянно увеличивать производство продуктов питания. В производстве пропашных культур однородность и качество всходов является определяющим фактором для получения высокой урожайности. В статье систематически анализируются факторы, влияющие на однородность всходов, а также предлагаются методы и средства решения проблемы неоднородности. Основная концепция повышения урожайности пропашных культур подразумевает использование качественного семенного материала, оптимальных агротехнических методов, оптимальной системы машин и посевных комплексов. Приводятся способы увеличения однородности всходов путем создания адаптивных систем поддержания необходимой глубины высева в зависимости от параметров почвы в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** неравномерность всходов, точный высеv, агрономия, сельскохозяйственная техника, глубина высева.

**Для цитирования:** Чжан Лили, Бородин И.И. Обзор методов и средств обеспечения равномерности всходов пропашных культур на примере исследований Китая // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 54-59.

Original article

## REVIEW OF METHODS AND MEANS OF ENSURING UNIFORMITY OF SEEDLINGS OF ROW CROPS ON THE EXAMPLE OF CHINESE RESEARCH

<sup>1,2</sup>Chzhang Lili, <sup>2</sup>Igor' I. Borodin

<sup>1</sup>Shen'yang Institute of Technology, Shen'yang, China,

<sup>2</sup>Primorsky State Agrarian - Technological University, Primorsky Krai, Ussuriisk, Russian Federation,

**Abstract.** China is a large agrarian country with a long history of agricultural production and farming culture, but at the same time, it needs to constantly increase food production to meet the needs of its population. In row crop production, uniformity and quality of seedlings is a determining factor for obtaining high yields. The article systematically analyzes the factors affecting the uniformity of seedlings, and also suggests methods and means to solve the problem of heterogeneity. The basic concept of increasing the yields of row crops implies the use of high-quality seed material, optimal agrotechnical methods, an optimal system of machines and sowing complexes. The methods of increasing the uniformity of seedlings by creating adaptive systems for maintaining the required seeding depth depending on soil parameters in real time are presented.

**Key words:** unevenness of seedlings, precise seeding, agronomy, agricultural machinery, seeding depth.

**For citation:** Chzhang Lili, Borodin I.I. Review of methods and means of ensuring uniformity of seedlings of row crops on the example of Chinese research// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 54-59.

**Введение:** Зерновые культуры богаты питательными веществами и являются основным источником продовольствия человечества, дают сырье для пищевой промышленности и корма для животноводства, составляют основу сельского хозяйства большинства стран [1]. На долю зерновых культур Китая приходится 76,5% всех посевных площадей, в основном это рис, пшеница, кукуруза и соя. В 2022 году посевная площадь зерновых в стране составила 118,332 тыс. га при общем объеме производства 686,52 млн. тонн.

Прорастание семян и появление всходов пропашных культур являются начальными этапами их роста, а равномерность всходов на этом этапе имеет непосредственное влияние на общую тенденцию развития растений и урожайность. Конфликты между неравномерно развивающимися всходами, конкурирующими за такие ресурсы, как вода, удобрения, воздух, тепло и свет, усиливаются, вызывая слабость более мелких растений, образование полых стеблей или колосков и в целом снижение урожайности. Необходимо проводить углубленные исследования и принимать меры для решения про-

блемы дисбаланса всходов и улучшать всхожесть семян, внося тем важный вклад в производство продуктов питания и продовольственную безопасность [2].

**Цель исследования.** Проведение анализа существующего опыта исследователей Китая по созданию благоприятных условий, обеспечивающих равномерность всходов пропашных культур и их качество.

**Материалы и методы.** Для проведения исследования был осуществлен систематический анализ литературных источников. Поиск литературы был осуществлен в научных базах данных CNKI и Vaidu Academic с использованием ключевых слов и фраз, связанных с темой исследования. Отобранные источники были оценены на релевантность и качество информации. После этого была проведена систематизация и классификация данных по различным аспектам значения регулировки глубины посева, таким как технологии, методы, инструменты и факторы влияния. Результаты анализа литературы были обобщены и синтезированы для формулирования основных выводов и заключений о текущем состоянии и перспективах развития в данной области.

**Результаты и их обсуждение. Средства получения данных о неоднородности всходов.** Ручное наблюдение обычно весьма трудоемко, и для оценки общего статуса всхожести использовали анализ контрольных участков [1]. С развитием систем искусственного интеллекта и внедрением их в современное сельскохозяйственное производство, стало возможным развитие методов сельскохозяйственного производства от механизации до автоматизации и интеллекта. В результате возникли передовые формы сельскохозяйственного производства, такие как точное земледелие, цифровое сельское хозяйство, умное сельское хозяйство и беспилотные фермы, опирающиеся на высокотехнологичные информационные технологии. Китай также полагается на интеллектуальную сельскохозяйственную технику, биотехнологии и информационные технологии для реализации умного сельского хозяйства, которое может реализовать основные функции восприятия информации: принятие решений на основе статистических наблюдений, интеллектуальной контроль, точечные инвестиции и персонализированные действия, а также интеграция в систему, национальной умной экономики [2].

Фу Хао и др. разработали устройство машинного зрения для определения площади листьев рассады кукурузы, чтобы обеспечить быстрое, эффективное, неразрушающее обнаружение в режиме реального времени. Среднее время для одного проростка кукурузы составляет 34 секунды. Эксперименты показывают, что устройство может соответствовать требованиям для периодического мониторинга рассады кукурузы [3].

На основе камеры RGB-D Ян Си и др. использовали метод обработки данных цветного трехмерного облака точек с видом сверху, чтобы добиться быстрого неразрушающего измерения высоты растения рассады огурца на заводской линии по производству рассады. Результаты показали, что средняя ошибка измерения высоты растений рассады огурца составила 2,30 мм, средняя относительная ошибка измерения - 7,69% [4].

Дай Цзяньго и другие использовали изображения дистанционного зондирования в видимом свете БПЛА для получения информации о состоянии рассады хлопка, добившись быстрого мониторинга состояния рассады на больших площадях хлопковых полей. Результаты показали, что точность модели составила 97,17% [5].

Цзян Юи и другие использовали платформу дистанционного зондирования дронов для получения цифровых изображений и данных облака точек LiDAR (обнаружение света и дальность, LiDAR) на 314 участках селекции кукурузы высокой плотности с различными генотипами в полевых условиях, реализуя автоматическое определение количества взрослых особей растений на участках с высокой плотностью выращивания кукурузы [6].

Чжан Сяоцин и др. использовали два источника данных: изображения в видимом свете с большой временной серией, полученные с помощью высокопроизводительной платформы сбора фенотипов полевых культур (рис. 1), и изображения в видимом свете, полученные с помощью дронов, для построения данных изображения процесса всходов кукурузы при различных условиях освещенности (рис. 2). Установки осуществляют идентификацию и подсчет всходов кукурузы, непрерывный мониторинг динамики всходов в сложных полевых условиях, а также оценивают и анализируют продолжительность и равномерность всходов каждого сорта кукурузы. Результаты испытаний показывают, что при применении к платформе БПЛА для обнаружения всходов точность распознавания в солнечные и пасмурные дни составляет 91,43% и 89,77% соответственно, что может удовлетворить потребности автоматического обнаружения всходов кукурузы в реальных сценариях применения [7].



Рисунок 1 - Фактический вид фенотипической платформы

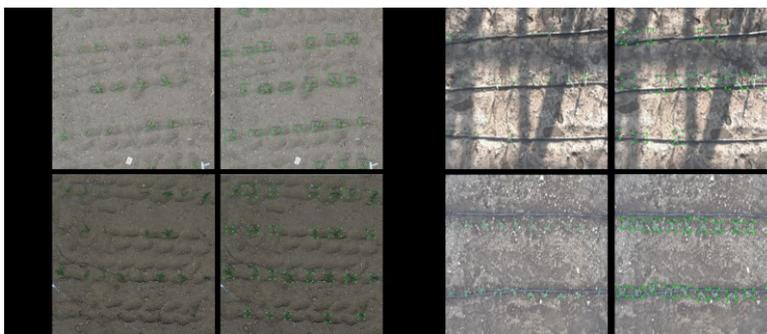


Рисунок 2 - Изображения в видимом свете и их обработка при различных условиях освещения

Ян Ян и др. предложили метод оценки качества всходов арахиса, основанный на машинном зрении с высокой скоростью обработки данных. Результаты испытаний показывают, что средний уровень точности использования машинного зрения для определения количества всходов арахиса составляет 95,4%. Оценка вручную и оценка на основе машинного зрения имеют высокую сходимость [8].

**Основные меры Китая по решению проблемы неравномерности всходов.** Государственная поддержка. Качество семян является предпосылкой и гарантией сельскохозяйственного производства. Ежегодно ЦК Коммунистической партии Китая и Госсовет издает решение о всестороннем продвижении ключевых работ по возрождению села и поддержки фермеров. В таком решении от 2023 года четко указан план действий по возрождению семеноводства. Указаны ключевые задачи, механизмы оценки, селекционные проекты, необходимые сорта и другие цели работы.

Регулирование и поощрение независимых прав интеллектуальной собственности. Семена – это основа растениеводческой отрасли сельского хозяйства, а качественные семена имеют решающее значение для обеспечения национальной продовольственной безопасности и стабильных поставок сельскохозяйственной продукции. В настоящее время Китай производит отечественные семена риса, пшеницы, сои, рапса, хлопка и других сельскохозяйственных культур. Доля выведенных сортов кукурузы увеличилась до 91%, а доля овощей превысила 87%. Улучшенные сорта способствуют более чем на 45% повышению урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивая мощную поддержку для обеспечения национальной продовольственной безопасности и эффективных поставок важной сельскохозяйственной продукции [9].

Разработка правил, обеспечивающих качество и безопасность семян. В 2000 году был обнародован «Закон Китайской Народной Республики о семенах», официально переводивший ресурсы зародышевой плазмы сельскохозяйственных культур на стадию юридического управления; в 2015 году был принят «Национальный план среднесрочного и долгосрочного развития по защите и использованию ресурсов зародышевой плазмы сельскохозяйственных культур» (2015-2030)», который разъяснил общую идею работы, направленную на защиту и эффективное использование; позже были выпущены «План действий по возрождению семеноводства», «Региональные методы испытаний основных сортов сельскохозяйственных культур» и «Производство семян сельскохозяйственных культур», а также и «Меры по управлению лицензиями на использование».

Агрономические технологии. Улучшение качества подготовки земли для обеспечения хорошей воздухопроницаемости, удержания воды и удобрений [10]. Своевременная пересадка для обеспечения полноты всходов. Если на стадии прорастания семян сеянцы появляются неравномерно, их следует вовремя пересадить.

Послевсходное боронование является важным фактором в обеспечении однородности всходов, особенно в современном производстве риса и пшеницы при соблюдении основных норм, данный процесс дает увеличение равномерности всходов до 7% [11].

Чжан Жуй изучил влияние давления колес на глубину посева и время появления всходов, и пришел к выводу, что при силе давления 200 Н эффект при посеве является оптимальным [12].

Неблагоприятные погодные условия являются важным фактором, влияющим на прорастание и всхожесть семян. Для снижения негативного воздействия засухи на появление всходов в северном Китае проводятся исследования эффективности использования ирригационного оборудования [13].

Проведение работ по борьбе с вредителями. Чтобы справиться с влиянием вредителей и болезней на прорастание и всходы семян, с одной стороны, мы должны хорошо поработать над почвой и обработкой семян; с другой стороны, мы должны хорошо поработать над профилактикой и контролем вредителей и болезней во время обработки поля, чтобы минимизировать влияние вредителей и болезней на всходы семян и обеспечить стабильность всходов.

Технология точного высева. Технология точного посева заключается в посеве заданного количества семян на заданную площадь поля, отвечающую требованиям. Трехмерное пространственное координатное положение определяет междурядье, шаг высева и глубину высева для экономии качественного посевного материала, сохранности плодородия почвы, сокращения рабочего времени и обеспечения равномерности всходов [25].

Эта технология является передовой, включающей сельскохозяйственную технику, агрономию и другие междисциплинарные интеграции. В настоящее время она широко используется для посева сои, кукурузы, хлопка и других культур.

Технология безпахотного посева. Защитная обработка почвы (например, сокращенная обработка почвы, нулевая обработка почвы и т. д.) в сочетании с возвратом соломы считается подходящим методом ведения сельского хозяйства на засушливых землях. Защитная обработка почвы уменьшает эрозию почвы, уменьшает инфильтрацию почвенной воды, улучшает способность почвы удерживать воду, способствует росту корней пшеницы и способствует устойчивому производству сельскохозяйственных культур.

Обеспечение постоянства глубины высева. Чтобы учитывать состояние поверхности в условиях защитной обработки почвы и обеспечить постоянство глубины посева в настоящее время используется метод контроля глубины борозды с помощью ограничительного колеса, которое движется по поверхности почвы. Методы контроля глубины в основном включают профилирование на одном высевающем аппарате и общее профилирование. В первом случае эффект копирования лучше, чем общее копирование.

Профилирующее устройство. Копирующая скользящая пластина, ограничивающая глубину, имеет простую конструкцию, точное профилирование и обеспечивает постоянную глубину борозды. Однако его неудобно использовать и регулировать. Копирующее колесо ограничения глубины всегда находится в контакте с поверхностью земли, а рабочее сопротивление велико. Особенно на тяжелой и влажной почве ее прилипание ухудшает эффект профилирования.

Колеса ограничения глубины устанавливаются сзади с обеих сторон дискового бороздообразователя, то есть в точке заделки семян для копирования формы и контроля глубины посева. Однако, поскольку профилирующие колеса расположены с обеих сторон бороздообразователя, ширина отдельного компонента увеличивается, что затрудняет обработку культур с узкими междурядьями.

Методы и характеристики регулировки глубины высева в реальном времени. В настоящее время в области контроля глубины посева регулировку глубины посева можно разделить на два метода: активный и пассивный. Большинство компаний используют пассивные устройства, такие как колеса, ограничивающие глубину посева.

Пассивное профилирование широко используется из-за его простой структуры, низкой стоимости и хороших возможностей профилирования. Однако этот метод профилирования не может реагировать быстро и точно в соответствии с фактическими условиями почвы, и возникают проблемы с опережением и запаздыванием профилирования. Это дает неравномерную глубину посева семян и даже их не заделку, что влияет на равномерность появления всходов [14].

При активном профилировании используются различные датчики для определения рельефа поверхности, дополнительные устройства обеспечивают обратную связь в реальном времени, передачу сигнала на электронный контроллер глубины привода и управления исполнительными механизмами, такими как гидравлическая система, для регулировки глубины высева [15].

Метод пассивной регулировки. Глубина борозды контролируется путем ручной регулировки разницы высот между профилирующим колесом и сошником. Процесс регулировки трудоемкий, точность зависит от изменений почвы в реальном времени.

Сеялки производства John Deere и Lovol оснащены колесами, ограничивающими глубину, в которых оператор может вносить регулировки вручную в соответствии с изменениями рельефа местности.

Активное регулирование глубины. Компания Amazone производит электронное устройство контроля глубины, которое представляет собой ультразвуковой датчик, установленный на сошнике и определяющий глубину борозды в режиме реального времени. Если глубина борозды отклоняется от заданного значения, она будет регулироваться с помощью гидравлической системы для достижения равномерности.

Э.Т. Уэзерли и К.Г. Бауэрс-младший разработали систему автоматического регулирования глубины посева для активных сеялок на основе датчиков влажности. Система использует DFS для определения сопротивления почвы для получения содержания влаги в почве, а затем управляет высевающим комплексом через контроллеры, гидравлические системы, механизмы регулировки и т. д. для установки сошника в необходимое положение, тем самым обеспечивая глубину, соответствующую влажности почвы.

Сеялка, разработанная China Huahong Machinery, может измерять влажность почвы и регулировать глубину посева в зависимости от влажности с помощью электрического толкателя [16, 17]. Сеялка, разработанная Пекинским исследовательским центром сельскохозяйственного интеллекту-

ального оборудования, использует датчики для определения глубины посева в режиме реального времени и сравнивает ее с глубиной посева, установленной в соответствии с полевыми условиями при начале работы, чтобы контролировать постоянство глубины посева и установленное значение.

Для решения проблемы низкой точности профилирования механическими устройствами, Ван Си и другие использовали технологию электрогидравлического управления системой профилирования, чтобы повысить точность контроля глубины посева и решить проблему запаздывания и искажения формы профилирования [18].

Чжао Цзиньхуэй и др. разработали систему контроля глубины борозды. Система включает в себя механизм определения высоты поверхности, четырехзвенный механизм профилирования, систему управления и гидравлическую систему для одновременного профилирования и контроля глубины борозды в режиме реального времени. Система обладает высокими характеристиками чувствительности и точности управления [19].

Хуан Дунъянь и др. применили пьезоэлектрический пленочный датчик на внутренней стенке резинового колеса, ограничивающего глубину, для контроля давления высевающего аппарата на поверхность в режиме реального времени, а также использовали пневматическую пружину для обеспечения прижимной силы высевающего аппарата для регулировки глубины высева. Окончательные результаты испытаний показывают, что разработанная активная система автоматического контроля глубины высева может точно контролировать глубину борозды и имеет надежные характеристики профилирования. При рабочей скорости от 5 до 8 км/ч коэффициент поддержания глубины высева достигает 90%, а при рабочей скорости более 8 км/ч точность определения глубины высева значительно выше, чем у пассивного устройства [20].

**Заключение.** Неоднородность всходов оказывает решающее влияние на урожайность пшеничных культур, поэтому соответствующие исследовательские методы и меры по повышению однородности требуют дальнейшего совершенствования.

Соответствующая и равномерная глубина посева имеет решающее значение для развития продовольственных культур. Она определяет скорость всходов, равномерность всходов, состояние роста всходов и напрямую влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Необходимо использовать технические средства, позволяющие адаптироваться к изменениям почвенных условий, корректировать глубину посева в реальном времени и обеспечивать постоянство появления всходов.

Путем анализа литературных и производственных данных установлено, что существующие методы контроля глубины посевов имеют следующие проблемы:

1. Неудобный метод регулировки, требующий от оператора прекращения посева и ручной регулировки, что отнимает много времени и сил. Человеческий фактор влияет на качество посева.
2. Учитываются только отдельные факторы, такие как влажность почвы и изменения рельефа, а изменения комплексных факторов, таких как твердость, влажность и рельеф не учитываются комплексно.
3. Целевое значение глубины посева является фиксированным и не может быть скорректировано. Обычно фиксированное целевое значение глубины посева устанавливается только для крупных участков, и почвенные условия определенного участка не меняются в реальном времени. На самом деле мы знаем, что почвенные условия различаются даже на небольших участках.
4. Таким образом, разработка системы регулировки глубины посева с простой структурой, удобной регулировкой, высокой степенью автоматизации и точностью для адаптации к изменениям почвенных условий в реальном времени, контроля глубины посева и обеспечения стабильного высева является актуальной научной и практической задачей.

#### **Список источников**

1. Высокопроизводительный метод динамического мониторинга стадии рассады полевой кукурузы / Чжан Сяоцин, Шао Сун, Го Синьюй и др. // Интеллектуальное сельское хозяйство (китайский и английский). 2021. № 3 (02). С. 88-99.
2. Ян Тао, Ли Сяосяо. Прогресс исследований в области технологий машинного зрения в современном сельскохозяйственном производстве // Китайский журнал механизации сельского хозяйства. 2021. № 42 (03). С. 171-181.
3. Проектирование и эксперимент устройства определения площади листьев рассады кукурузы на основе машинного зрения / Фу Хао, Ван Пэн, Ши Цзявэй и др. // Журнал Сельскохозяйственного университета Хуачжун. 2020. № 39 (1). С. 161-170.
4. Метод измерения высоты групп рассады овощей на основе камеры RGB-D / Ян Си, Гао Ваньлинь, Ми Цзяци и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2019. № 50 (S1). С. 128-135.

5. Извлечение информации о состоянии рассады хлопчатника с помощью изображений дистанционного зондирования БПЛА в видимом свете / Дай Цзяньго, Сюэ Цзиньли, Чжао Цинчжан и др. // Труды Китайского общества сельскохозяйственной инженерии. 2020. № 36 (04). С. 63-71.

6. Исследование автоматического подсчета растений кукурузы на основе трехмерного облака точек дронов / Цян Юю, Чжан Чэнцзянь, Хань Шаоюй и др. // Журнал Zhejiang Agricultural Sciences. 2022. № 34 (09). С. 2032-2042.

7. Метод оценки качества всходов арахиса на основе алгоритма адаптивной классификации изображений / Ян Ян, Мяо Вэй, Чжан Ти и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2018. № 49 (03). С. 28-35.

8. Хуан Цзикунь. Переосмысление продовольственной безопасности Китая в ближайшем, среднесрочном и долгосрочном периоде // Вопросы сельскохозяйственной экономики. 2021. № 1. С. 19-26.

9. Причины и меры борьбы с неравномерным всходом яровой сои в районе / Ланфан Хуа Цзяньсинь, Ван Цилян, Лю Цзинь и др. // Современная сельская наука и технология. 2020. № 4. С. 28.

10. Ключевые факторы и меры противодействия, влияющие на появление стерни риса и пшеницы / Ян Сидзюнь, Гу Кэджун, Чжан Хэнган и др. // Jiangsu Agricultural Sciences. 2011. № 39 (05). С. 89-91.

11. Чжан Жуй. Исследование механизма контроля глубины посева при нулевой посева кукурузы по стерне пшеницы на площадях с двумя культурами в год // Китайский сельскохозяйственный университет, 2016.

12. Чжэн Сяолун. Исследование микропроцессорной системы управления точным посевом // Хуачжунский сельскохозяйственный университет, 2006.

13. Лю Цзюань. Исследования прорастания и появления семян пшеницы и факторов, влияющих на них // Сельскохозяйственные исследования катастроф. 2023. № 13 (04). С. 58-60.

14. Чжоу Шухуэй, Ван Цзэнхуэй, Хуан Дунци. Интеллектуальная система регулировки глубины посева сеялки для нулевой обработки почвы на основе датчика Flex // Журнал университета Цицинь (изд. Information Science). 2020. № 38 (05). С. 555-562.

15. Фэн Инин. Проектирование и экспериментальное исследование одиночного агрегата для плотного посева сои, кукурузы и арахиса // Северо-восточный аграрный университет, 2016.

16. Мэн Пэнсян. Исследование интеллектуальной системы мониторинга кукурузной сеялки точного высева // Шаньдунский технологический университет, 2016.

17. Гэн Сюэцян. Исследование по контролю глубины посева точной гидравлической сеялки // Северо-Восточный университет, 2017.

18. Ход исследований в области технологии контроля глубины посева сеялок / Чжу И, Луо Хайфэн, Мао Цан и др. // Китайский журнал механизации сельского хозяйства. 2019. № 40 (07). С. 114-118.

19. Проектирование и испытания системы контроля глубины траншеи сеялки в помещении / Чжао Цзиньхуэй, Лю Лицзин, Ян Сюэцзюнь и др. // Труды Китайского общества сельскохозяйственной инженерии. 2015. № 31 (06). С. 35-41.

20. Система контроля глубины посева сеялки No-till на основе пьезоэлектрической пленки / Хуан Дуньянь, Чжу Лунту, Цзя Хунлей и др. // Журнал сельскохозяйственной техники. 2015. № 46 (4). С. 1-8.

#### **Информация об авторах:**

**Чжан Лили** – аспирант ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, директор института международного образования Шеньянского технологического института, 94213031@qq.com.

**И.И. Бородин** - проректор по научной работе и инновациям, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, borodinigor89@gmail.com.

#### **Information about the authors:**

**Chzhang Lili** - Postgraduate student Primorsky State Agrarian - Technological University, director of the Institute of International Education, Shen'yang Institute of Technology

**I.I. Borodin** - Vice-Rector for Research and Innovation, Candidate of Technical Sciences, Primorsky State Agrarian - Technological University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 26.02.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.**

**The article was submitted 26.02.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.**

© Чжан Лили, Бородин И.И.

Научная статья  
УДК 338.46:631.16

## ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АПК

<sup>1</sup>Владимир Анатольевич Погоньшев, <sup>1</sup>Татьяна Викторовна Бычкова, <sup>1</sup>Илья Алексеевич Мокшин,  
<sup>2</sup>Дина Алексеевна Погоньшева

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», Брянск, Россия

**Аннотация.** Состояние машинно-тракторного парка (МТП) экономических субъектов АПК оказывает влияние на уровень производительности труда в аграрной сфере, рентабельность производимой продукции, эффективность использования ресурсов, обеспеченность населения страны продуктами питания. В последнее время производство сельхозмашин в РФ сократилось, наблюдается старение МТП. Неполнота данных о процессах в локации трибоконтакта затрудняет создание надежных узлов трения сельхозмашин. Создание новых двигателей, используемых в АПК, актуализирует повышение ресурса тяжело нагруженных узлов трения для уменьшения потерь в трибосопряжениях. Исследование посвящено анализу данных, полученных при испытании различных тонких пленок (состоящих из пластичных металлов), нанесенных на стальную цилиндрическую поверхность (сталь 45 ГОСТ 1050-88) испытуемого образца (в форме диска) методом финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) на машине трения 2070 СМТ-1. Величина коэффициента трения обусловлена радиальными биениями, как результатом отклонения от округлости поверхности вращения и центра поверхности от базовой оси вращения. В начальной стадии приработки трибосопряжения амплитуда радиальных биений высока в связи с наличием неровностей на поверхностях в узле трения. Присутствие этих неровностей приводит к увеличению радиуса образца. В процессе испытаний на токарном станке осуществлялось нанесение покрытий фрикционно-механическим способом посредством прутка. Конструкция машины трения СМТ-1 позволяет плавно регулировать скорость вращения диска. Анализ результатов эксперимента показал, что на медной плёнке значительно лучше удерживается масло, чем на стали и стальных покрытиях. За счёт данного факта повышается износостойкость пары трения, улучшаются её триботехнические свойства. В ходе эксперимента были получены данные о зависимости коэффициента трения от амплитуды радиальных биений.

**Ключевые слова:** трение, плёнки пластичных металлов, метод ФАБО, машина трения, коэффициент трения, радиальные биения, сельскохозяйственные машины.

**Для цитирования:** Трибологические аспекты совершенствования машинно-технологической обеспеченности АПК / В.А. Погоньшев, Т.В. Бычкова, И.А. Мокшин, Д.А. Погоньшева // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 60-64.

Original article

## TRIBOLOGICAL ASPECTS OF IMPROVEMENT MACHINERY AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

<sup>1</sup>Vladimir A. Pogonyshv, <sup>1</sup>Tat'yana V. Bychkova, <sup>1</sup>Il'ya A. Mokshin, <sup>2</sup>Dina A. Pogonysheva

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovski, Bryansk, Russia

**Abstract.** The state of the machine and tractor fleet (MTP) of the economic entities of the agro-industrial complex affects the level of labor productivity in the agricultural sector, the profitability of products, the efficiency of resource use, the provision of food to the population of the country. Recently, the production of agricultural machinery in the Russian Federation has decreased, there is an aging of the MTP. The incompleteness of data on processes in the tribocontact location makes it difficult to create reliable friction units of agricultural machines. The creation of new engines used in the agro-industrial complex actualizes the increase in the resource of heavily loaded friction units to reduce losses in tribo-stresses. The study is devoted to the analysis of data obtained during the testing of various thin films (consisting of plastic metals) deposited on a cylindrical steel surface (steel 45 GOST 1050-88) of the test sample (in the form of a disk) by the method of finishing anti-friction-free abrasive treatment (FABO) on a friction machine 2070 SMT-1. The value of the friction coefficient is due to radial beats, as a result of deviation from the roundness of the surface of rotation and the center of the surface from the base axis of rotation. In the initial stage of tribo-tension run-in, the amplitude of radial beats is high due to the presence of irregularities on the surfaces in the friction node. The presence of these irregularities leads to an increase in the radius of the sample. During the tests on the lathe, coatings were applied

by friction-mechanical means by means of a rod. The design of the SMT-1 friction machine allows you to smoothly adjust the speed of rotation of the disc. Analysis of the experimental results showed that oil is significantly better retained on a copper film than on steel and steel coatings. Due to this fact, the wear resistance of the friction pair increases, and its tribotechnical properties improve. During the experiment, data were obtained on the dependence on the amplitude of radial beats.

**Key words:** friction, films of plastic metals, FABO method, friction machine, friction coefficient, radial beats, agricultural machines.

**For citation:** Tribological aspects of improvement machinery and technological support of the agro-industrial complex/ V.A. Pogonyshv, T.V. Bychkova, I.A. Mokshin, D.A. Pogonyshva // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 60-64.

**Введение.** Современная аграрная индустрия, как динамическая вероятностная система, функционирует в условиях глобальных вызовов. С целью решения проблемы продовольственной безопасности страны, достижения высоких конкурентных позиций на мировом продовольственном рынке требуется эффективное использование земельных, финансовых, материальных, энергетических и других ресурсов. Необходимы своевременный ремонт и восстановление узлов в сельхозмашинах, эксплуатируемых хозяйствующими субъектами АПК. Одним из направлений деятельности ремонтных служб выступает использование современных достижений в области трибологии, включая создание «безыносных» узлов трения сельхозмашин, защиту деталей машин от водородного изнашивания, расширение применения ФАБО трущихся деталей и др.

Объектом исследования является изучение и описание результатов испытания стальных образцов, имеющих различное пленочное покрытие, нанесенное методом ФАБО на машине трения 2070 СМТ-1.

ФАБО-это метод снижения трения и износа деталей путем формирования на их поверхности тонкой пленки из мягкого металла, например, латуни, бронзы, медного сплава, алюминия и других материалов. Защитная пленка, которая образуется на поверхности, имеет толщину от 1 до 9 микрометров. Она повышает износостойкость детали, на которую нанесена, снижает коэффициент трения контактирующих элементов. ФАБО называется финишной обработкой в связи с тем, что осуществляется после традиционной механической обработки поверхности (хонингования, шлифования, полирования и т. д.). Сущность технологического процесса ФАБО заключается в «натирании» детали цилиндрической формы прутковым инструментом, изготовленным из мягкого металла. Этот процесс осуществляется на специальном станке, обеспечивающем вращение элемента цилиндрической формы и линейное перемещение металлического прутка.

В процессе исследования авторы выдвигают гипотезу о зависимости коэффициента трения и износа от амплитуды радиальных биений при испытании покрытий, нанесенных методом ФАБО.

Коэффициент трения  $\mu$  представляет собой величину, равную отношению силы трения между двумя телами и силы, прижимающей их друг к другу, во время или в начале скольжения.

Коэффициент трения рассчитывается по формуле:

$$f_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{R_0 \cdot P}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{тр}}$  – момент трения, Н·м;

$R_0$  – радиус образца, м;

$P$  – действующая нагрузка, Н.

Отсюда следует, что радиус поверхности образца с нанесённой металлической пленкой определяется по формуле:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R(2 \cdot v + \chi \cdot \pi h_0)}{2 \cdot v}, \quad (2)$$

где  $\chi$  – коэффициент, показывающий долю объёма материала прутка, переходящего в покрытие;

$R$  – радиус образца с покрытием, мм;

$R_0$  – радиус образца, мм;

$v$  – линейная скорость, м/с;

$h_0$  – высота столбика прутка, истираемого о вал, мм.

В начальный момент эксперимента на образец радиусом  $R$  наносится пленка, которая с одной стороны, увеличивает радиус образца, а с другой стороны, позволяет сокращать время приработки (рис. 1).

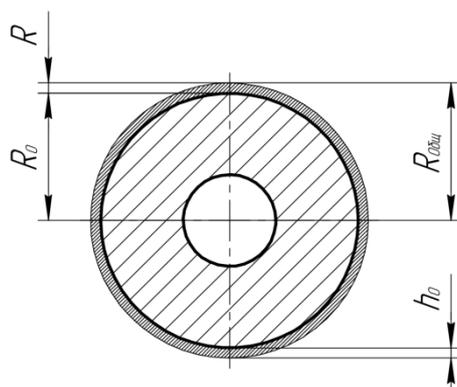


Рисунок 1 – Схема расположения пленочного покрытия

Радиальное биение - это результат отклонения от округлости поверхности вращения и отклонения центра поверхности от реальной базовой оси вращения. Амплитуда радиальных биений в начале процесса приработки гораздо больше из-за неровностей на поверхности материала в паре трения при испытании. Что, в свою очередь, увеличивает радиус образца и уменьшает коэффициент трения.

**Материалы и методика исследований.** Нанесение покрытий производилось на токарном станке фрикционно-механическим способом посредством пруткового инструмента с усилием 100 кгс на вращающуюся цилиндрическую поверхность испытуемых образцов (рис. 2).



Рисунок 2 – Нанесение пленочного покрытия методом ФАБО

Испытания проводились на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «вращающийся диск – неподвижная колодка» в двух постоянных режимах при скорости 20 об/с и нагрузке 5 МПа (рис. 3). Конструкция машины предусматривает плавную регулировку скорости вращения диска (Погоньшев В.А. *Повышение износостойкости восстановленных узлов трения сельскохозяйственных машин фрикционным нанесением пленок пластичных металлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Калининский ордена трудового красного знамени политехнический институт. Калинин, 1990*).

Выбранные режимы испытаний находились в пределах режимов работы подшипников скольжения в узлах сельскохозяйственных и дорожных машин. В качестве колодки использовали сегмент втулки с внутренним диаметром 50 мм, равным внешнему диаметру наносимого покрытия. Смазка пары трения осуществлялась путем соприкосновения нижней части вращающегося диска с маслом, находящимся в специальном кювете. В качестве смазки использовали масло НПЗ 20W-20 ГОСТ 10541-2020. Время испытаний – 1 час (Способ гашения колебаний: пат. 2126916 Рос. Федерация / Погоньшев В.А. Харченко В.С., Матанцева В.А., Романеев Н.А., Хохлов А.Г. № 96110840; заявл. 31.05.96; опубли. 1999, Бюл. № 6; Подвеска для локальной гальванической обработки стержневых деталей с головкой типа болтов: А.с. №1310457 А1, 15.05. 1987 г. / Нетягов П.Д., Гришин В.А., Погоньшев В.А. Заявка № 3863709 от. 05.03.1985).

По профилограммам была определена высота ступеньки от неизнашиваемого участка к изнашиваемому. Для получения профилограмм использовали профилометр модели 201. В процессе испытания регистрируется момент трения с автоматической записью потенциометром КСП-4 (Погоньшев В.А., Романеев Н.А. *Технологические способы повышения износостойкости поверхностей трения вследствие улучшения их демпфирующих свойств // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 6 (102). С. 47-48*).



Рисунок 3 – Машина трения

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** В ходе обработки результатов эксперимента были построены графики зависимости коэффициента трения от амплитуды радиальных биений (рис. 4-6).

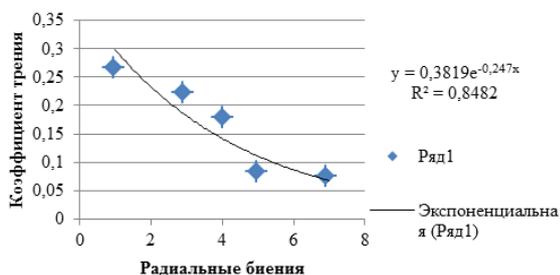


Рисунок 4 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88 по Стали 45 ГОСТ 1050-88 без пленочного покрытия

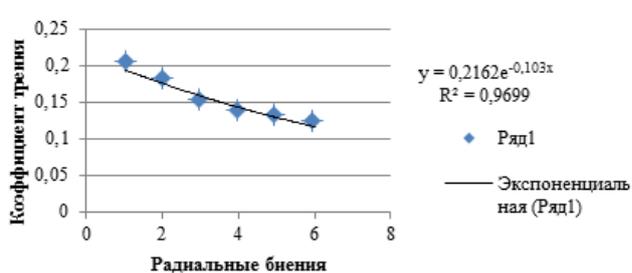


Рисунок 5 – Медное покрытие по Стали 45 ГОСТ 1050-88 без обработки бензолом перед испытанием

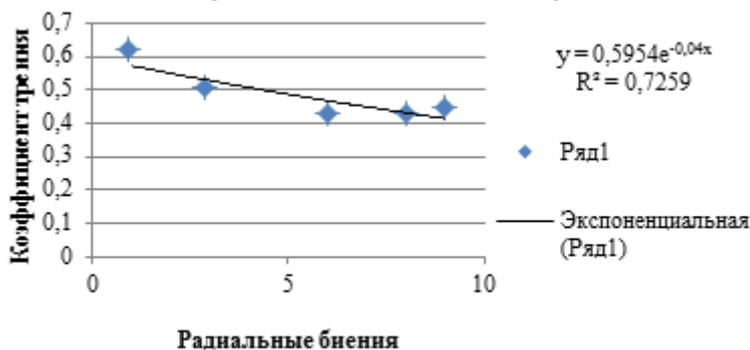


Рисунок 6 – Сталь 40X ГОСТ 1050-2013 по Стали 25 ГОСТ 1050-88

В процессе испытаний было выявлено, что на медной плёнке гораздо лучше удерживается масло, чем на стали и стальных покрытиях, и за счёт этого повышается износостойкость пары трения и улучшаются её триботехнические свойства.

Процесс изнашивания поверхности происходит по схеме «упрочнение - разупрочнение - разрушение». С увеличением амплитуды колебаний интенсивность изнашивания возрастает, что согласуется с теорией об ограничении доступа кислорода в зону контакта при фреттинге, однако вследствие приработки поверхностей в дальнейшем коэффициент трения понижается. Было установлено, что исходная шероховатость поверхностей трения, равно как абразивная составляющая изнашивания поверхностей, не оказывает значительного влияния на величину исходного (абразивного и усталостного) износа, так как она достаточно быстро изменяет свою микрогеометрию вследствие приработки и воздействия абразивных частиц. Считаем, что использование технологии искусственного интеллекта является одним из перспективных решений проблемы повышения надёжности сельскохозяйственных машин, повышения уровня машинно-технологической обеспеченности рыночных субъектов, так как инициирует создание композиционных покрытий с требуемой прочностью, низким коэффициентом трения и износа. [1-5]

**Выводы.** При контактировании Стали 45 по Стали 45 происходит моментальное схватывание поверхностей, а при взаимодействии Стали 45 и пленочного покрытия в начальный момент коэффициент трения механического взаимодействия соприкасающихся тел уменьшается почти на 20%. Применение медных плёнок на стальных поверхностях уменьшает износ стальных покрытий, а коэффи-

циент трения снижается в 1,5-2 раза. Применение антифрикционных материалов, способных изменять механизмы образования трибослоев в зависимости от условий работы, обуславливают увеличение срока службы трибосистем.

#### Список источников

1. Тихомиров В.П., Шалыгин М.Г., Измеров М.А. Модель контакта и оценка молекулярной составляющей силы трения // Научные технологии в машиностроении. 2023. № 6 (144). С. 20-27.
2. Tribotechnical characteristics of composite coatings deposited by spraying / V.A. Pogonyshev, N.M. Belous, V.E. Torikov, I.A. Mokshin, A.A. Boiko // Materials Today: Proceedings. Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment. 2020, ICMTME 2020". 2021. С. 1849-1851.
3. Issues of digital transformation of biological agriculture in the south-west of the central region of Russia / V. Torikov, V. Pogonyshev, D. Pogonysheva, N. Ivanova, T. Bychkova // II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023). Les Ulis Cedex A, France, 2023. С. 1018.
4. Issues of digital transformation of agriculture aip / V.E. Torikov, V.A. Pogonyshev, D.A. Pogonysheva, N.A. Ivanova, T.V. Bychkova // Innovative technologies in agriculture: conference proceedings International Scientific and Practical Conference. 2023. Volume 2921, Issue 1. AIP Publishing. С. 080001.
5. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения и цифровые технологии их переработки // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90, № 4. С. 331-334.

#### Информация об авторах:

**В.А. Погоньшев** – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Т.В. Бычкова** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**И.А. Мокшин** – магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Д.А. Погоньшева** – доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики и прикладной математики, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского».

#### Information about the authors:

**V.A. Pogonyshev** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

**T.V. Bychkova** - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

**I.A. Mokshin** - undergraduate student, Bryansk State Agrarian University.

**D.A. Pogonysheva** - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovski.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.

The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.

© Погоньшев В.А., Бычкова Т.В., Мокшин И.А., Погоньшева Д.А.

Научная статья  
УДК 624.011.1:658.5

## РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРМ WINMACHINE

Дмитрий Александрович Безик, Николай Александрович Романеев, Татьяна Викторовна Бычкова  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют существенно ускорить процесс инженерных расчетов, провести оптимизацию конструкций, проводить мультифизические расчеты (учитывающие, например, одновременно и механические и тепловые процессы). Широко распространены и применяются САПР для стандартных расчетов – для расчетов металлических конструкций, течения жидкостей и газов и т. п. Отечественная САПР АРМ Winmachine позволяет проводить более широкий спектр расчетов, в том числе расчет деревянных конструкций. В статье приводится пример практического расчета деревянной конструкции в АРМ Structure3D. Это один из модулей АРМ Winmachine, позволяющий рассчитывать стержневые, пластинчатые и объемные конструкции. Исходная модель крыши сельскохозяйственного объекта представлена в виде стержневой конструкции. Для неё заданы требования по величине максимального напряжения и наложены ограничения по используемым пиломатериалам. Нагрузки на конструкцию определяются согласно своду правил СП 20.13330.2016. Они включают в себя собственный вес, вес покрытия крыши и утепления потока, снеговую и ветровую нагрузки. Для учета распределенных нагрузок на поверхность крыши (ветровой и снеговой) в расчетную стержневую схему введены прямоугольные пластины, закрепленные своими узлами к узлам стержневой конструкции к которым прикладывается соответствующая нагрузка. Распределение ветровой нагрузки на различные участки крыши определяется коэффициентами аэродинамического сопротивления (взятыми из СП 20.13330.2016) для двух взаимно перпендикулярных направлений. Расчет деревянных конструкций имеет ряд особенностей, которые были учтены при расчете, в частности, важно правильно смоделировать соединения. По результатам статического расчета проведена оптимизация конструкции (добавлены раскосы) для доведения механических напряжений до установленных значений. Также для уточнения расчетов был проведен динамический расчет.

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования, деревянная конструкция, нагрузки и воздействия, статическое нагружение, стержневая конструкция.

**Для цитирования:** Безик Д.А., Романеев Н.А., Бычкова Т.В. Расчет деревянных конструкций в АРМ Winmachine // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 65-72.

### Original article

## CALCULATION OF WOODEN STRUCTURES IN THE WINMACHINE ARM

Dmitrij A. Bezik, Nikolaj A. Romaneev, Tat'yana V. By'chkova  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** Automated design engineering (CAD) systems can significantly speed up the process of engineering calculations, optimize structures, and perform multiphysical calculations (taking into account, for example, both mechanical and thermal processes at the same time). CAD systems for standard calculations are widely spread and used - for calculations of metal structures, flow of liquids and gases, etc. Domestic CAD system АРМ Winmachine allows to perform a wider range of calculations, including the calculation of wooden structures. The article gives an example of practical calculation of a wooden structure in АРМ Structure3D. This is one of the modules of АРМ Winmachine, which allows to calculate rod, plate and volume structures. The initial model of the roof of an agricultural object is represented as a rod structure. It has requirements for the value of maximum stress and restrictions on the lumber used. The loads on the structure are determined according to the code of practice SP 20.13330.2016. They include own weight, weight of the roof covering and insulation, snow and wind loads. To take into account the distributed loads on the roof surface (wind and snow), rectangular plates are introduced in the design rod scheme, fixed by their nodes to the nodes of the rod structure to which the corresponding load is applied. The distribution of wind load on different sections of the roof is determined by the aerodynamic drag coefficients (taken from SP 20.13330.2016) for two mutually perpendicular directions. The calculation of wooden structures has a number of features that were taken into account during the calculation, in particular, it is important to correctly model the joints. Based on the results of the static calculation, the design was optimized (braces were added) to bring the mechanical stresses to the set values. Also, a dynamic calculation was carried out to clarify the calculations.

**Key words:** automated design engineering system, wooden structure, loads and impacts, static loading, rod structure.

**For citation:** Bezik D.A., Romaneev N.A., By`chkova T.V. Calculation of wooden structures in the Winmachine ARM // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 65-72.

**Введение.** Автоматизированное проектирование конструкций проводится с помощью специализированных САПР. Путем последовательного синтеза различных конструктивных вариантов проектируемой конструкции обеспечивается подбор оптимальных вариантов. При проектировании стержневых металлических или деревянных конструкций этот процесс заключается в выборе конфигурации, размеров и количества стержневых элементов, а также к выбору их оптимального профиля стержня и его ориентации [1-9]. Вначале создается эскиз, который определяет основные размеры и удовлетворяет в первом приближении заданным характеристикам, затем подбирается конструктивная схема и в САПР составляется соответствующая модель. Далее итерационно производится оптимизация конструкции и осуществляется автоматизированная подготовка соответствующей конструкторской документации. Результат автоматизированного проектирования - конструктивное решение и описание отдельных элементов конструкции, а также соответствующая технологическая документация.

В настоящее время всё чаще применяются целые программные комплексы систем CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM, которые содержат пакеты программ, объединяющие весь комплекс работ от черчения отдельных чертежей и выполнения расчетов до подготовки итоговой документации:

CAD – это программы для создания двумерных и трехмерных чертежей;

CAE - программы для инженерных расчетов;

CAM – комплексы, формирующие программы для управления станков с числовым программным управлением;

CAPP – системы автоматизированного проектирования для технологической подготовки производства и технормирования;

PDM - программы электронного документооборота.

Для инженерных расчетов и подготовки технической документации широко используется отечественная система APM WinMachine (компания APM, Россия) [1]. Она представляет собой инструментально-экспертную систему автоматизированного расчета и проектирования, используемую в машиностроении и строительстве. Система включает в себя базу данных, инструменты и программы для автоматизированного расчета и проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов. В неё включен также собственный графический редактор.

APM WinMachine проводит следующие расчеты - кинематических систем, прочности, жесткости и устойчивости, выносливости при переменных режимах нагружения и др.

В нашей работе использован модуль APM Structure3D. Он предназначен для расчета и проектирования пространственных конструкций, моделируемых стержнями, пластинами и объемными элементами. Расчет производится методом конечных элементов. APM Structure3D применяется для расчета балочных конструкций, ферменных плоских и пространственных конструкций, трехмерных рамных конструкций, оболочечных и пластинчатых конструкций произвольного вида.

Использование системы APM Winmachine позволяет разрабатывать конструкции на уровне лучших мировых аналогов, конкурентоспособные на мировом рынке.

Постановка задачи. В данной работе рассмотрен расчет крыши вспомогательного здания. Рассчитываемая деревянная конструкция представляет собой двухскатную крышу здания с размером в плане 5.1x5.1 м и углом наклона ската 41°. Исходная модель конструкции показана на рисунке 1. Она представлена стержневой конструкцией с наложенными на стержни пластинами (на рисунке 1 они скрыты). Для расчета применен модуль APM Structure3D, который содержит необходимые инструменты для расчета и базу данных по деревянным пиломатериалам.

Расчетные нагрузки приведены ниже. Требования к готовой конструкции - величина максимального напряжения - 3 МПа [10 - 13]; используемое сечение пиломатериалов – 15x10 см<sup>2</sup> и 10x7.5 см<sup>2</sup>. Расчет подразумевает выбор сортамента, оптимизацию конструкции, выбор соединений [14 - 16].

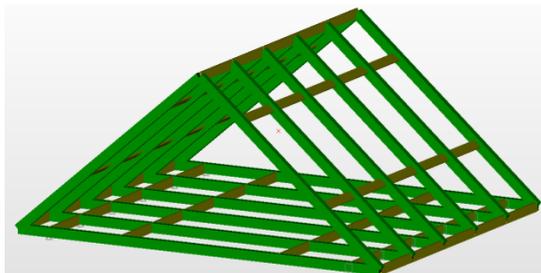


Рисунок 1 – Исходная модель крыши в виде стержневой конструкции в APM Structure3D

Определение нагрузок. Нагрузки на рассчитываемую конструкцию определяются согласно своду правил СП 20.13330.2016 [17]. Они включают в себя собственный вес, вес покрытия крыши и утепления потока, снеговую и ветровую нагрузки.

Собственный вес деревянных балок, стропил и раскосов учитывается автоматически в программе при задании сечения стержней в расчетной конструкции.

Вес кровли оценен как вес обрешетки, гидроизоляции и покрывного материала:

$$P_{кр} = 7.9 + 1.0 + 7.64 + 0.5 \cdot 13 = 23.04 \text{ кг/м}^2,$$

здесь учтен вес черепицы (7.9 кг/м<sup>2</sup>), подкладочного ковра (1.0 кг/м<sup>2</sup>), покрытия из ориентированно-стружечной плиты и обрешетки с коэффициентом заполнения 0,5 (13 кг/м<sup>2</sup>).

Вес потолочного утепления:

$$P_y = 2 \cdot 0.025 \cdot 520 + 0.1 \cdot 150 = 41 \text{ кг/м}^2,$$

здесь учтен вес двойного потолочного перекрытия (520 кг/м<sup>2</sup>) и слоя утеплителя толщиной 10 см (13 кг/м<sup>2</sup>).

Вес полезной нагрузки оценен как

$$P_n = 120 \cdot 2 = 240 \text{ кг/м}^2$$

в центре крыши с линейным уменьшением к краю до 0.

Значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию крыши найдем по формуле

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g, \text{ Н/м}^2 \quad (1)$$

где  $c_e$  – коэффициент сноса снега с крыши ветром;

$c_t$  – термический коэффициент;

$\mu$  – коэффициент формы, он учитывает соотношение между весом снега на земле и весом снега на крыше;

$S_g$  – вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> земли для конкретной местности Н/м<sup>2</sup>.

В соответствии с картой приложения К СП 20.13330.2016 Брянск относится к 3 снеговому району, поэтому нормативное значение веса снегового покрова  $S_g$  на 1 м<sup>2</sup> примем 1,5 кН/м<sup>2</sup>. Значение коэффициента формы принимаем по таблице Б.1 СП 20.13330.2016 с учетом угла наклона ската 41° линейной интерполяцией:  $\mu=0.63$ .

Так как рассчитываемая крыша принадлежит зданию, защищенному от ветра соседними постройками (они удалены менее чем на 10 разностей высот соседнего и проектируемого зданий), то следует принять  $c_e = 1.0$ .

Термический коэффициент  $c_t$  учитывает снижение снеговой нагрузки на крышу с высоким коэффициентом теплопередачи из-за таяния снега. Для расчета снеговой нагрузки для неутепленных крыш с высоким тепловыделением (при уклоне более 3%) термический коэффициент  $c_t = 0,8$ . Во всех остальных случаях, как и в нашем случае  $c_t = 1,0$ .

При расчете крыши важно учесть непостоянные нагрузки, в том числе ветровые [18 - 20]. Нормативное значение основной ветровой нагрузки  $w$  можно задавать в одном из двух вариантов – либо как совокупность нормального давления  $w_e$ , сил трения  $w_f$  и внутреннего нормального давления  $w_i$ , либо как совокупность проекций  $w_x$  и  $w_y$ , внешних сил, обусловленных общим сопротивлением сооружения и крутящего момента  $w_{Mz}$ .

Нормативное значение ветровой нагрузки  $w$  определяется как сумма средней  $w_m$  и пульсационной  $w_g$  слагаемых:

$$w = w_m + w_g, \text{ Н/м}^2 \quad (2)$$

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки  $w_m$  в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  над поверхностью земли определяется по формуле

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (3)$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, Н/м<sup>2</sup>;

$k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления от высоты  $z_e$ ;

$c$  – аэродинамический коэффициент.

Брянск находится в I зоне по ветровым нагрузкам, поэтому  $w_0 = 0,23$  кПа.

Размер здания в направлении, перпендикулярном расчетному направлению ветра (поперечный размер)  $d=5.1$  м; высота здания  $h=5.4$  м. Так как  $d < h \leq 2d$ , то для расчета ветровой нагрузки на крышу примем  $z_e=h$ .

Коэффициент изменения ветрового давления от высоты для высоты  $z_e \leq 5$  м определяется по таблице 11.2 СП 20.13330.2016:

$$k(z_e) = 0.75.$$

При задании ветровой нагрузки принимаем тип местности А.

При определении компонентов ветровой используем соответствующие значения аэродинамического коэффициента внешнего давления  $c_e$ , принимаемого по приложению В.1 СП 20.13330.2016 для выбранного направления ветра. Для различных участков двускатной крыши (рис. 2) аэродинамический коэффициент внешнего давления  $c_e$  определяется по таблицам В.3 СП 20.13330.2016 в зависимости от направления средней скорости ветра. Его значение приведено в таблице 1. Эти коэффициенты используются при задании ветровой нагрузки на крышу в расчетной модели ( $\alpha=0^\circ$  соответствует направлению ветра поперек конька, а  $\alpha=90^\circ$  соответствует направлению ветра вдоль конька).

Таблица 1 - Значение аэродинамического коэффициента внешнего давления для различных участков двускатной крыши.

	F	G	H	I	J
$\alpha=0^\circ$	0.7	0.7	0.6	-0.2	-0.3
$\alpha=90^\circ$	-1.1	-1.4	-0.9	-0.5	

Для протяженных гладких покрытий (как в нашем случае) принимаем аэродинамический коэффициент трения  $c_f = 0,02$ .

В нашем расчете учитываем силы нормального давления и тангенциальные силы трения. В расчетной схеме на крышу наложены прямоугольные пластины, закрепленные своими узлами к узлам стержневой конструкции. К пластинам прилагаются распределенные нагрузки – постоянная, снеговая и ветровая. При учете ветровой нагрузки на различные участки крыши прилагается различная ветровая нагрузка, рассчитываемая программой по формуле (3) с использованием заданных коэффициентов аэродинамического сопротивления.

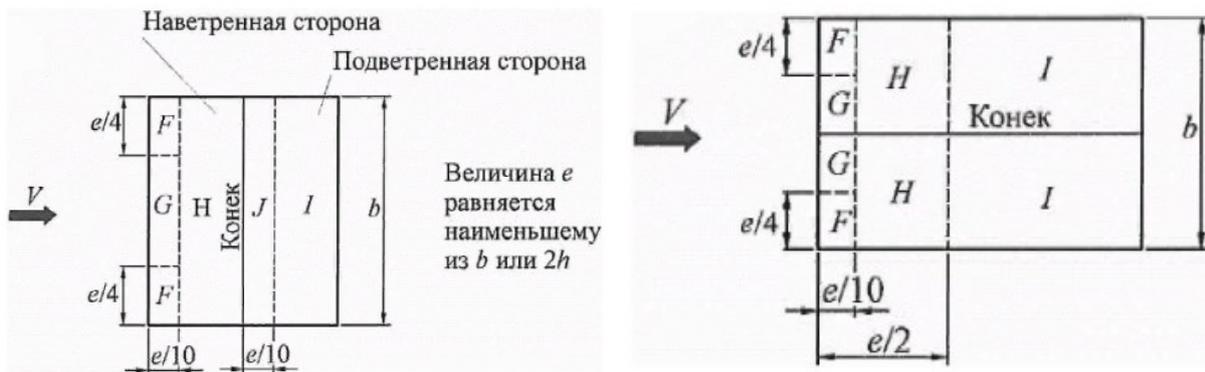


Рисунок 2 – Обозначение расчетных зон для ветровой нагрузки на двускатную крышу

Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки  $w_g$  определяем на эквивалентной высоте  $z_e = (5.4 + 2.4) / 2 = 3.9$  м.

Первая и вторая частоты собственных колебаний  $f_1, f_2$  Гц конструкции определяется по расчетной модели в APM Winmachine.

Если частота  $f_1$  больше предельного значения собственной частоты  $f_{lim}$ , то нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки ищется по формуле

$$w_g = w_m \zeta(z_e) v, \text{ Н/м}^2 \tag{4}$$

где  $w_m$  – определенное выше нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки ( $w_m = 0.23 \cdot 0.75 = 0.1725$  кПа);

$\zeta(z_e)$  - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 11.4 СП 20.13330.2016. Для высоты  $< 5$  м и типа местности А принимаем его равным 0.85;

$v$  - коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Если собственные частоты колебаний конструкции удовлетворяют неравенству  $f_1 < f_{lim} < f_2$ , то нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки ищется по формуле

$$w_g = w_m \xi \zeta(z_e) v, \tag{5}$$

где  $\xi$  - коэффициент динамичности, определяемый по графику рисунка 11.1 СП 20.13330.2016 в зависимости от суммарного логарифмического декремента колебаний  $\delta$  и безразмерного периода  $T_{g,1}$ .

Безразмерный период вычисляется по формуле

$$T_{g,1} = \frac{\sqrt{w_0 k(z_e) \gamma_f}}{940 f_1} \quad (6)$$

где  $f_1$  - первая собственная частота, Гц;

$w_0$  - нормативное значение давления ветра, Па;

$k(z_e)$  - коэффициент, учитывающий изменение давления ветра для эквивалентной высоты  $z_e$ ;

$\gamma_f$  - коэффициент надежности по нагрузке.

Предельное значение частоты собственных колебаний  $f_{lim}$ , Гц определяется в зависимости от предельного безразмерного периода  $T_{g,lim}$  по формуле

$$f_{lim} = \frac{\sqrt{w_0 k(z_e) \gamma_f}}{940 T_{g,lim}} \quad (7)$$

где  $T_{g,lim} = 0.023$  для логарифмического декремента колебаний  $\delta=0.3$ .

Значит

$$f_{lim} = \frac{\sqrt{230 \cdot 0.75 \cdot 1.4}}{940 \cdot 0.023} = \frac{\sqrt{241.5}}{21.62} = 0.719 \quad \text{Гц.}$$

Коэффициент пульсации давления ветра по таблице 11.4 равен 0.85, а коэффициент пространственной корреляции примем равным  $\nu = 0.89$  для всех направлений действия пульсационной составляющей ветра.

Первая собственная частота колебаний рассчитываемой конструкции  $f_1 = 30,68$  Гц (определена в результате расчетов, рис. 6) больше предельного значения собственной частоты  $f_{lim}$ , поэтому расчет ведем по формуле (4):

$$w_g = 0.1725 \cdot 0.85 \cdot 0.89 = 0,1305 \text{ кПа.}$$

Резонансное вихревое возбуждение в нашем расчете не учитывалось, так как конструкция имеет относительное удлинение  $\lambda_e = 0.5 \ll 20$ .

**Статический расчет.** По исходным данным была составлена расчетная модель заданной конструкции. Она представляет собой стержневую конструкцию в АРМ Winmachine. Для восприятия нагрузок она дополнена пластинами на потолочном перекрытии и на поверхности. На них приложена распределенная сила, соответствующая расчетным значениям. Она включает в себя вес перекрытия, кровельного пирога, снеговую и ветровую нагрузки. Пластины модели лишены жесткости и массы, чтобы не влиять на расчет каркаса крыши.

Распределенная нагрузка от оборудования и материалов приложена в виде распределенной нагрузки к балкам перекрытия.

Балки, стропилы и раскосы выполнены из стандартных пиломатериалов (они представлены в базе АРМ).

Взаимное крепление деревянных элементов нежесткое, это учтено установкой шарниров с вращением по заданной оси в местах соединений.

Внешний вид расчетной окончательной модели показан на рисунке 7.

Сначала был проведен статический расчет для определения максимальных напряжений в конструкции и проверке их соответствия нормативным значениям. Расчет проводится для исходной конструкции, содержащей только стропилы и балки. Результат расчета напряжений показан на рисунке 3. Видно, что балки в местах опоры на стены испытывают напряжения, близкие к предельным (для сосны около 9.5 МПа). Поэтому сначала конструкция была дополнена раскосами, поддерживающими балку в районе опирания на стены. Был произведен соответствующий статический расчет (см. рисунок 4). Добавленные раскосы снизили напряжения в местах опор балок, но не существенно снизили максимальные напряжения, которые появились в местах соединения поперечных балок с фермами. Поэтому были добавлены дополнительные раскосы, как показано на рисунке 5. В этом случае достигается максимальное напряжение менее 3 МПа, что удовлетворяет поставленной задаче.

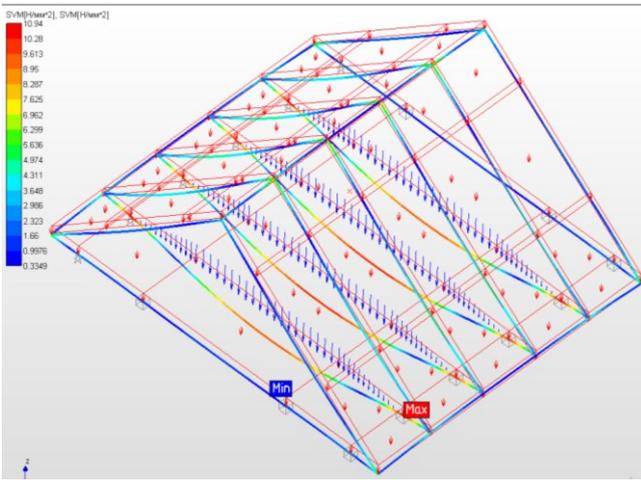


Рисунок 2 – Результат расчета напряжений исходной конструкции

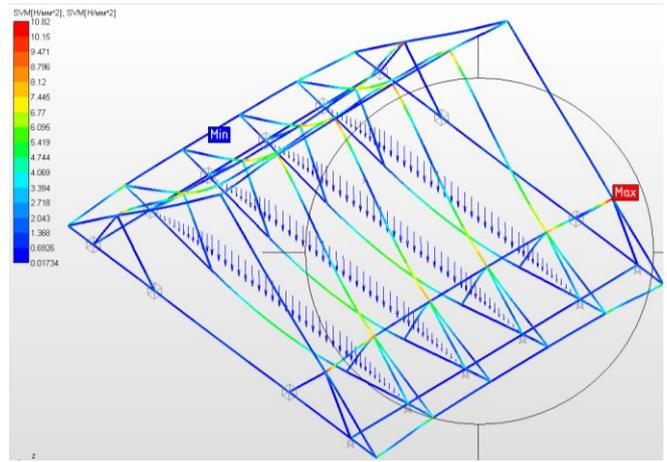


Рисунок 3 – Результат расчета напряжений исходной конструкции с дополнительными раскосами

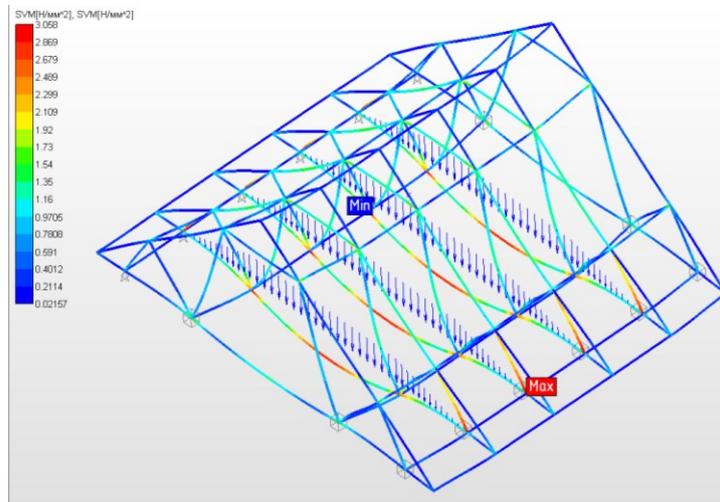


Рисунок 5 – Результат расчета напряжений конструкции с 7 дополнительными раскосами на ферму

Для полученной конструкции был рассчитан коэффициент устойчивости (рис. 7), он составляет 543 и собственные частоты колебаний (рис. 6). Эти значения позволили уточнить расчеты с учетом степени воздействия пульсаций.

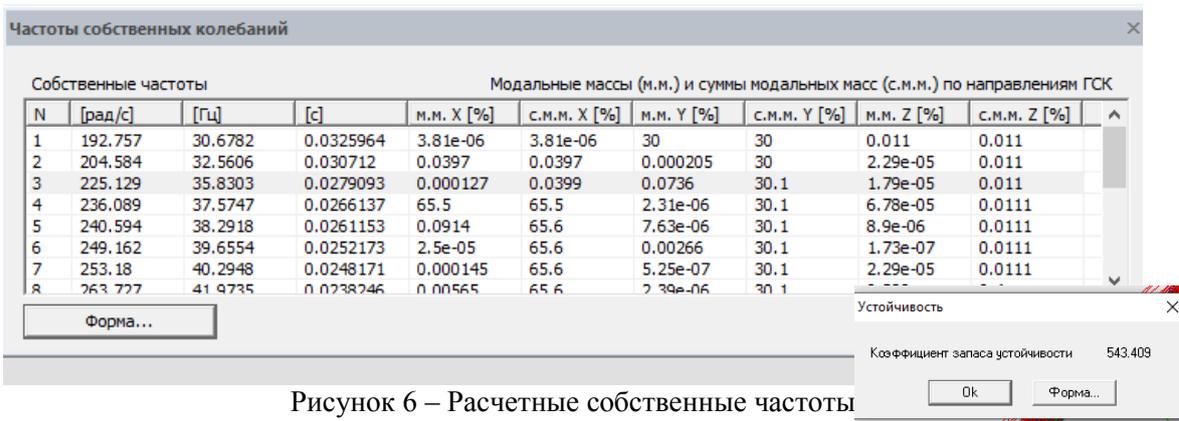


Рисунок 6 – Расчетные собственные частоты

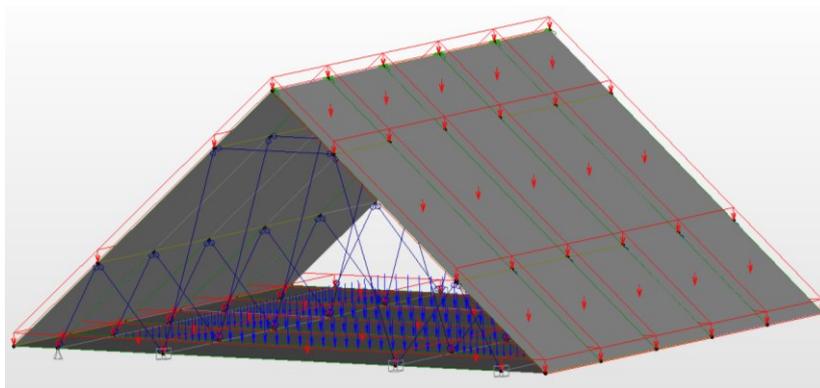


Рисунок 7 – Окончательная модель крыши в виде пластинчато-стержневой конструкции в APM Structure3D

**Выводы.** Использование современных инженерных программ, например APM Winmachine, позволяет провести расчеты различных строительных конструкций, в частности деревянных стержневых конструкций. Дополнительный пакет программ APM Winmachine позволяет подготовить соответствующую конструкторскую документацию.

#### Список источников

1. Чернов А.Ю., Хачатурян С.С. Расчет деревянных конструкций // Передовые научно-технические и социально-гуманитарные проекты в современной науке: сб. ст. VI междунар. науч.-практ. Конф., Москва, 21 мая 2022 г. М.: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность. РФ", 2022. С. 69-70.
2. Численное исследование напряженно-деформированного состояния модифицированной деревянной балки / Д.А. Чибрикин, М.В. Лукин, А.В. Лукина и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 3 (387). С. 167-178.
3. Вержбовский Г.Б., Скуратов С.В., Щуцкий С.В. Автоматизация конструктивных расчетов деревянных легкокаркасных зданий // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1 (109). С. 223-231.
4. Пятикрестовский К.П. Расчет деревянных пространственных конструкций при сложном напряженном состоянии // Строительная механика и расчет сооружений. 2020. № 5 (292). С. 17-24.
5. Руденко А.П. Развитие методик расчета деревянных структурных конструкций и анализ экспериментальных результатов // Проблемы современных интеграционных процессов. Пути реализации инновационных решений: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 27 января 2024 года. Уфа: ООО "Омега сайнс", 2024. С. 46-51.
6. Коновалов М.А., Козинец Г.Л. Алгоритм разработки расчетной модели деревянного многоэтажного здания // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17, № 4. С. 463-475.
7. Куправа Л.Р., Абу-Хасан М.С., Боровская Д.С. Расчет поперечных стержневых систем из деревянных балок разных пород // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2022. № 10 (1058). С. 22-25.
8. Шелюфаст В.В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АРМ, 2005. 472 с.
9. Автоматизированное проектирование машин в процессе совершенствования техники для сельского хозяйства сушилки / В.В. Варывдин, Н.А. Романеев, Д.А. Безик, М.М. Васильченко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. С. 114-119.
10. Погорельцев А.А., Пятикрестовский К.П. Дальнейшее развитие и совершенствование норм проектирования конструкций из древесины // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 35-41.
11. Погорельцев А.А. Порядок назначения расчетных сопротивлений древесины в СП 64.13330.2017 "Деревянные конструкции" // Вестник НИЦ Строительство. 2019. № 2 (21). С. 114-126.
12. Определение прочностных свойств древесины при обследовании зданий и сооружений / А.В. Карельский, Т.А. Никитина, В.В. Чередниченко, С.А. Карельский // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: материалы IV Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. Высш. инженерной школы САФУ, Архангельск, 16–18 ноября 2022 года. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный ун-т им. М.В. Ломоносова, 2022. С. 40-43.
13. Руссу А.В., Шамаев В.А., Медведев И.Н. Внутренние напряжения натуральной древесины лиственницы // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023 С. 58–61.
14. Апаев А.М. Разработка модели кровли здания. Расчет стропильной ноги // Молодой исследователь Дона. 2020. № 2 (23). С. 85-88.

15. Евсеев А.В., Черкасов А.В., Веселова П.А. Поиск оптимального шага несущих деревянных балок межэтажного перекрытия из СИП-панелей // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 4 (106). С. 61-63.

16. Вдовин В.М., Карпов В.Н. Поиск оптимальных решений конструкций и рациональных требований к материалам индустриальных деревянных домов. Пенза: ПГУАС, 2019. 120 с.

17. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия.

18. Кузнецов В.А., Ивашкина Е.Д., Ярцев В.П. Особенности расчета ветровой нагрузки двухэтажного каркасно-панельного здания // Современные проблемы материаловедения: сб. науч. тр. III Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф., посвящ. памяти д.т.н., профессора, академика Российской академии архитектуры и строительных наук Е.М. Чернышова, Липецк, 18 февраля 2022 года. Липецк: Липецкий государственный техн. ун-т, 2022. С. 51-58.

19. Kehinde J. Alawode, Krishna Sai Vutukuru, Amal Elawady, Arindam Gan Chowdhury, Review of wind loading on roof to wall connections in low-rise light wood-frame residential buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2023. Vol. 236. 105360.

20. Beloborodov – Current approaches to the modeling and calculation wood frame building, taking into account the joint work of the load-bearing elements of the frame and cladding / T.L. Dmitrieva, K.A. Podshivalova, D.O. Molchanov, K.M.. Baikal // Forum 2020.IOP Conf. Series: Earth and Environmental.

**Информация об авторах:**

**Д.А. Безик** – директор института энергетики и природопользования, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, bda20101@yandex.ru.

**Н.А. Романеев** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, romaneev\_nikolai@mail.ru.

**Т.В. Бычкова** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, tanyabychkova@mail.ru.

**Information about the authors:**

**D.A. Bezik** - Director of the Institute of Energy and Environmental Management, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Agrarian University, bda20101@yandex.ru.

**N.A. Romaneev** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University, romaneev\_nikolai@mail.ru.

**T.V. Bychkova** - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, tanyabychkova@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.**

**The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.**

© Безик Д.А., Романеев Н.А., Бычкова Т.В.

Научная статья  
УДК 621.32:528.029.067/.69

## ОЦЕНКА СРАВНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНЫХ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

<sup>1</sup>Александр Николаевич Васькин, <sup>2</sup>Елена Николаевна Ракутько

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Томаты являются одним из самых популярных культур, выращиваемых в закрытом грунте. Однако их успешное выращивание требует определенных условий, включая подходящую освещенность. Стремление к увеличению эффективности процесса выращивания томатов приводит к постоянному совершенствованию методов подсветки. Одной из актуальных технологий является использование светодиодных модулей в качестве осветительных устройств. Они отличаются низким энергопотреблением и длительным сроком службы по сравнению с традиционными светильниками. Важным аспектом в области светокультуры является анализ спектрального состава излучения. Этот спектральный состав определяется долями энергии, распределенными в различных поддиапазонах фотосинтетически активной радиации. В связи с этим, представляется интересным рассмотреть результаты эксперимента, проведенного по выращиванию рассады томата. В данном эксперименте использовались различные источники света, включая лампы и светодиоды. Сравнивая спектральный состав обоих источников, наблюдается сходство в синем, зеленом и красном поддиапазонах. Однако растения, выращенные с использованием ламп, демонстрируют большую сырую массу по сравнению с растениями, выращенными с использованием светодиодов. При этом использование светодиодов сопровождается повышенным образованием сухого вещества в растениях - количество сухого вещества было на 19,7% выше, чем у растений, выращенных при использовании ламп. Более того, использование светодиодов привело к сокращению удельного потребления электроэнергии на 15%. Эти результаты говорят о потенциальной эффективности использования светодиодов в светокультуре и подтверждают важность спектрального состава излучения для процессов роста и развития растений. Таким образом, результаты исследования предоставляют перспективу использования светодиодов в промышленном выращивании рассады томата.

**Ключевые слова:** светокультура, облучатель, излучение, энергия, радиация.

**Для цитирования:** Васькин А.Н., Ракутько Е.Н. Оценка сравнительных показателей спектрального состава светодиодных и люминесцентных источников оптического излучения // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 73-79.

### Original article

## EVALUATION OF COMPARATIVE SPECTRAL COMPOSITION INDICATORS LED AND FLUORESCENT OPTICAL RADIATION SOURCES

<sup>1</sup>Alexander N. Vas'kin, <sup>2</sup>Elena N. Rakut'ko

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** Tomatoes are one of the most popular crops grown indoors. However, their successful cultivation requires certain conditions, including suitable illumination. The desire to increase the efficiency of the tomato growing process leads to constant improvement of illumination methods. One of the most relevant technologies is the use of LED modules as lighting devices. They are characterized by low energy consumption and long service life compared to traditional lamps. An important aspect in the field of light culture is the analysis of the spectral composition of radiation. This spectral composition is determined by the energy fractions distributed in various sub-ranges of photosynthetically active radiation. In this regard, it is interesting to consider the results of an experiment conducted on growing tomato seedlings. In this experiment, various light sources were used, including lamps and LEDs. Comparing the spectral composition of both sources, there is a similarity in the blue, green and red sub-bands. However, plants grown using lamps exhibit a greater crude mass compared to plants grown using LEDs. At the same time, the use of LEDs is accompanied by increased formation of dry matter in plants - the amount of dry matter was 19.7% higher than in plants grown using lamps. Moreover, the use of LEDs has led to a 15% reduction in specific electricity consumption. These results indicate the potential effectiveness of the use of LEDs in light culture and confirm the importance of the spectral composition of radiation for the processes of plant growth and development. Thus, the results of the study provide a perspective for the use of LEDs in the industrial cultivation of tomato seedlings.

**Key words:** light culture, irradiator, radiation, energy, radiation.

**For citation:** Vaskin A.N., Rakutko E.N., Evaluation of comparative spectral composition indicators led and fluorescent optical radiation sources // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 73-79.

**Введение.** В АПК, энергосбережение в технологических процессах является важной задачей. Особое внимание следует уделять процессам, использующим оптическое излучение. В АПК, одним из таких процессов является светокультура - метод выращивания растений с использованием искусственного освещения. Для фотосинтеза и получения полезной продукции в светокультуре основным источником энергии является поток оптического излучения в ФАР диапазоне длин волн от 400 до 700 нм [3].

Регулирование светового режима является одним из методов энергосбережения в области светокультуры. В данной сфере существует несколько вариантов регулирования, включая аргументированный выбор источников излучения и настройку спектра излучения в определенном диапазоне. Такой подход позволяет значительно сократить энергопотребление и повысить эффективность использования источников света. Различные источники излучения имеют разные энергетические характеристики, а значит, правильный выбор источников может существенно снизить энергопотребление. Кроме того, настройка спектра излучения в определенном диапазоне позволяет оптимизировать растительные процессы и достичь максимально эффективного использования света при выращивании растений. Данные методы регулирования светового режима являются важными шагами в направлении энергосбережения и повышения устойчивости светокультуры к изменениям внешних условий. Таким образом, применение этих методов может иметь значительные позитивные результаты в экономии энергии и увеличении эффективности светокультуры.

Ответственный подход к выбору и использованию источников света может значительно повлиять на эффективность потребления энергии. Регулирование спектра излучения включает в себя возможность выбора оптимальных параметров для достижения желаемых эффектов в культуре растений. Это включает в себя изменение длины волны и интенсивности излучения в соответствии с различными фазами развития растений.

Спектральный состав излучения является одним из важных экономических параметров в светокультуре. Его соответствие требуемым значениям напрямую влияет на результаты производства [4]. Однако следует отметить, что эффект спектрального состава может различаться в зависимости от того, используется ли излучение для досвечивания вместе с естественным освещением или при отсутствии солнечного света. Например, применение натриевых ламп для облучения растений в закрытых помещениях без доступа к солнцу может вызвать растягивание растений [5]. В метрологии светокультуры часто используется подход, основанный на выделении трех спектральных поддиапазонов ФАР. Эти поддиапазоны включают в себя синий диапазон (B), который простирается от 400 до 500 нм, зеленый диапазон (G) с длиной волны от 500 до 600 нм и красный диапазон (R) с длиной волны от 600 до 700 нм [2]. За время, прошедшее с момента проведения исследования, было накоплено большое количество экспериментальных данных о воздействии этих поддиапазонов ФАР на рост растений. В ходе исследования выяснилось, что для достижения наилучших результатов в росте растений необходимо использовать различный спектральный состав излучения в зависимости от вида и сорта. Этот факт подтверждается соотношением энергии в поддиапазонах ФАР  $kB:kG:kR$  [6.7].

В современной сфере освещения наблюдается повышение технологического уровня, что открывает новые возможности в контроле спектрального состава потока света. Такие возможности достигаются с использованием современных источников света, таких как газоразрядные лампы и люминесцентные лампы. В газоразрядных лампах изменение состава заполняющего газа или выбор соответствующего состава люминофора в люминесцентных лампах позволяют контролировать спектральный состав светового потока. Однако, с появлением светодиодов в качестве нового типа источника света, достижение желаемого спектрального состава стало проще. Светодиоды предлагают возможность создавать практически любой желаемый спектральный состав путем комбинирования различных типов светодиодов. Это открывает широкие перспективы в области освещения, так как позволяет адаптировать спектр света под конкретные потребности и требования.

Таким образом, развитие технологий в сфере освещения приводит к возможности контролировать спектральный состав потока света, и применение светодиодов в этом процессе открывает новые перспективы для создания настраиваемого и эффективного освещения. Это открывает новые возможности для контроля спектральных свойств источников света и создания специализированного освещения с заданными параметрами спектра. Таким образом, современные источники света предоставляют широкие возможности для настройки спектральных характеристик освещения в соответствии с конкретными требованиями и задачами.

**Цель исследований** заключается в оценке качества рассады томата, полученной при использовании спектра с узкими полосами, содержащим синий, зеленый и красный свет, при условии оди-

наковой мощности потоков света в каждом диапазоне ФАР от СД, и смешанного спектра, полученного с помощью фитооблучателя с использованием ЛЛ.

**Материалы и методы.** В ходе проведения исследований были осуществлены эксперименты в световой комнате, направленные на воздействие излучением на рассаду томатов сорта Фламинго F1. Указанный сорт является гибридным и отлично себя зарекомендовал, что подтверждено его включением в Госреестр. Растение Фламинго F1 представлено кустарником, высота которого колеблется от 0,5 до 1,5 метра, а период вегетации составляет 110-115 дней.

Высадка рассады новых гибридов томата на постоянное место подразумевает определенные параметры, которые необходимо принять во внимание при выборе момента этой процедуры. Рекомендуется проводить высадку рассады в возрасте 35 дней после посева. В этом периоде рассада должна иметь 7-8 развитых листьев и достигать высоты около 30 сантиметров. Кроме того, рассада должна обладать хорошо развитой корневой системой. Важно отметить, что указанный возраст соответствует готовности рассады к зацветанию первой кистью.

Однако, для большинства других гибридов томата рекомендуется высаживание на постоянное место проводить чуть позже, а именно в возрасте 38-40 дней после посева. Это обусловлено особенностями развития данных гибридов и требуется для достижения оптимальных результатов.

Данное исследование выполнено с целью изучения воздействия двух источников облучения на рассаду. В эксперименте использовались светодиодный модуль и облучатель.

Светодиодный модуль представляет собой комплекс из трех облучателей, каждый из которых содержит светодиоды различных цветов - синего, зеленого и красного. В спектре светодиодного модуля присутствует определенное соотношение цветов - 36% синего, 29% зеленого и 35% красного. Был проведен анализ облученности рассады при использовании указанных источников.

Сначала была проведена оценка для определения облученности на плоскости размером 0,6 x 0,5 м при ее подвесе на высоте 13 см. Результаты этого исследования показали, что неравномерность облученности не превышает 15%. Таким образом, можно сделать вывод о равномерном распределении облученности в данной системе. Мощность светодиодного модуля, использованного в этом эксперименте, составляла 185 Вт.

Второй облучатель ЛСПО 4x58 объединяет две линии световых инноваций. Он включает в себя две лампы Philips Master TL-D 58/840 и две лампы OSRAM L 58/77 FLUORA. Общая электрическая мощность данного осветительного устройства составляет 213 Вт, что, несомненно, является незначимым показателем для энергоэффективных технологий.

Одной из важных характеристик светильника является соотношение цветов в его спектре. В данном случае, соотношение цветов в спектре светильника ЛСПО 4x58 составляет 34% света, относящегося к синему цвету (С), 33% света, относящегося к зеленому цвету (З), и 33% света, относящегося к красному цвету (К).

Для оценки равномерности освещения светильником ЛСПО 4x58 было проведено исследование на плоскости размером 0,8x0,3 м. Полученные данные показали, что неравномерность облученности на данной плоскости не превышает 15%.

Важным параметром светильника ЛСПО 4x58 является высота от нижней кромки люминесцентной трубки до поверхности освещения, которая составляет 27,5 см. Это значение является оптимальным для достижения требуемого уровня освещения.

Таким образом, представленные в данном исследовании характеристики светильника ЛСПО 4x58 позволяют оценить его электрическую мощность, соотношение цветов в спектре, равномерность облученности на плоскости и высоту от нижней кромки люминесцентной трубки до поверхности освещения. Эти данные могут быть полезными при выборе светильника для конкретного применения.

В таблице 1 представлено распределение оптического потока облучателей по поверхности при фиксированном уровне облученности 140 мкмоль/м<sup>2</sup>с.

В таблице 2 представлено изменение качественного состава спектра в светодиодном модуле с приближением к спектру люминесцентного светильника.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что распределение оптического потока облучателей по поверхности при фиксированном уровне облученности 140 мкмоль/м<sup>2</sup>с имеет свои особенности. Интересный факт состоит в том, что качественный состав спектра в светодиодном модуле был изменен и, как показывают данные таблицы 2, теперь ближе к спектру люминесцентного светильника. Это может быть важным для достижения оптимальных условий освещения в различных сферах деятельности, где облученность имеет значительное значение. Подобные исследования могут способствовать дальнейшему развитию эффективных и экологически чистых источников освещения.

Таблица 1 – Уровни облученности на координатной плоскости от светодиодного модуля, мкмоль/м<sup>2</sup>с

Y	X								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
80	2,32	2,98	3,41	3,75	3,50	3,80	3,85	3,38	2,36
70	5,32	7,82	8,26	9,14	7,85	8,93	9,68	9,56	6,58
60	14,18	22,62	24,74	27,03	27,57	27,01	26,00	23,14	15,69
50	33,29	60,77	61,76	61,93	69,14	61,56	58,58	55,28	33,71
40	50,52	95,06	100,09	98,78	109,04	97,28	93,05	87,11	52,99
30	61,08	112,21	115,78	117,63	130,73	115,83	113,48	103,59	63,85
20	62,50	115,43	122,55	122,59	135,54	122,69	118,68	108,02	63,64
10	64,62	122,98	125,18	125,19	140,20	126,32	121,82	111,79	65,27
0	62,54	118,43	123,57	122,60	138,36	126,18	120,98	110,60	65,36
-10	63,77	121,82	124,09	123,55	140,25	127,09	123,17	111,14	65,60
-20	63,63	117,63	122,02	121,68	136,33	121,74	120,08	111,20	65,54
-30	61,49	116,64	119,73	117,24	133,64	118,38	117,18	108,30	61,76
-40	51,78	100,48	102,79	100,48	116,30	101,48	102,31	92,05	51,16
-50	33,29	63,08	64,87	65,19	73,62	65,82	63,95	61,69	34,75
-60	13,46	21,34	23,71	25,40	28,09	27,29	26,08	24,11	15,90
-70	4,87	6,73	7,68	8,27	9,24	9,35	9,28	8,28	5,78
-80	1,98	2,36	2,61	2,99	3,26	3,47	3,23	3,11	2,32

Таблица 2 – Показатели облученности на плоскости от люминесцентного светильника, мкмоль/м<sup>2</sup>с

Y	X								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
80	14,72	22,39	30,13	35,62	37,86	35,42	28,64	21,26	12,66
70	20,53	33,21	49,87	63,77	71,60	64,07	48,28	31,23	18,36
60	27,12	45,88	68,92	93,74	107,42	93,61	68,65	41,67	24,35
50	31,46	51,33	81,46	112,37	127,18	112,07	79,75	49,95	28,46
40	36,10	55,74	89,12	121,56	137,29	120,78	86,22	54,72	31,60
30	38,43	58,94	92,17	126,00	141,64	124,94	90,78	57,65	32,89
20	39,26	61,00	94,16	127,36	143,44	126,47	92,10	59,70	34,50
10	38,98	61,10	95,21	127,82	144,11	127,41	92,12	60,63	35,66
0	38,62	66,61	98,20	130,01	144,19	128,33	92,80	60,69	40,82
-10	37,55	61,96	95,15	127,30	143,55	127,10	92,84	60,81	35,62
-20	36,78	59,34	92,61	125,28	141,51	126,45	91,86	60,72	35,69
-30	35,47	55,87	89,56	122,18	138,25	123,78	89,98	58,65	33,51
-40	34,22	52,88	85,44	117,69	132,75	118,72	85,94	55,82	33,72
-50	31,25	47,85	78,05	107,70	122,12	109,20	79,15	51,36	27,12
-60	26,25	44,48	65,32	90,58	101,78	90,81	66,89	43,66	22,37
-70	20,26	31,90	46,88	64,10	70,93	64,31	49,04	33,17	17,95
-80	15,34	21,05	29,81	37,79	39,91	38,15	31,16	22,21	14,18

Спектральные характеристики световых потоков применяемых облучателей представлены на рисунках 1 и 2.

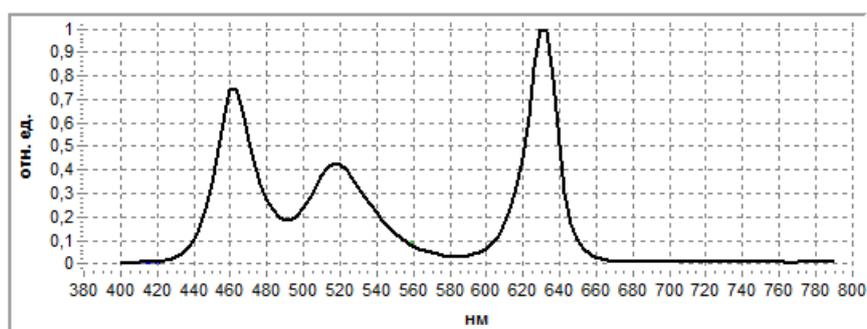


Рисунок 1 – Спектральная характеристика светового потока светодиодного модуля

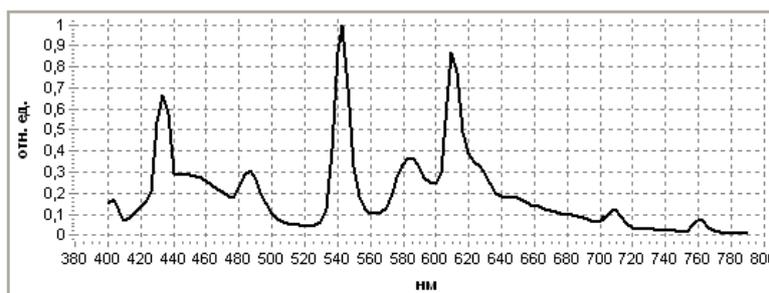


Рисунок 2 – Спектральная характеристика светового потока люминесцентного светильника

**Результаты исследования и их обсуждение.** Средняя величина нарастания стебля растения томата в течение 5-и дней под светодиодным модулем составила от 6,5 до 9,8 см с незначительным отклонением признака в пределах 4,56 ... 6,66% (табл. 3). Под люминесцентным светильником данное значение составило от 8,0 до 13,3 см (8,44 ... 8,72) соответственно. Разница в нарастании стебля между светодиодным модулем и люминесцентным светильником также имела свои отличия. Относительная ошибка среднего значения нарастания стебля для обоих типов светильников является величиной средней.

Таблица 3 – Динамика роста и развития растений томата сорта Фламинго F1 (опыт от 22.04.22)

Вариационная статистика	23.05		28.05		02.06	
	Высота растения, см	Кол-во листьев, шт/раст.	Высота растения, см	Кол-во листьев, шт/раст	Высота растения, см	Кол-во листьев, шт/раст
<b>Светодиодный модуль</b>						
Среднее арифметическое, $\bar{x} \pm S\bar{x}$	12,4±0,18	6,81±0,10	18,9±0,31	8,2±0,105	28,7±0,37	10,0±0,24
Стандартное отклонение, s	0,7	0,40	1,26	0,41	1,31	0,85
Коэффициент вариации, V, %	5,64	5,87	6,66	5,0	4,56	8,5
Относительная ошибка средней, $S\bar{x}$ , %	1,45	1,46	1,64	1,28	1,28	2,4
<b>Люминесцентный светильник</b>						
Среднее арифметическое, $\bar{x} \pm S\bar{x}$	16,1±0,35	6,53±0,13	24,1±0,48	8,1±0,13	37,4±0,84	10,13±0,19
Стандартное отклонение, s	1,36	0,51	1,86	0,51	3,26	0,74
Коэффициент вариации, V, %	8,44	7,81	7,71	6,29	8,72	7,30
Относительная ошибка средней, $S\bar{x}$ , %	2,17	1,99	1,99	1,60	2,24	1,87

По результатам проведенного исследования получена характеристика рассады томата (табл. 4).

Таблица 4 – Томат сорта Фламинго F1 характеристика рассады 41 дня (начало опыта 22.04.2022 г., конец – 04.06.2022 г.)

Показатели	Среднее арифметическое, $\bar{x} \pm S\bar{x}$	Стандартное отклонение, s	Коэффициент вариации V, %	Относительная ошибка средней, $S\bar{x}$ %
<b>Светодиодный модуль</b>				
Высота растения, см	32,21±0,43	1,43	4,43	1,33
Количество листьев, шт.	10,58±0,15	0,51	4,82	1,42
Диаметр стебля, мм	6,15±0,10	0,36	5,77	1,63
Сырая масса растения, г	35,77±1,17	3,09	8,63	3,27
Сухое вещество, %	12,03±0,13	0,26	2,16	1,08
<b>Люминесцентный светильник</b>				
Высота растения, см	40,85±0,99	3,59	8,76	2,42
Количество листьев, шт.	10,47±0,17	0,64	6,11	1,62
Диаметр стебля, мм	6,19±0,08	0,33	5,33	1,29
Сырая масса растения, г	43,97±0,52	1,73	3,93	1,18
Сухое вещество, %	10,05±0,20	0,39	3,88	1,99

В зеленой части эксперимента были применены светодиодные модули, которые имели спектр в соотношении C:3:K=36:29:35. Длины волн, используемые в эксперименте, находились в диапазонах 440-480 нм (синий), 500-540 нм (зеленый) и 620-640 нм (красный). Интенсивность освещения составляла 140 мкмоль/м<sup>2</sup>с.

Результаты эксперимента показали, что при указанных условиях, влияние на рост, развитие и накопление массы сухого вещества у томатных растений наиболее благоприятно в зеленой части спектра.

Анализ физиологического состояния растений не выявил явных отклонений. Однако наблюдается недостаток инфракрасного тепла в спектре света, который требуется растениям.

Наиболее комфортные условия для роста растений обеспечиваются фотонным потоком, где присутствует определенное соотношение цветов в спектре. В данном случае соотношение составляет 34:33:33 для синего, зеленого и красного цветов соответственно. Каждый цвет имеет свою длину волны, которая находится в определенных диапазонах. Для синего цвета это 425-435 нм, для зеленого - 535-555 нм, а для красного - 605-615 нм. Эти диапазоны длин волн поддерживают оптимальные условия, способствующие росту растений.

Результаты эксперимента показали, что рассада, выращенная под воздействием такого светильника, характеризуется мощными растениями с высоким тургором листьев и хорошо развитой корневой системой. Это связано с тем, что широкий спектральный состав оптического излучения светильника, включающий инфракрасную область спектра, способствует развитию растений. Чрезвычайно важная роль играют именно определенные диапазоны длин волн, которые находятся в спектре светильника.

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно утверждать, что фотонный поток, создаваемый особым светильником, обеспечивает оптимальные условия для растений, способствуя их здоровому и активному росту.

Создание 1 г сухого вещества с использованием светодиодных модулей и люминесцентных светильников требует расхода определенного количества энергии потока оптического излучения. Проведенный сравнительный анализ показателей удельного расхода энергии (табл. 5) показал, что при использовании данных источников света наблюдается практически одинаковое значение этого показателя, которое составляет приблизительно 0,53-0,54 МДж/г. Таким образом, различия между светодиодными модулями и люминесцентными светильниками в отношении удельного расхода энергии потока оптического излучения являются незначительными.

Таблица 5 – Показатели затрат электроэнергии на выращивание рассады

Показатели	Варианты опыта	
	светодиодный модуль	люминесцентный светильник
Сырая масса растений, г/растение	35,77	43,97
Количество растений, штук/м <sup>2</sup>	20	20
Сырая масса, г/м <sup>2</sup>	715,4	879,4
Сухое вещество, %	12,03	10,05
Выход сухого вещества, г/м <sup>2</sup>	86,06	88,37
Суммарная энергия потока излучения на получение сухого вещества, МДж/м <sup>2</sup>	46,98	46,98
Удельный расход энергии потока излучения на создание сухого вещества, МДж/г	0,55	0,53

Томаты являются одним из самых популярных культур, выращиваемых в закрытом грунте. Однако их успешное выращивание требует определенных условий, включая подходящую освещенность. Стремление к увеличению эффективности процесса выращивания томатов приводит к постоянному совершенствованию методов подсветки.

Одной из актуальных технологий является использование светодиодных модулей в качестве осветительных устройств. Они отличаются низким энергопотреблением и длительным сроком службы по сравнению с традиционными светильниками, такими как люминесцентные светильники.

Для исследования эффективности светодиодных модулей в выращивании рассады томатов был проведен эксперимент. В ходе эксперимента был измерен расход электроэнергии при использовании светодиодных модулей и люминесцентных светильников. Результаты показали, что расход электроэнергии при выращивании рассады томатов под светодиодным модулем снизился на 15% по сравнению с использованием люминесцентных светильников, и составил 86,2 кВт•ч.

Это снижение энергопотребления является важным фактором, который следует учитывать при выборе методов и оборудования для выращивания рассады томатов. Оно позволяет снизить затраты на электроэнергию и повысить экономическую эффективность процесса выращивания.

Таким образом, результаты эксперимента подтверждают эффективность использования светодиодных модулей в выращивании рассады томатов. Этот метод позволяет достичь значительного снижения расхода электроэнергии и может быть рекомендован для использования в сельском хозяйстве.

В закрытых помещениях на основе проведенных исследований можно рекомендовать использовать светодиодные модули с равноэнергетическим спектром и соотношением компонентов С:3:К=36:29:35.

**Заключение.** Результаты исследования показали, что применение светодиодного светильника на рассаде томата без естественного освещения является перспективным. Сравнивая качество рассады, которая была выращена под светодиодным модулем, и качество рассады, которая была выращена под люминесцентным светильником, установлена их сопоставимость. По результатам исследования отмечено, что энергетическая эффективность светодиодного модуля превышает эффективность люминесцентного светильника. Это отражается в снижении удельных затрат энергии на 1 г сухого вещества, которые составляют 0,53-0,54 МДж. Следовательно, можно утверждать, что светодиодный модуль обладает более высокой энергоэффективностью по сравнению с люминесцентным светильником.

Кроме того, светодиодный модуль позволил снизить расход электроэнергии на выращивание рассады томата на 15%. Таким образом, использование светодиодных модулей в сельском хозяйстве может привести к значительной экономии электроэнергии и снижению затрат на выращивание рассады.

#### Список источников

1. Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 9-13.
2. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Способ биоиндикации агроэкосистем с применением метода компьютерной морфоцветометрии // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2023. № 1 (70). С. 111-119.
3. Ракутько Е.Н., Медведев Г.В., Ракутько С.А. Применение отражательных свойств листа растения в агроэкомониторинге // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2023. № 3 (72). С. 99-107.
4. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Медведев Г.В. Разработка экспериментального фитотрона и его применение в исследованиях по энергоэкологии светокультуры // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 2. С. 40-48.
5. Устройство для морфоцветометрии листьев растений: пат. 214546 Рос. Федерация: U1 / Ракутько Е.Н., Ракутько С.А., Шаракшанэ А.С., Лермонтов С.А. - № 2022117226; заявл. 27.06.2022; опубл. 02.11.2022.
6. Устройство для выращивания растений: пат. 2784076 Рос. Федерация: C1 / Мишанов А.П., Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Маркова А.Е. - № 2022113891; заявл. 24.05.2022; опубл. 23.11.2022.
7. Мишанов А.П., Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. Цифровой светодиодный светильник с регулируемым спектром // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2022. № 1 (66). С. 125-134.
8. Ракутько С.А., Васькин А.Н., Ракутько Е.Н. Применение морфо-цветометрического анализа в биоиндикации экосистем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 445-458.
9. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А., Васькин А.Н. Методика расчета параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1 (98). С. 71-82.

#### Информация об авторах:

**А.Н. Васькин** – старший преподаватель кафедры автоматизи, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vaskin32@mail.ru.

**Е.Н. Ракутько** – научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

#### Information about the authors:

**A.N. Vas'kin** - Senior lecturer of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, vaskin32@mail.ru.

**E.N. Rakut'ko** - research associate, Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 22.03.2024, принята к публикации 27.03.2024.**

**The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 22.03.2024; accepted for publication 27.03.2024.**

© Васькин А.Н., Ракутько Е.Н.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА» публикует результаты завершенных оригинальных, теоретических и методических исследований, обзорные статьи, представляющие интерес для специалистов в различных областях сельскохозяйственной науки и практики.

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 10 страниц, включая аннотацию, литературу, таблицы, графики, рисунки и подписи под рисунками. Размер каждого рисунка и таблицы не должен превышать одной страницы формата А4. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

### СТРУКТУРА СТАТЬИ

1) УДК (в верхнем левом углу); 2) название статьи (на русском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 3) полное название учреждения и почтовый адрес (строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 4) аннотация и ключевые слова на русском языке, 5) название статьи (на английском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 6) полное название учреждения и почтовый адрес (на английском языке строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 7) аннотация и ключевые слова на английском языке; 8) статья; 9) список источников, информация об авторах (на русском и английском языках, с указанием инициалов и фамилии авторов, ученой степени, звания, места работы, e-mail).

Экспериментальная статья должна включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и их обсуждение, выводы, список источников.

Требования к составлению аннотации. Оформляется согласно ГОСТ 7.0.7-2021. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). В аннотации не повторяется название статьи. Аннотация не разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит фактографию, обоснованные выводы, рекомендации и т.п. Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение - в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов. Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Перевод аннотации на английский язык. Недопустимо использование машинного перевода. Вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: WTO-WTO, FAO-FAO и т.п.).

Библиографический список нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 для затекстовых ссылок. В библиографический список рекомендуется включать наиболее современные источники, которые не старше 5 лет от момента проведения исследования. Допускается доля самоцитирования не более 20% и цитирования работ сотрудников учреждения, где выполнена работа не более 30%.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование (экспертную оценку) и проверку информационной системой на наличие неправомерных заимствований.

Статьи (1 экземпляр в печатном виде и на электронном носителе) следует направлять по адресу 243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, ул. Советская, 2а, Брянский ГАУ, главному редактору Торикову В.Е. или E-mail: osirovaa@bgsha.com с указанием темы «статья в журнале Вестник Брянской ГСХА». Также направляется сопроводительное письмо, оформленное на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации, если предоставляемые материалы являются результатом работы, выполненной в этой организации. При отправке по E-mail представлять печатный экземпляр необязательно. Так же можно отправить по E-mail отсканированный вариант рецензии. С аспирантов плата за публикацию рукописей не взимается.