

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
Влияние систем удобрения на балансе элементов при возделывании ярового ячменя Пасечник Н.М., Никифоров В.М., Смольский Е.В., Харкевич Л.П.	3
Сорт – важнейший элемент в интенсивных технологиях возделывания яровой пшеницы Ториков В.Е., Мельникова О.В., Резунов А.А.	10
Мониторинг состояния минеральной плазмы некоторых почв пахотных земель Запада России Просьянников Е.В.	19
Борьба с вредителями на посевах ярового рапса Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилёв Н.С., Поленок А.В., Рожнов Н.И.	24
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ	
Эффективность скормливания кормосмеси с высоким уровнем энергии коровам в период раздоя Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Кубышкин А.В.	30
Гибридные линии и кроссы кроликов в технологии производства крольчатины Кривопушкин В.В., Гапонова И.Л.	35
Особенности макроморфологии цекума птицы мясного направления при коррекции рН-баланса рациона Минченко В.Н., Иванова В.Р., Романенко М.Н., Паршикова А.М., Мартынюк В.В.	40
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Обоснование режимных параметров, обеспечивающих формирование однородных металлокерамических покрытий при карбовибродуговом упрочнении Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Березина Н.А., Зайцев С.А.	45
Современные возможности и перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта на мясоперерабатывающих предприятиях Верезубова Н.А., Сакович Н.Е., Орчакова П.К.	52
Применение аддитивных технологий при изготовлении экспериментального доильного аппарата Волженцев А.В., Лихошерстов Д.И., Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Кравченко И.Н., Феськов С.А.	59
Анализ состояния безопасности труда при строительстве и ремонтах стационарных объектов АПК и пути её улучшения Шкрабак Р.В., Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Глоба В.Д., Сульженко П.П.	65
Анализ качества электрической энергии сельских распределительных сетей Брянской области Безик В.А., Шелоп М.А.	72

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT	
Effect of fertilization systems on the balance of nutrients during spring barley production N.M. Pasechnik, V.M. Nikiforov, E.V. Smolsky, L.P. Harkevich	3
Variety as a key element in intensive spring wheat cultivation technologies V.E. Torikov, O.V. Melnikova, A.A. Rezunov	10
Monitoring of the state of mineral plasma in some soils of arable lands in Western Russia E.V. Prosyannikov	19
Pest control in spring rapeseed crops V.E. Torikov, O.V. Melnikova, N.S. Shpilev, A.V. Polenok, N.I. Rozhnov	24
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE	
Efficiency of feeding high-energy feed mixture to cows during the milking period L.N. Gamko, A.G. Menyakina, A.V. Kubyshekin	30
Hybrid lines and crosses of rabbit in rabbit meat production technology V.V. Krivopushkin, I.L. Gaponova	35
Structural organization of the poultry meat workshop directions for correcting the pH balance of the diet V.N. Minchenko, V.R. Ivanova, M.N. Romanenko, A.M. Parshikova, V.V. Martynyuk	40
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Substantiation of operating parameters that ensure the formation of homogeneous metal-ceramic coatings during CVAH N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev, N.A. Berezina, S.A. Zaitsev	45
Current opportunities and prospects for implementation artificial intelligence technologies at meat processing plants N.A. Veresubova, N.E. Sakovich, P.K. Orchakova	52
Improvement of the milking machine A.V. Volzhentsev, D.I. Lihosherstov, Y.A. Kuznetsov, N.A. Berezina, I.N. Kravchenko, S.A. Fes'kov	59
Analysis of the state of occupational safety during the construction and repair of stationary agricultural facilities and ways to improve it R.V. Shkrabak, V.S. Shkrabak, E.N. Khristoforov, V.D. Globa, P.P. Sulzhenko	65
Analysis of the quality of electric energy in rural distribution networks of the Bryansk Region V.A. Bezik, M.A. Shelop	72

Главный редактор В.Е. Торикив - 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. Исачев - д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малавко - 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. Перикова - д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычёв - 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, профессор 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); 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); В.Е. Подольников - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана - д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

Редакторы:

Ю.И. Филин - 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 07.10.2026.

Дата выхода в свет 21.10.2026.

Свободная цена.

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

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

Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2026

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, Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural 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); 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); V.E. Podolnikov - 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:

Y.I. Filin - 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 - 07.10.2026.

The release date is 21.10.2026.

Free price.

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

E-mail: vestnik@bgsha.com.

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

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2026



АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
 УДК 631.86:633.16

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА БАЛАНСЕ ЭЛЕМЕНТОВ
 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

¹Наталья Михайловна Пасечник, ¹Владимир Михайлович Никифоров,

¹Евгений Владимирович Смольский, ²Людмила Петровна Харкевич

¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Россия

²Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,
 г. Новозыбков, Брянская область, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты трёхлетних исследований (2022-2024 гг.) на серой лесной среднесуглинистой почве по оценке влияния возрастающих доз минеральных удобрений (N0-180P0-180K0-180) и их сочетания с двукратной листовой подкормкой хелатным комплексом на содержание азота, фосфора и калия в зерне ярового ячменя сорта Грэйс, а также на баланс элементов питания. Установлено, что применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания макроэлементов в зерне по сравнению с контролем. Максимальное содержание азота (1,90...1,95%), фосфора (0,50...0,53%) и калия (0,55...0,61%) зафиксировано на вариантах с максимальными дозами (N180P180K180 и N180P180K180+ХК). Листовые подкормки хелатным комплексом в подавляющем большинстве случаев снижали концентрацию фосфора и калия в зерне на 0,03-0,08% и 0,03-0,06% соответственно. При этом действие листовых подкормок на накопление азота было неоднозначным. На вариантах с внесением минеральных удобрений в дозах N30-60P30-60K30-60, а также на варианте с применением хелатного комплекса по неудобренному фону, наблюдалось снижение содержания азота в зерне на 0,01-0,12%. Применением доз N90-180P90-180K90-180 увеличивало содержание азота на 0,05-0,09%, в сравнении с вариантами без подкормок. Баланс элементов питания был отрицательным на вариантах без внесения минеральных удобрений и положительным – на вариантах с их внесением. Исключением являлись варианты N30P30K30 и N30P30K30+ХК, где по азоту сохранялся дефицит. Наиболее сбалансированное питание растений отмечено на вариантах с дозами N60-90P60-90K60-90, обеспечивающими умеренно положительный баланс элементов. Проведённые исследования показали, что для оптимизации минерального питания ярового ячменя сорта Грэйс в данных почвенно-климатических условиях целесообразно применение минеральных удобрений в дозах не выше N90P90K90 в сочетании с листовыми подкормками хелатным комплексом.

Ключевые слова: система удобрения, яровой ячмень, элементный состав зерна, баланс элементов питания.

Для цитирования: Влияние систем удобрения на балансе элементов при возделывании ярового ячменя / Н.М. Пасечник, В.М. Никифоров, Е.В. Смольский и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 3-9.

Original article

**INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS ON THE BALANCE OF ELEMENTS
 WHEN CULTIVATING SPRING BARLEY**

¹Natal'ya M. Pasechnik, ¹Vladimir M. Nikiforov, ¹Yevgeny V. Smol'sky, ²Lyudmila P. Kharkevich,

¹Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

²Novozybkov AES – branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute»

Abstract. The results of three-year researches (2022-2024) on gray forest medium-loamy soil to assess the effect of increasing doses of mineral fertilizers (N0-180P0-180K0-180) and their combination with double leaf feeding with a chelate complex on the content of nitrogen, phosphorus and potassium in Grace spring barley grain, as well as on the balance of nutritional elements are presented in the article. It was found that the use of mineral fertilizers contributed to an increase in the content of macronutrients in the grain compared to the control. The maximum content of nitrogen (1.90... 1.95%), phosphorus (0.50... 0.53%) and potassium (0.55... 0.61%) was recorded on the variants with maximum doses (N180P180K180 and N180P180K180+Chelate complex). Leaf feeding with Chelate complex in the overwhelming majority of

cases reduced the concentration of phosphorus and potassium in the grain by 0.03-0.08% and 0.03-0.06%, respectively. At the same time, the effect of leaf feeding on the accumulation of nitrogen was ambiguous. In the variants with application of mineral fertilizers in doses N30-60P30-60K30-60, as well as in the variant with the use of a Chelate complex in an uncomfortable background, a decrease in the nitrogen content in the grain by 0.01-0.12% was observed. Using doses of N90-180P90-180K90-180 increased the nitrogen content by 0.05-0.09% compared to variants without feeding. The balance of nutrients was negative on options without the introduction of mineral fertilizers and positive on options with their introduction. The exceptions were N30P30K30 and N30P30K30+Chelate complex, which remained deficient in nitrogen. The most balanced plant nutrition was noted in the variants with doses of N60-90P60-90K60-90, which provide a moderately positive balance of elements. Studies have shown that in order to optimize the mineral nutrition of Grace spring barley in these soil and climatic conditions, it is advisable to use mineral fertilizers in doses not higher than N90P90K90 in combination with leaf fertilizers with a Chelate complex.

Keywords: fertilizer system, spring barley, grain elemental composition, balance of food elements.

For citation. Influence of fertilizer systems on the balance of elements when cultivating spring barley / N.M. Pasechnik, V.M. Nikiforov, E.V. Smolsky, et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. №5 (117). Pp. 3-9.

Введение. Каждый сорт имеет свои характерные особенности и предъявляет определенные требования к условиям произрастания. В многочисленных литературных источниках отражена особенность сортов в неодинаковой мере поглощать и использовать питательные вещества из почвы и удобрений в различных почвенно-климатических условиях [3, 8].

При изучении влияния возрастающих доз минерального удобрения (0...20...40...60 кг д.в./га) на урожайность и качество зерна ярового ячменя сорта Камышевский в длительном стационаре Ульяновского ГАУ установлено, что увеличение доз минеральных удобрений способствует повышению содержания питательных элементов в зерне ячменя. Так, на контроле (без удобрения) содержание азота в зерне составило 1,64%, фосфора 0,77%, калия 0,49%. При внесении дозы N20P20K20 значения соответствующих показателей увеличились до 1,69...0,78...0,50%; N40P40K40 – до 1,77...0,83...0,54%; N60P60K60 – до 1,84...0,96...0,62% [5].

Другими учёными, проводившими исследования на этом же сорте ярового ячменя, в условиях дерново-подзолистых почв Удмуртской Республики, установлено, что с увеличением расчётных доз удобрений под планируемую урожайность с 3,0 до 5,0 т/га, содержание макроэлементов в зерне повышается. Так, концентрация азота в зерне увеличивалась на 0,16-0,24%, фосфора – на 0,13-0,23%, калия – на 0,08-0,18%, в сравнении с контролем (без удобрений). Выявлено, что прирост общехозяйственного выноса различается по элементам питания: наибольший отмечен для азота (34,7-60,6 кг/га), далее следует фосфор (24,9-41,9 кг/га) и калий (23,4-39,6 кг/га). В то же время нормативный вынос на тонну продукции варьируется в следующих пределах: азот – 27,5–32,2 кг, фосфор – 16,8-20,9 кг, калий – 17,5-21,3 кг [6].

В ходе исследования по изучению изменения баланса элементов питания при возделывании сортов ярового ячменя Владимир, Надёжный и Яромир проведённого в условиях южной части Центрального Нечерноземья на серой лесной тяжелосуглинистой почве выявлено, что применение минерального удобрения в возрастающих дозах N30-90P30-90K30-90 обуславливает положительный или бездефицитный баланс азота, фосфора и калия. Применения минерального удобрения повышает содержание азота до 0,203-0,210 % (в контрольном варианте 0,195 %), снижает содержание калия и фосфора соответственно до 136,0-147,1 и 221,5-229,4 мг/кг почвы (в контрольном варианте – 164,9 и 233,4 мг/кг) [2].

Результаты длительного полевого эксперимента на окультуренных дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья установили существенное значение включение микроудобрений в состав систем удобрения на основе минерального и органоминерального удобрения, которые обеспечивают повышения потребления питательных элементов культурой ярового ячменя, что выражается в увеличении на 35-40 % коэффициентов использования азота, фосфора и калия [1, 10].

Несмотря на обширную научную базу по вопросам применения удобрения в посевах ярового ячменя, остаётся актуальной задача разработки дифференцированных систем питания – с учётом сортовых особенностей культуры и конкретных почвенно-климатических условий. Целенаправленные

исследования применительно к сорту Грэйс позволят добиться не только роста урожайности и улучшения качественных показателей зерна, но и максимальной экономической эффективности возделывания культуры за счёт оптимизации затрат на удобрения [9].

Цель исследования – определить влияние различных систем удобрения на вынос элементов питания с основной продукцией сортом ярового ячменя Грэйс и показать баланс питательных элементов при возрастающих дозах минеральных удобрений и их сочетания с двукратной листовой подкормкой хелатным комплексом.

Материалы и методы. Место организации полевых исследований – опытное поле ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, время проведения – 2022-2024 годы, почвенный покров поля представлен серой лесной почвой среднесуглинистой по гранулометрическому составу. Агрохимические свойства пахотного горизонта: обменная кислотность – 5,5-5,7 ед., содержание гумуса – 2,58-3,69 % (по Тюрину), подвижного фосфора и калия соответственно 285-342 и 178-194 мг/кг почвы (по Кирсанову).

Погодные условия вегетационного периода годов исследования: 2023 год средняя температура воздуха 17,0 °С и количество осадков 307 мм, 2022 год – 16,0 °С и 500 мм, а 2024 год – 18,7 °С и 250 мм.

Объект исследования – среднеспелый сорт ярового ячменя Грэйс. Предшественник – картофель. Посев ярового ячменя проводили в первой декаде мая с нормой высева 5,0 млн. всхлжих семян на 1 га.

Изучали 12 вариантов, включающих контроль (без удобрения), варианты с внесением возрастающих доз минерального удобрения (N30P30K30, N60P60K60, N90P90K90, N120P120K120, N180P180K180) и их сочетание с двукратной листовой подкормкой «Хелатным комплексом» (ХК) в фазы кущения и выхода в трубку (по 3,0 л/га). Основное минеральное удобрение вносили под предпосевную культивацию. В качестве источника минерального питания использовали диаммофоску (N10P26K26) и аммиачную селитру (N34,4). Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Показатель Вариант	Основное удобрение, кг ф.м./га		Листовая подкормка хелатным комплексом, л/га
	диаммофоска (N10P26K26)	аммиачная селитра (N34,4)	
N0P0K0 (контроль)	не вносили	не вносили	не применяли
N0P0K0+ХК	не вносили	не вносили	3,0+3,0
N30P30K30	115,4	53,7	не применяли
N30P30K30+ХК	115,4	53,7	3,0+3,0
N60P60K60	230,8	107,3	не применяли
N60P60K60+ХК	230,8	107,3	3,0+3,0
N90P90K90	346,2	161,0	не применяли
N90P90K90+ХК	346,2	161,0	3,0+3,0
N120P120K120	461,5	214,7	не применяли
N120P120K120+ХК	461,5	214,7	3,0+3,0
N180P180K180	692,3	322,0	не применяли
N180P180K180+ХК	692,3	322,0	3,0+3,0

В ходе полевого эксперимента использовали хелатный комплекс макро- и микроудобрение, хелатирующее вещество – янтарная кислота, которая выступает ещё как агента стимулирующий энергетический обмен в растениях и способствует активному развитию корневой системы, хелатный комплекс обладает высокой биодоступностью макро и микро элементов питания. «Хелатный комплекс» разработан на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ, элементный состав представлен основными макроэлементами (азот (амидная форма) 82 г/л, подвижный фосфор и калий 82 г/л) и микроэлементами (сера 30 г/л, магний 19 г/л, марганец 0,5 г/л, медь 0,24 г/л, цинк 0,17 г/л, бор 0,13 г/л, молибден 0,06 г/л и кобальт 0,03 г/л).

Средства химизации посевов ярового ячменя включали борьбу с болезнями, вредителями, сорняками и полеганием. Перед посевом семена обрабатывали фунгицидом и инсектицидом Оплот Трио, ВСК (0,5 л/т) + Табу Нео, СК (0,5 л/т). В фазу кущения баковой смесью гербицидов Балерина, СЭ (0,3 л/га) + Ластик Экстра, КЭ (0,8 л/га), инсектицид Борей Нео, СК (0,1 л/га), фунгицид Кредо, СК (0,5 л/га) и поверхностно-активного вещества Оксанол Агро, Ж (0,1 л/га). В фазу выхода в трубку

- инсектицид Борей Нео, СК (0,1 л/га), фунгицид Колосаль Про, КМЭ (0,3 л/га), регулятора роста Рэгги, ВК (1,0 л/га) и поверхностно-активного вещества Оксанол Агро, Ж (0,1 л/га). В фазу колошения - инсектицид Борей Нео, СК (0,1 л/га), фунгицид Колосаль Про, КМЭ (0,3 л/га) и поверхностно-активного вещества Оксанол Агро, Ж (0,1 л/га).

Площадь под опытом – 450 м², опытной деланки – 37,5 м², учётной – 25 м². Повторность трёхкратная, размещение деланок – систематическое.

Содержание азота, фосфора и калия в воздушно-сухой массе растительных образцов определяли в лаборатории Центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского государственного аграрного университета в строгом соответствии с утверждёнными государственными стандартами (ГОСТ 30504-97, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 13496.4-93).

Расчёт баланса основных элементов питания определяли, как разницу между количеством поступивших минеральных элементов (с учётом внесения удобрений, пересчитанных на элемент) и величиной их выноса с основной продукцией сельскохозяйственных культур, методика расчёта базировалась на общепринятых подходах [7]. При этом для корректного перевода массы оксидов минеральных удобрений в массу соответствующего элемента использовали установленный коэффициент пересчёта, что обеспечило точность итоговых показателей. Солому в расчёты не включали, поскольку она использовалась в качестве органического удобрения под последующую культуру в севообороте. Статистическую обработку полученных результатов проводили по методике Б.А. Доспехова [4].

Результаты исследования. В таблице 2 представлены средние за три года данные о содержании азота, фосфора и калия в воздушно-сухой массе зерна ярового ячменя по вариантам применения различных систем удобрения. При этом необходимо отметить, что изменчивость показателя содержания азота в зерне по годам исследования была незначительной, не зависела от варианта системы удобрения, коэффициент вариации (V,%) был ниже 10%. Изменчивость показателя содержания фосфора в зерне зависела от варианта применения системы удобрения и колебалась от незначительной до значительной. Изменчивость показателя содержания калия в зерне зависела от варианта применения системы удобрения, и колебалась от незначительной до средней.

Таблица 2 – Содержание макроэлементов в зерне ярового ячменя (среднее за 2022-2024 гг.), %, на воздушно-сухую массу

Вариант	Азот	V, %	Фосфор	V, %	Калий	V, %
N0P0K0 (контроль)	1,35	1,1	0,44	11,13	0,46	2,17
N0P0K0+ХК	1,34	3,7	0,39	16,63	0,44	1,30
N30P30K30	1,50	1,4	0,45	13,88	0,48	8,36
N30P30K30+ХК	1,45	2,8	0,39	21,91	0,43	10,14
N60P60K60	1,73	3,3	0,49	10,00	0,51	4,11
N60P60K60+ХК	1,61	2,5	0,41	22,87	0,46	4,98
N90P90K90	1,80	4,2	0,47	18,46	0,54	9,56
N90P90K90+ХК	1,89	2,7	0,47	23,27	0,50	10,94
N120P120K120	1,83	5,9	0,51	10,19	0,58	12,40
N120P120K120+ХК	1,91	3,0	0,47	15,80	0,54	9,56
N180P180K180	1,90	4,0	0,53	6,80	0,61	13,82
N180P180K180+ХК	1,95	2,1	0,50	7,62	0,55	13,07
HCP ₀₅	0,09	—	0,05	—	0,05	—

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует о прямой зависимости между дозами применения минерального удобрения и уровнем накопления азота в зерне, чем выше доза, тем больше содержание элемента в урожае в сравнении с контрольным вариантом. Так, в варианте без применения минерального удобрения значение содержания азота находится на уровне 1,35 %, внесение дозы N30P30K30 достоверно повышало этот показатель до 1,50%, дозы N60P60K60 – до 1,73%, N90P90K90 – до 1,80%, N120P120K120 – до 1,83%. Максимальное содержание азота в зерне на вариантах без листовых подкормок зафиксировано при внесении дозы N180P180K180 (1,90%).

Экспериментальные данные показали, что использование листовой подкормки хелатным комплексом при применении минерального удобрения в диапазоне доз N90P90K90 – N180P180K180 обеспечивает лишь умеренное увеличение содержания азота в зерне, прирост составил 0,05-0,09 % в сравнении с вариантом без применения подкормок, а итоговые значения достигли 1,89-1,95 %. На вариантах с низкими дозами минеральных удобрений положительное влияние хелатного комплекса на накопление азота в зерне проявлялось в меньшей степени (N30P30K30 и N60P60K60) и варианте с использованием листовой подкормки по неудобренному фону (N0P0K0 + ХК), листовая подкормка приводила к снижению накопления азота в зерне. Содержание азота снижалось от 1,35 до 1,34% (вариант N0P0K0 + ХК), от 1,50 до 1,45% (вариант N30P30K30 + ХК) и от 1,73 до 1,61% (вариант N60P60K60 + ХК). На вариантах N0P0K0 + ХК и N30P30K30 + ХК выявили не существенное на 0,01% и 0,05% снижение содержания азота, в варианте N60P60K60 + ХК существенное – на 0,12%.

В зерне ярового ячменя содержание фосфора варьировало от 0,39% (варианты N0P0K0+ХК и N30P30K30+ХК) до 0,53% (вариант N180P180K180). На контрольном варианте оно составило 0,44%. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений повышало его концентрацию до 0,45-0,53%. При этом на вариантах N30P30K30 и N90P90K90 повышение содержания фосфора было несущественным (на 0,01 и 0,03%). На варианте N60P60K60 – в пределах ошибки опыта (0,05%), на вариантах N120P120K120 и N180P180K180 – существенным (на 0,07 и 0,09%).

Применение двукратной листовой подкормки хелатным комплексом на всех изученных вариантах опыта, кроме N90P90K90, снижало содержание фосфора в зерне на 0,03 (вариант N180P180K180+ХК)-0,08% (N60P60K60+ХК). Достоверное снижение его содержания от действия листовых подкормок зафиксировано на вариантах N30P30K30+ХК и N60P60K60+ХК. На вариантах N90P90K90 и N90P90K90+ХК концентрация фосфора в зерне была одинаковой и составила 0,47%.

По калию наблюдалась аналогичная тенденция, как по азоту и фосфору. Наибольшее накопление калия в зерне (0,61%) зафиксировано на варианте с максимальной дозой удобрения (N180P180K180), на контроле – минимум (0,46%). При этом подкормки хелатным комплексом на всех вариантах опыта приводили к снижению концентрации калия в зерне от уровня 0,46-0,61% до 0,43-0,55%. Разница составила от 0,03% (N30P30K30) до 0,06% (N180P180K180).

Баланс элементов питания при возделывании ярового ячменя сорта Грэйс представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Баланс элементов питания при возделывании ярового ячменя

Вариант	Поступление, кг/га			Вынос, кг/га			Баланс, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
N0P0K0 (контроль)	0,0	0,0	0,0	26,7	8,7	9,1	-26,7	-8,7	-9,1
N0P0K0+ХК	0,0	0,0	0,0	28,5	8,3	9,4	-28,5	-8,3	-9,4
N30P30K30	30,0	13,1	25,0	39,2	11,7	12,5	-9,2	1,4	12,5
N30P30K30+ХК	30,0	13,1	25,0	39,9	10,7	11,8	-9,9	2,4	13,2
N60P60K60	60,0	26,2	50,0	53,1	15,0	15,7	6,9	11,2	34,3
N60P60K60+ХК	60,0	26,2	50,0	53,5	13,6	15,3	6,5	12,6	34,7
N90P90K90	90,0	39,3	75,0	62,5	16,3	18,7	27,5	23,0	56,3
N90P90K90+ХК	90,0	39,3	75,0	70,1	17,4	18,6	19,9	21,9	56,5
N120P120K120	120,0	52,4	100,0	69,7	19,4	22,1	50,3	33,0	77,9
N120P120K120+ХК	120,0	52,4	100,0	78,7	19,4	22,2	41,3	33,0	77,8
N180P180K180	180,0	78,6	150,0	75,2	21,0	24,2	104,8	57,6	125,8
N180P180K180+ХК	180,0	78,6	150,0	85,6	22,0	24,1	94,4	56,7	125,9

На контрольном варианте и варианте применения двукратной листовой подкормки «Хелатным комплексом» баланс азота, фосфора и калия закономерно был отрицательным. Поскольку поступление макроэлементов с минеральными удобрениями на данных вариантах отсутствовало, растения потребляли питательные вещества, содержащиеся в почве, вынос с урожаем составил: азота 26,7...28,5 кг/га, фосфора 8,3...8,7 кг/га, калия 9,1...9,4 кг/га.

На вариантах N30P30K30 и N30P30K30 + ХК баланс азота оставался отрицательным (-9,2...-9,9 кг/га), в то время как по фосфору и калию стал положительным +1,4...+2,4 кг/га и +12,5...+13,2 кг/га

соответственно. Это указывает на то, что внесение 30 кг д.в. азота недостаточно для компенсации его выноса с урожаем зерна ячменя в конкретных почвенно-климатических условиях.

Положительный баланс по азоту (+6,5...+6,9 т/га) сформировался, начиная с вариантов с внесением доз минеральных удобрений и их сочетания с листовыми подкормками N60P60K60, достигая максимального избыточного уровня на вариантах N180P180K180+ХК и N180P180K180 (+94,4...+104,8 кг/га). Избыточное поступление азота по сравнению с выносом создаёт потенциальную экологическую нагрузку на окружающую среду, связанную с вымыванием нитратов и попаданием их в водоёмы и грунтовые воды.

Баланс фосфора был отрицательным только на вариантах без внесения основного удобрения (N0P0K0 и N0P0K0+ХК), на всех вариантах с внесением минеральных удобрений отмечен положительный баланс. Начиная с вариантов N30P30K30 и N30P30K30 + ХК, где баланс элемента питания составил +1,4...+2,4 кг/га, заканчивая вариантами N180P180K180 и N180P180K180 + ХК, где он достиг максимальных показателей +56,7...+57,6 кг/га.

Анализ баланса калия установил явную зависимость его от уровня минерального питания. Отрицательный баланс (-9,1...-9,4 кг/га) наблюдался только на контрольном варианте и варианте применения «Хелатного комплекса» (N0P0K0 и N0P0K0 + ХК). Применение минерального удобрения обеспечивало положительный от +12,5 до +125,9 кг/га баланс калия, что свидетельствует об эффективности применяемых систем удобрения.

Дополнительно установлено, что использование листовых подкормок хелатным комплексом в сочетании с возрастающими дозами минерального удобрения приводило к увеличению выноса питательных элементов с основной продукцией. Данный эффект напрямую связан с повышением урожайности культуры под влиянием комплексной системы питания. Однако при этом, в ряде случаев наблюдалось снижение положительного баланса (особенно по азоту) по сравнению с вариантами без подкормки, что свидетельствует о более эффективном использовании элементов питания растениями на этих вариантах и подтверждает роль хелатного комплекса в активации поглощения питательных элементов. Так, положительный баланс азота от действия хелатного комплекса снижался от 0,4 кг/га при использовании дозы N60P60K60 до 10,4 кг/га при использовании дозы N180P180K180. По фосфору снижение баланса зафиксировано на вариантах N90P90K90 (на 1,1 кг/га) и N180P180K180 (на 0,9 кг/га).

Заключение. Анализ баланса азота выявил чёткую зависимость его динамики от уровня минерального питания. Установлено, что дозы удобрений N30P30K30 и ниже не компенсируют вынос элемента с урожаем зерна, что приводит к отрицательному балансу, в результате растения вынуждены восполнять дефицит за счёт мобилизации почвенного азота, что со временем ведёт к истощению его запасов. В то же время применение удобрений в дозах N120P120K120 и выше обеспечивает положительный баланс азота, что не только покрывает текущие потребности культуры в элементе, но и создаёт условия для постепенного накопления доступных форм азота в почве, повышая её плодородие в долгосрочной перспективе, но увеличивает потенциальную экологическую нагрузку на окружающую среду.

При внесении доз минеральных удобрений N60P60K60 и N90P90K90, а также их сочетания с листовыми подкормками, наблюдается положительный баланс макроэлементов: по азоту +6,5...+6,9 и +19,9...+27,5 кг/га; по фосфору +11,2...+12,6 и +21,9...23,0 кг/га, по калию +34,3...+34,7 и +56,3...+56,5 кг/га соответственно. Эти варианты минерального питания наиболее в данных почвенно-климатических условиях определяют наилучший баланс элементов питания при возделывании ярового ячменя сорта Грэйс.

Список источников

1. Алиев А.М., Старостина Е.Н., Ивашенков Г.А. Влияние комплексного применения средств химизации на баланс питательных элементов в условиях Центрального Нечерноземья // Плодородие. 2022. № 6. С. 52-54.
2. Артюхова О.А., Гладышева О.В., Свирина В.А. Вынос питательных элементов урожаем ярового ячменя в зависимости от уровня минерального питания // Плодородие. 2021. № 4. С. 6-10.

3. Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Центрального региона России / Н.В. Войтович, П.М. Политыко, А.В. Осипова и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 2. С. 3-8.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 358 с.
5. Захаров Н.Г., Хайртдинова Н.А. Использование минеральных удобрений в технологии возделывания ячменя сорта Камашевский на черноземе выщелоченном в условиях Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 64-69.
6. Влияние доз минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность, химический состав и вынос элементов питания с урожаем ярового ячменя Камашевский / Ч.М. Исламова, И.Н. Хохряков, И.Ш. Фатыхов, Е.В. Корепанова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 18-25.
7. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. М., 2017. 854 с.
8. Минченко Ж.Н., Лазарев В.И. Эффективность применения удобрений с микроэлементами в посевах ярового ячменя в условиях Курской области // Агрохимия. 2023. № 8. С. 29-37.
9. Перспективы применения полифункциональных хелатных комплексов для формирования высоких урожаев пивоваренного ячменя / В.М. Никифоров, А.Л. Силаев, Г.В. Чекин и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 6. С. 8-14.
10. Шаfran С.А. Вклад минеральных удобрений в формирование урожайности полевых культур. Сообщ. 1. Азотные удобрения // Агрохимия. 2021. № 7. С. 27-35.

Информация об авторах:

Н.М. Пасечник – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, hataxa_pas@mail.ru

В.М. Никифоров – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vovan240783@yandex.ru

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. e-mail: sev_84@mail.ru

Л.П. Харкевич – доктор сельскохозяйственных наук, научный сотрудник Новозыбковской СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса».

Information about the authors:

N.M. Pasechnik – postgraduate student at the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, hataxa_pas@mail.ru

V.M. Nikiforov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, vovan240783@yandex.ru

Ye.V. Smol'sky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Bryansk State Agrarian University. e-mail: sev_84@mail.ru

L.P. Harkevich – Doctor of Agricultural Sciences, researcher at the Novozybkovsky Agricultural Research Center, a branch of the V.R. Williams Scientific Research Center.

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 27.04.2026, одобрена после рецензирования 21.05.2026, принята к публикации 10.09.2026.

The article was submitted 27.04.2026, approved after reviewing 21.05.2026; accepted for publication 10.09.2026.

© Пасечник Н.М., Никифоров В.М., Смольский Е.В., Харкевич Л.П.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 633.11"321"

СОРТ – ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ В ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Владимир Ефимович Ториков, Ольга Владимировна Мельникова,
Андрей Александрович Резунов
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Потенциальная продуктивность и адаптивность сорта играют важную роль для повышения устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания. В связи с этим, нами была проведена оценка адаптивного потенциала изучаемых сортов исходя из уровня их биологической урожайности. Из проведенных расчетов видно, что сорта Токката, КВС Аквилон, КВС Сансет, КВС Торридон, Корнетто, Флоренс и Ясмунд с коэффициентом адаптивности свыше единицы - $K_a = 1,0$, следует отнести в группу высокоинтенсивных. Они могут стабильно обеспечивать высокую запрограммированную урожайность зерна на уровне 8 т/га. Сорта - Ладья, Эврика и Марфа по показателю «адаптивность» близки между собой и их следует отнести в группу интенсивных. В зависимости от уровня минерального питания и в годы с высокой влагообеспеченностью, период вегетации у многих сортов удлиняется на 12-15 суток. В этом случае масса 1000 зерен возрастала на 10-15 г, а урожайность достигала в условиях черноземных почв Курской области от 7,34 т/га (сорт Ликамеро) до 9,52 т/га (сорт Токката) и 9,72 т/га (сорт Ясмунд). На высоком фоне минерального питания N150P120K120 в условиях хорошо окультуренной серой лесной почвы опытного поля Брянского ГАУ по предшественнику картофель сорт Токката в среднем за три года обеспечил урожайность 10,98 т/га, Ясмунд и КВС Аквилон – 9,09 и 9,05 т/га. Все остальные сорта обеспечили запрограммированную урожайность зерна на уровне 8 т/га. Заблаговременное моделирование структуры посева и уровня программирования урожайности обеспечит значительное снижение материальных затрат на средства защиты растений и посевного материала от вредных фитопатогенов, которые весьма значительны в практике современного растениеводства.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, продуктивный и адаптивный потенциал, программирование урожайности.

Для цитирования: Ториков В.Е., Мельникова О.В., Резунов А.А. Сорт – важнейший элемент в интенсивных технологиях возделывания яровой пшеницы // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 10-18.

Original article

VARIETY AS A KEY ELEMENT IN INTENSIVE SPRING WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGIES

Vladimir E. Torikov, Ol'ga V. Mel'nikova, Andrey A. Rezunov
Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk Region, Russia

Abstract. The potential productivity and adaptability of a variety play an important role in increasing its resistance to unfavourable growing conditions. In this regard, we assessed the adaptive potential of the studied varieties based on their biological grain yields. The calculations showed that the varieties Toccata, KWS Aquilon, KWS Sunset, KWS Torridon, Cornetto, Florence, and Yasmund, with an adaptability coefficient exceeding 1.0, should be classified as highly intensive varieties. These varieties are capable of consistently achieving a high target grain yields of 8 t/ha. The varieties Lad'ya, Evrika, and Marfa demonstrated similar adaptability indices and should be classified as intensive varieties. Depending on the level of mineral nutrition, the growing season of many varieties is extended by 12–15 days in years with abundant moisture supply. Under these conditions, the thousand-kernel weight increased by 10–15 g, while grain yields ranged from 7.34 t/ha for the Licamero variety to 9.52 t/ha for Toccata and 9.72 t/ha for Yasmus on the black soils of the Kursk region. Under a high mineral fertilization rate of N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀, on well-cultivated gray forest soil at the experimental field of Bryansk State Agrarian University, with potatoes as the preceding crop, the Toccata variety achieved an average grain yields of 10.98 t/ha over three years, while Yasmund and KWS Aquilon - 9.09 and 9.05 t/ha, respectively. All other varieties achieved the target grain yields of 8 t/ha. Advance modeling of crop stand structure and target yields levels will significantly reduce the material costs for the means of protecting crops and seed material against harmful phytopathogens, which that are quite significant in modern crop production.

Keywords: *spring wheat, variety, productive and adaptive potential, yields programming.*

For citation. *Torikov V.Ye., Mel'nikova O.V., Rezunov A.A. Variety as a key element in intensive spring wheat cultivation technologies // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 5 (117). pp. 10-18.*

Введение. Один из главных факторов успеха яровой пшеницы заключается в её приспособленности к различным условиям климата и почвы. Поэтому изучение продуктивного и адаптивного потенциала современных сортов яровой пшеницы является **актуальной задачей**.

В условиях Центрального Нечерноземья при достаточной влагообеспеченности одной из главных особенностей этой культуры является её высокая продуктивность. Она обладает хорошими агротехническими свойствами и может давать более 80 центнеров урожая с гектара поля при правильном уходе за ней [1,2].

Для достижения высокой урожайности и качества продукции необходимо внедрять новые современные сорта интенсивного типа и опираться на уровень агротехники. При правильном использовании минеральных удобрений и выборе высокопродуктивных сортов возможно повышение урожайности зерна пшеницы. Среди различных методов производства, использование лучших сортов играет важную роль в повышении производительности и качества продукции. Различные хозяйственные условия могут привести к разным результатам при использовании одних и тех же видов растений.

Цель исследований - оценить биологическую урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы в условиях возделывания на юго-западе Центрального региона России.

Для реализации поставленной цели были организованы полевой и лабораторный эксперименты, полученные экспериментальные данные интерпретированы, даны выводы и рекомендации производству.

Научная новизна заключается в том, что впервые был изучен продуктивный и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы нового поколения отечественной и зарубежной селекции, возделываемые на серой лесной почве юго-запада Центрального региона России.

Научно-исследовательская работа имеет **теоретическую и практическую значимость**, результаты исследований могут быть использованы в СХП Брянской области, возделывающих различные сорта яровой пшеницы.

Одним из основных требований, предъявляемым к современным сортам, является устойчивость к таким факторам среды, которые определяют формирование урожайности. Этот вопрос встает остро в тех районах, где чаще всего наблюдаются неблагоприятные климатические условия. В связи с этим знания в области экологической пластичности и адаптации к конкретным условиям являются весьма актуальными [2].

В настоящее время сельскохозяйственным товаропроизводителям предоставлен широкий выбор новых и перспективных сортов яровой пшеницы для получения качественной продукции. И только тщательное соблюдение всех элементов технологии возделывания с обязательным учетом почвенно-климатических особенностей и экономических возможностей хозяйства позволит в полной мере реализовать их высокий потенциал продуктивности [3].

В связи с этим, для получения стабильных и высоких сборов высококачественного зерна необходимо знать реакцию сортов на конкретные почвенно-климатические условия выращивания.

Под понятие «экологическая пластичность» понимается способность сорта приспособиться к почвенно-климатическим условиям. Под пластичностью [4,5] понимали положительный отклик растений на улучшение условия выращивания. Российские ученые В.Н. Мамонтова (Мамонтова В.Н. Селекция и семеноводство яровой пшеницы / В.Н. Мамонтова. Москва: Издательство Колос, 1980. 286 с.), В.З. Пакудин и Л.М. Лопатина (Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. 1984. №4. С.109-113) под пластичностью понимали возможность формирования достаточно высокой продуктивности вне зависимости от условий произрастания, а также способность растений давать отклик на улучшение условий. В целом же под этим термином можно понимать приспособление к условиям внешней среды.

Академик А.А. Жученко (Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (экологические основы) / А.А. Жученко. Москва: Издательство РУДН, 2001. Т.1. 780 с.) указывал, что одной из основных задач селекции является сочетание высокой продуктивности и качества урожая с устойчивостью действия стрессовых факторов.

Ряд ученых считают, что адаптивность необходимо рассматривать также и с позиции стабильности [6,7].

Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секатуева отмечали, что основным при рассмотрении вопроса пластичности и стабильности является наличие у различных организмов автономности от условий среды, в которой они находятся, а также наличие наследуемых регуляторных систем [8].

Устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды – один из важнейших факторов экологической приспособленности сорта. Зачастую на урожайность большее влияние оказывает контрастность условий, чем зональные или территориальные особенности [9]. По мнению А.В. Алабушева: «Чем выше потенциальная продуктивность сортов, тем менее благоприятны почвенно-климатические условия, тем меньше их различия по величине лимитирующих факторов» (Алабушев А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. №2(6). С.47-51).

Академиком А.А. Гончаренко [3,10], ведущим селекционером Московского НИИСХ «Немчиновка», при сравнительном изучении новых и старых сортов зерновых культур по степени экологического варьирования, фенотипической стабильности и экологической пластичности признака урожайности, установлено, что у большинства культур, за исключением ржи, у новых сортов более высокая вариабельность урожайности, чем у старых. У сортов, обладающих высоким потенциалом урожайности, доля влияния генотипа сорта на варьирование урожайности снижается, а доля варьирования, обусловленная экологическими факторами, возрастает. Исследованиями ученого доказано, что экологическая устойчивость сорта снижается с ростом его потенциальной продуктивности и повысить ее методами селекции не удастся. По его мнению, селекция, направленная на адаптивность к контрастным погодным условиям, должна стать основным приоритетом.

Сортовая политика на современном этапе ее развития предусматривает использование сортов, которые различаются адаптационными и продуктивными свойствами, зерновыми качествами, а также резистентностью к заболеваниям. Использование таких сортов позволяет добиться устойчивого роста валового сбора зерна, а также способствует улучшению экологического и экономического состояния агропромышленного комплекса в целом.

А.А. Жученко отмечал, что сорт, у которого высокая средняя урожайность проявляется только в благоприятных условиях возделывания, является хуже, чем тот сорт, который адаптирован к неблагоприятным условиям.

Наши исследования показывают, что если у сортов одинаковая урожайность, преимущество за тем сортом, у которого максимальная экологическая приспособленность [11].

Условия, методика и объекты проведения исследования. Исследования проводили в 2022-2024 гг. в условиях многолетнего стационара Брянского ГАУ на серой лесной среднесуглинистой почве (гумус – 3,4 %, P_2O_5 – 28,3 мг/кг почвы, K_2O -17,6 мг/кг почвы, pH_{KCl} -5,8).

Объектами исследований являлись современные сорта яровой пшеницы как отечественной, так и выведенные совместно с зарубежными селекционерами: Ладья-st (взят за стандарт), Эврика, Марфа, Дарья, Сударыня, Канюк, КВС Аквилон, КВС Сансет, КВС Торридон, Токката, Ясмунд, Корнетто, Тризо, Флоренс, Ликамеро, Каликсо, Юбилейная 60, Одета.

В ходе исследования были изучены основные сорта яровой пшеницы, среди которых выделялись сорта, имеющие высокую устойчивость к засухе и заболеваниям, а также пригодные для использования в пищевом производстве.

Данные сорта, включены в Госреестр РФ и являются перспективными для дальнейших исследований и использования в агропромышленном комплексе. (Официальный сайт ФГБУ Госсорткомиссии).

Особенности технологии возделывания и схема полевого опыта. Посев пшеницы проводили в ранние сроки при наступлении физической спелости почвы сеялкой СН-16 рядовым способом, глубина заделки семян – 4–5 см. Норму высева семян – 5,0 млн. всхожих семян на 1 га. Предшественник в опыте – картофель.

Технология возделывания яровой пшеницы включала внесение минеральных удобрений из расчета N150P120K120 на программный уровень урожайности – 8,0 т/га. Под предпосевную культивацию вносили азофоску (16:16:16) в норме N120P120K120. Азотную подкормку посевов проводили аммиачной селитрой в дозе N30 в начале фазы выхода в трубку. Уход за посевами пшеницы включал в себя защиту посевов от сорняков, вредителей и болезней. В опыте применяли средства защиты растений: протравитель семян Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК (0,6 + 0,6 л/т); фаза кущения – фунгицид Азорро, КС (1,0 л/га) + инсектицид Карачар, КЭ (0,15 л/га), фаза кущения - гербицид Овсюген Супер, КЭ (0,4 л/га), конец кущения - фунгицид ТитулДуо, ККР (0,3 л/га) + инсектицид Эсперо, КС (0,1 л/га), ретардант ХЭФК, ВР (0,5 л/га).

Устойчивость сортов к полеганию оценивали в полевых условиях по пятибалльной шкале.

Учет биологической урожайности зерна по каждому сорту яровой пшеницы проводили методом снопового образца в 4-х кратной повторности с площадок 0,25 м², с дальнейшим пересчетом на 1 га.

Уборку урожая осуществляли в фазу полной спелости зерновки поделочно прямым комбайнированием «Terrior - 2010». Урожайность зерна приводили к 14 % влажности и 100 % чистоте. Полевые исследования проводили по общепринятой методике полевого опыта по Б.А. Доспехова, 2011. Лабораторные исследования выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по общепринятым методикам.

В годы проведения экспериментальных исследований отмечены заметные различия по температурному режиму и влагообеспеченности, что дало возможность объективно оценить степень влияния погодных условий на урожайность возделываемых сортов яровой пшеницы.

Сумма положительных температур ($+10^0$ °C) за вегетационный период яровой пшеницы (май – август) в 2022 г. составила 1707,8 °C, в 2023 г. – 2116,0 °C, в 2024 г. – 1938,0 °C (табл. 1).

Условия в 2022 и 2024 годах были наиболее благоприятными для роста и развития яровой пшеницы. В период с мая по август, наибольшая сумма выпавших осадков составила 524,3 мм в 2023 году и 517,7 мм в 2024 году.

Весенне-летний период 2022 года был наиболее типичным по температурному режиму и влажности для Брянской области, что благоприятно сказалось на росте и развитии яровых зерновых культур (табл. 1).

Таблица 1 – Условия влаго- и теплообеспеченности посевов в период вегетации яровой пшеницы в 2022-2024 гг

Годы		Май	Июнь	Июль	Август	Май-август
2022	Сумма осадков, мм	265,7	545	420,8	476,3	1707,8
	Сумма эффективных температур, °C	56,2	113	105,7	62,1	337
	ГТК	1,6	1,6	1,3	2,6	1,8
2023	Сумма осадков, мм	332,4	530,4	698,2	555	2116
	Сумма эффективных температур, °C	174,3	105,6	130,6	63,5	474
	ГТК	0,6	1,7	1,8	2,9	1,8
2024	Сумма осадков, мм	293,3	544,2	461,9	578,6	1878
	Сумма эффективных температур, °C	94,4	84,2	85,5	60,3	324,4
	ГТК	1,0	2,2	1,8	3,2	2,0

В апреле 2022 года среднесуточная температура воздуха была выше, чем в 2023 и 2024 годах, соответственно, составляла $+11,9$ °C, $+9,2$ °C и $7,6$ °C. В апреле 2024 года сумма месячных осадков составила 93,3 мм, что на 54,5 мм выше среднемноголетнего значения.

В мае 2023 года среднесуточная температура оказалась выше на $+2,1$ °C, чем в 2022 году, а в 2024 году - на $+0,9$ °C, при этом наиболее теплыми были вторая и третья декады. В 2023 году сложились лучшие условия по тепло- и влагообеспеченности, которые позволили растениям яровой пшеницы успешно пройти основные их фазы роста и развития и обеспечили формирование полноценного урожая зерна.

При выполнении исследований использовали следующие научные методические подходы: метод полевого опыта, лабораторные, лабораторно-полевые методы, статистические и метод научного программирования.

Аналитические испытания выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по общепринятым методикам: влажность зерна - ГОСТ 13586.5-2015, агрохимический анализ почвы проводили по методам, принятым в агрохимической службе: рНКСI - ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус - по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли из одной вытяжки по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84).

Анализ адаптивного и продуктивного потенциала изучаемых сортов по их урожайности проводили по методике, предложенной Животковым, Морозовой и Секатусовой (1994). По этой методике рассчитывали среднюю сортовую урожайность по году. Она основывается на положении о том, что видовые адаптивные реакции у разных сортов доминируют над специфическими чертами морфогенеза, одновременно все испытываемые сорта реагируют на факторы внешней среды как одновидовая система. Таким образом, урожайность сортов сравнивается не со стандартом, а со средней урожайностью изучаемых сортов. Данная величина определяет общую норму-реакцию определенной совокупности сортов на факторы внешней среды в каждом конкретном году. Для определения реакции от-

дельного сорта на условия вегетационного периода необходимо сравнить его урожайность со средне-сортовой. Если это отношение превышает 100 %, то данный сорт потенциально высокопродуктивен (оценивали, как $K_a = 1,0$).

Генетическая гибкость сорта, как показатель реализации потенциала зерновой продуктивности определяли по формуле:

$$(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$$

Критерий размаха урожайности выражали в процентах, как показатель частного в разнице между максимальным и минимальным значениям урожайности зерна к максимальному его уровню и рассчитывали по формуле:

$$(Y_{\max} - Y_{\min}) / Y_{\max}$$

Показатель стрессоустойчивость имеет отрицательное значение, и чем его величина меньше, тем выше стрессоустойчивость генотипа. Его значение рассчитывали по формуле:

$$Y_{\min} - Y_{\max}$$

Результаты исследований и их обсуждение. Дальнейшее увеличение производства зерна тесно связано с внедрением в производство новых сортов, отвечающих требованиям современных технологий и приспособленных к почвенно-климатическим условиям региона их возделывания. Сельскохозяйственное производство будет эффективным при условии внедрения наиболее продуктивных и адаптивных сортов к конкретным почвенно-климатическим условиям. При этом потенциальная продуктивность и адаптивность сорта играет важную роль для повышения устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания.

В связи с этим, нами была проведена оценка адаптивного потенциала изучаемых сортов исходя из уровня их биологической урожайности (Методика Животкова, Морозовой и Секатуевой, 1994).

Из проведенных расчетов видно, что сорта Токката, КВС Аквилон, КВС Сансет, КВС Торридон, Корнетто, Флоренс и Ясмунд с коэффициентом адаптивности свыше единицы - $K_a = 1,0$, следует отнести в группу высоко интенсивных. Они могут стабильно обеспечивать высокую запрограммированную урожайность зерна на уровне 8 т/га (табл. 2).

Сорта - Ладыя, Эврика и Марфа по показателю «адаптивность» близки между собой и их следует отнести в группу интенсивных.

Таблица 2 - Адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы

Сорт	Биологическая урожайность, т/га				Коэффициент адаптивности (K_a)			
	2022	2023	2024	x	2022	2023	2024	x
1. Ладыя-st	9,83	8,37	6,73	8,31	1,15	0,91	0,89	0,98
2. Эврика	8,45	8,40	8,03	8,29	0,98	0,91	1,06	0,98
3. Марфа	9,21	8,93	7,10	8,41	1,08	0,97	0,94	0,99
4. Дарья	6,96	9,39	6,71	7,69	0,81	1,02	0,89	0,91
5. Канюк	7,43	9,23	7,20	7,95	0,86	1,01	0,95	0,94
6. Сударыня	6,93	8,88	7,25	7,69	0,81	0,97	0,96	0,91
7. КВС Аквилон	9,23	9,47	8,45	9,05	1,08	1,03	1,12	1,08
8. КВС Сансет	8,00	10,14	8,35	8,83	0,94	1,11	1,10	1,05
9. КВС Торридон	9,50	8,59	8,42	8,84	1,11	0,94	1,12	1,06
10. Каликсо	7,49	8,26	7,87	7,87	0,88	0,90	1,04	0,94
11. Корнетто	9,49	9,73	6,93	8,72	1,10	1,06	0,92	1,03
12. Ликамеро	8,18	9,03	6,57	7,93	0,96	0,98	0,87	0,94
13. Одетта	7,56	7,91	7,89	7,79	0,88	0,86	1,04	0,93
14. Токката	12,04	12,56	8,33	10,98	1,41	1,37	1,10	1,29
15. Тризо	7,84	9,83	7,21	8,29	0,92	1,07	0,95	0,98
16. Флоренс	8,64	8,98	7,76	8,46	1,01	0,97	1,03	1,00
17. Ясмунд	9,55	9,72	8,00	9,09	1,12	1,06	1,05	1,08
18. Юбилейная 60	7,48	7,57	7,16	7,40	0,87	0,83	0,94	0,88
Средн. урожайность по году	8,55	9,17	7,55					

Итак, стабилизация урожайности находится в зависимости от генотипа сорта, роль которого постоянно повышается. Профессор Российского аграрного университета - МСХА Коновалов Ю.Б. (1990) отмечал, что существует ряд отрицательных генетических корреляций, мешающих объединить в одном сорте пшеницы некоторые хозяйственно ценные признаки и свойства, в частности: урожайность – скороспелость, урожайность – высокобелковость, продуктивность – число растений перед уборкой, число зерен в колосе –

масса 1000 зерен, стекловидность – число зерен в колосе и его продуктивность, урожайность – устойчивость к различным видам ржавчины, мучнистой росе. Большинство сортов имеют хозяйственно-биологические недостатки, ограничивающие возможность их возделывания в конкретных почвенно-климатических зонах.

Обеспечить получение зерна с высокими хлебопекарными показателями без дополнительных капиталовложений, способны высокопродуктивные, приспособленные к местным условиям, внесенные в Государственный реестр сорта (Гриб и др., 2007, Савенков и др., 2007).

Основным методом, при помощи которого происходит выяснение пригодности сортов к конкретным условиям и оценки их пластичности, является экологическое сортоиспытание, на основании которого можно осуществить правильный подбор структуры сортового состава.

Следует отметить, что величина урожайности находится в зависимости от способности сорта максимально использовать почвенно-климатические условия региона возделывания и от отзывчивости его на уровень технологии, создаваемой при его возделывании. Кроме того, значительное влияние на уровень зерновой продуктивности оказывают биологические свойства растения. Не все сорта способны одинаково использовать условия, создаваемые при их возделывании. Некоторые из них по своей природе лишены способности к высокому уровню продуктивности. Другие, в силу своей подверженности различного рода болезням или же неустойчивые к неблагоприятным факторам среды, также неспособны давать высокие и устойчивые урожаи.

На наш взгляд, к данной группе недостатков следует отнести: пониженную засухоустойчивость сортов при суховеях, полегаемость, поражение болезнями и повреждения вредителями, а также позднеспелость.

Короткостебельные сорта устойчивы к полеганию. Так, благодаря изменению морфотипа у озимой пшеницы к короткостебельным формам от высокостебельных, добились повышения урожайности устойчивости посевов к полеганию (Коновалов Ю. Б., 2005, Сандухадзе Б. И., Корзун О. С., 2011). Однако чрезмерное уменьшение высоты растений ведет к снижению урожайности. Для каждой климатической зоны существует оптимум высоты. Для Нечерноземной зоны он составляет 0,9 – 1 м.

Особый интерес представляет способность сорта к проявлению урожайного потенциала, при соответствии к конкретным природно-климатическим условиям.

Уровень устойчивости к стрессовым факторам, присущий каждому сорту, виду и даже отдельному растению, наследуется и генетически контролируется, являясь при этом потенциальным: скрыт в оптимальных условиях, реализуется под действием экстремальных условий. Высоко устойчивый к экстремальным условиям сорт, при этом не обладающий большой потенциальной продуктивностью (реализуемой в благоприятных условиях), может в процессе испытания дать не самый высокий урожай, из оцениваемого набора сортов.

Реализуются потенциальные возможности сорта в том случае, когда он попадает в условия, отвечающие его требованиям. Нормальный рост и развитие сорта, обеспечивающие получение устойчивых высоких урожаев по годам, выступает основным критерием для определения его приспособленности к условиям произрастания.

Селекция по признаку урожайности нацелена на получение новых сортов, характеризующихся высокими показателями всех элементов структуры урожая.

В современных условиях производства сорт стал одним из важнейших компонентов научно обоснованного земледелия. При значительном сокращении объемов внесения органических и минеральных удобрений, прочих средств химизации урожайность зерна в Центральном регионе остается невысокой, о чём свидетельствуют результаты конкурсного испытания их в условиях ГСУ, где брали за основу нормы внесения минеральных удобрений в среднем по региону, где этот сорт испытывается.

Анализируя результаты государственного сортоиспытания яровой пшеницы в различных регионах России, следует отметить большой размах по продолжительности вегетационного периода, массы 1000 зерен и хозяйственной урожайности зерна в отдельных ГСУ ЦФО РФ (табл. 3).

Так, в зависимости от уровня минерального питания и сложившихся почвенно-климатических условий произрастания, особенно в годы с высокой влагообеспеченностью, период вегетации у многих сортов удлиняется на 12-15 суток. В этом случае масса 1000 зерен возрастала на 10-15 г, а урожайность достигала в условиях черноземных почв Курской области от 7,34 т/га (сорт Ликамеро) до 9,52 т/га (сорт Токката) и 9,72 т/га (сорт Ясмус).

Рассматривая такие показатели, как генетическая гибкость, стрессоустойчивость и адаптивный потенциал изучаемых сортов яровой пшеницы (табл. 4) в зависимости от условий возделывания можно заключить, что определяющим фактором для формирования уровня урожайности зерна являются условия минерального питания растений.

Таблица 3 – Продолжительность вегетационного периода, масса 1000 зерен и хозяйственная урожайность зерна сортов яровой пшеницы в системе ГСУ

Сорт	Продолжитель- ности вегетаци- онного периода, дней	Масса 1000 зерен, г	Хозяйственная урожайность, т/га		Устойчивость к полеганию (балл) и болезням*
			макси- мальная	колебания по регионам	
1. Ладья-st	81-94	36-45	7,16	2,74-36,3	4,5 (-)
2. Эврика	85-92	42-45	8,25	4,15-5,64	4,0 (+)
3. Марфа	83-95	35-42	5,83	2,64-3,31	4,5 (-)
4. Дарья	85-95	33-38	7,26	3,00-4,85	3,5 (-)
5. Канюк	76-99	37-46	7,04	3,81-3,90	3,5 (-)
6. Сударыня	71-84	29-40	5,36	2,52-3,50	3,0 (-)
7. КВС Аквилон	76-84	32-37	5,42	2,79-3,00	4,0 (+)
8. КВС Сансет	83-96	38-39	8,22	3,69-3,80	4,0 (+)
9. КВС Торридон	78-87	32-40	6,66	2,88-3,84	5,0 (+)
10. Каликсо	83-98	37-43	6,46	2,60-3,06	3,5 (-)
11. Корнетто	83-96	33-48	8,78	4,76-4,83	5,0 (+)
12. Лицамеро	78-93	33-43	7,34	2,97-3,73	4,0 (+)
13. Одетта	78-93	35-46	8,94	4,83-6,34	3,5 (-)
14. Токката	79-97	33-47	9,52	3,69-5,08	5,0 (+)
15. Тризо	85-90	33-40	5,94	2,97-5,90	4,0 (-)
16. Флоренс	82-97	32-42	5,35	3,19-3,68	5,0 (+)
17. Ясмунд	84-97	33-39	9,72	3,52-6,44	5,0 (+)
18. Юбилейная 60	88-98	34-39	4,96	2,78-3,34	3,5 (-)

Примечание: Устойчивость к болезням (корневые гнили и септориоз) – не устойчив (-), средне-устойчив (+)

Таблица 4 - Генетическая гибкость, стрессоустойчивость и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы в зависимости от условий возделывания

Сорт	Генетическая гибкость, т/га		Критерий размаха урожайности, %		Стрессоустойчивость		Коэффициент адаптивности
	опытное поле БГАУ	ГСУ	опытное поле БГАУ	ГСУ	опытное поле БГАУ	ГСУ	
1. Ладья-st	8,28	4,95	31,5	61,7	-3,10	-4,42	0,98
2. Эврика	8,24	6,20	4,97	49,7	-0,42	-4,10	0,98
3. Марфа	8,16	4,24	22,9	54,7	-2,11	-3,19	0,99
4. Дарья	8,18	5,13	28,5	58,7	-2,68	-4,26	0,91
5. Канюк	8,22	5,43	21,9	45,9	-2,03	-3,23	0,94
6. Сударыня	7,91	3,94	21,9	52,9	-1,95	-2,84	0,91
7. КВС Аквилон	8,96	4,11	10,7	48,5	-1,02	-2,63	1,08
8. КВС Сансет	9,07	5,96	25,6	55,1	-2,14	-4,53	1,05
9. КВС Торридон	8,96	4,77	11,4	56,8	-1,08	-3,78	1,06
10. Каликсо	7,88	4,53	9,32	59,8	-0,77	-3,86	0,94
11. Корнетто	8,33	6,77	28,7	45,8	-2,80	-4,02	1,03
12. Лицамеро	7,80	5,16	27,2	59,5	-2,46	-4,37	0,94
13. Одетта	7,74	6,89	4,42	45,9	-0,35	-4,11	0,93
14. Токката	10,45	6,61	33,6	61,2	-4,23	-5,83	1,29
15. Тризо	8,52	4,46	26,7	50,0	-2,62	-2,97	0,98
16. Флоренс	8,36	4,27	1,35	40,3	-1,22	-2,16	1,00
17. Ясмунд	8,86	6,62	1,77	63,8	-1,72	-6,20	1,08
18. Юбилейная 60	7,37	3,87	5,42	44,2	-0,41	-2,19	0,88

Такие показатели, как генетическая гибкость, стрессоустойчивость и критерий размаха урожайности у изучаемых сортов яровой пшеницы на опытном поле Брянского ГАУ были более стабильными по сравнению с их выращиванием в условиях ГСУ.

Возделываемые в производственных условиях сорта яровой пшеницы должны обладать способностью давать стабильные и высокие урожаи в различных природно-климатических условиях, т. е. обладать экологической пластичностью. Различные хозяйственные условия могут привести к разным результатам при использовании одних и тех же сортов.

При правильном использовании минеральных удобрений и выборе высокопродуктивных сортов возможно повышение урожайности зерна пшеницы. Среди различных методов производства, использование высокопродуктивных сортов играет важную роль в повышении урожайности и качества зерна.

Так, на высоком фоне минерального питания N150P120K120 в условиях хорошо окультуренной почвы опытного поля Брянского ГАУ по предшественнику картофель сорт Токката в среднем за три года обеспечил урожайность 10,98 т/га, Ясмунд и КВС Аквилон – 9,09 и 9,05 т/га. Все остальные сорта обеспечили запрограммированную урожайность зерна на уровне 8 т/га.

Внедрение в производство пластичных высокопродуктивных сортов, проявляющих устойчивость к болезням и полеганию, хорошо отзывчивых на внесение сбалансированных доз минеральных удобрений особо значимо в стабилизации величины урожая.

Внедрение взаимодополняющих сортов увеличит урожайность культуры благодаря дифференциации ниш и лучшему использованию ресурсов почвы и света. Многообразие почвенно-климатических и хозяйственно-экономических условий сельскохозяйственного производства придает особенную значимость сорту, выступающему в данном случае, биологической системой, позволяющей получать стабильные урожаи высокого качества.

В условиях производства необходимо осуществлять программирование продуктивности сортов яровой пшеницы на основе учета таких факторов, как приход ФАР, сумма температур, относительная влажность воздуха, количество продуктивной влаги перед посевом, сумма осадков за период вегетации, агрохимические показатели почвы, использование растениями NPK из почвы и удобрений, накопление биомассы и показатели фотосинтетической деятельности посевов.

В связи с этим, считаем целесообразным в процессе изучения новых сортов, рекомендованных производству разрабатывать модели посевов заданной продуктивности (табл. 5).

Таблица 5 - Модель посевов яровой пшеницы сорта Токката с заданной зерновой продуктивностью 5,0 и 8,0 т/га

Показатель	Программируемая урожайность зерна, т/га	
	8,0	5,0
Урожайность абсолютно сухой биомассы, т/га	18,4	11,5
Выход продукции на 1 тыс. единиц ФП, кг: сухой биомассы	6,57	4,60
	2,86	2,00
Фотосинтетический потенциал (ФП) посева, тыс. м ² /га х дней	2800	2500
Площадь листьев (S), тыс. м ² /га: средняя (S _{ср})	43,51	25,00
	55,80	39,20
Выход зерна с 1 колоса, г	1,4	0,75
Количество продуктивных колосьев на 1 м ² , шт.	571	667
Продуктивная кустистость	2,1	1,35
Количество растений к уборке на 1 м ² , шт.	575	494
Общая выживаемость семян и растений к уборке, %	85	86
Норма высева, млн. всхожих семян/га	5,25	5,74

Итак, заблаговременное моделирование структуры посева и уровня программирования урожайности обеспечит значительное снижение материальных затрат на средства защиты растений и посевного материала от вредных фитопатогенов, которые весьма значительны в практике современного растениеводства.

Список источников

1. Инновационные технологии в селекции, семеноводстве и возделывании зерновых культур: проблемы, достижения и перспективы: сб. науч. ст. междунар. науч. конф., посвящ. 300-летию Российской академии наук. В 2-х т., Москва, 04–05 апреля 2024 года / Б.И. Сандухазде и др. М.: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", 2024. 190 с.

2. Растениеводство: учебник для вузов / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова, С.В. Артюхова. СПб.: Лань, 2024. 604 с.
3. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А. Ермаков и др. // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2. С. 31–37.
4. Глазырина И.Ю., Бессонова Л.В., Щенникова И.Н. Урожайность и адаптивность сортов ярового ячменя в условиях Волго-Вятского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2025. № 4 (44). С. 19-32.
5. Каюмова Р.Р. Стабильность и экологическая пластичность озимых зерновых культур в условиях Республики Башкортостан: дис. ... канд. с.-х. наук. Уфа, 2023. 180 с.
6. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Изучение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы селекции АНЦ «Донской» по признаку «масса 1000 зерен» // Аграрная наука. 2022. № 7–8. С. 142–145.
7. Адаптивный потенциал сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в метеорологических условиях Владимирского ополья / И.А. Шестакова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26, № 1. С. 58–68.
8. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3-6.
9. Rosielle A.A. Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments // Crop Sci. 1981. № 21 (6). P. 943-946.
10. Оценка экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов озимой ржи по признакам качества зерна / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, М.А. Кузьмич и др. // Зерновое хозяйство России. 2022. № 3. С. 24–30.
11. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 512 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 2011. 352 с.

Информация об авторах:

В.Е. Ториков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. e-mail: torikov@bgsha.com.

О.В. Мельникова - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. e-mail: torikova1999@mail.ru.

А.А. Резунов – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.Ye. Torikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University. e-mail: torikov@bgsha.com.

O.V. Mel'nikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University. e-mail: torikova1999@mail.ru.

A.A. Rezunov - Postgraduate student at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

У авторов отсутствует конфликт интересов, все авторы несут ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The authors have no conflict of interest, all authors are responsible for their work, the data presented and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 24.05.2025, одобрена после рецензирования 09.06.2026, принята к публикации 15.10.2026.

The article was submitted 24.05.2025, approved after reviewing 09.06.2026, accepted for publication 15.10.2026.

© Ториков В.Е., Мельникова О.В., Резунов А.А.

Научная статья
УДК 631.45

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДА РОССИИ

Евгений Владимирович Просяников

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. На ключевом для западной части России агроэкологическом мониторинговом полигоне, расположенном в Брянской области, изучены процессы трансформации минеральной плазмы некоторых основных типов почв пахотных земель в результате интенсивного агрогенного воздействия. Из отобранных в генетических горизонтах почвенных образцов в специализированной лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева получали ориентированные препараты илистого вещества мелкозема, которые исследовали рентгендифрактометрическим методом. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью технологии многомерного статистического анализа методом главных компонент. Установлено, что в естественных экосистемах плазма дерново-подзолистых и серых лесных почв близка по соотношению почвенных минералов. В верхних гумусовых и срединных иллювиальных горизонтах почвенных профилей по сравнению с почвообразующими породами различия в содержании смектитовых компонентов увеличивались. В агроэкосистемах минералогический состав плазмы почв пахотных земель изменился. В агродерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной и в агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой почве на карбонатном лёссовидном суглинке кроме увеличения в плазме содержания гидрослюда и кварца разупорядочились слоистые силикаты. В агросерой лесной почве увеличилось содержание смектитового компонента по сравнению с естественным аналогом, в агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом происходил обратный процесс. В агрогоризонтах всех изучаемых почв увеличилось содержание смектитов по сравнению с иллювиальной частью почвенного профиля и материнской породой. Интенсивное агрогенное воздействие на почвы пахотных земель обуславливает необходимость мониторинга состояния их минеральной плазмы, результаты которого необходимо учитывать при разработке стратегий рационально-эффективных инноваций в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: Запад России, почвы пахотных земель, мониторинг минеральной плазмы.

Для цитирования: Просяников Е.В. Мониторинг состояния минеральной плазмы некоторых почв пахотных земель Запада России // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 19-23.

Original article

MONITORING OF THE MINERAL PLASMA STATE OF SOME ARABLE LAND SOILS IN THE WEST OF RUSSIA

Yevgeny V. Prosyannikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. At the key agroecological monitoring site for the western part of Russia, located in the Bryansk region, the mineral plasma transformation processes of some major types of arable land soils as a result of intensive agrogenic effects have been studied. The soil samples selected in the genetic horizons in the specialized laboratory of V.V. Dokuchaev Soil Institute were used to obtain targeted preparations of fine-grained silty matter, which were examined by X-ray diffraction. The experimental data was processed using multidimensional statistical analysis technology using the principal component method. It has been established that in natural ecosystems, the plasma of sod-podzolic and gray forest soils is similar in the ratio of soil minerals. In the upper humus and middle illuvial horizons of the soil profiles, compared with the soil-forming rocks, the differences in the content of smectite components increased. In agricultural systems, the mineralogical composition of the soil plasma of arable lands changed. In the agrodernum-shallow podzolic, poorly differentiated contact-deep-clay sandy loam soil on fluvioglacial sand underlain by moraine and in the agro-gray forest deep-boiling light loamy soil on carbonate loess loam, in addition to an increase in the content of hydrous mica and quartz in the plasma, layered silicates were disordered. The content of the smectite component increased in the agro-gray forest soil compared to its natural counterpart, while the reverse process occurred in the agro-gray forest soil with the second humus horizon. In the agrohorizonts of all the studied soils, the content of smectites increased compared to the illuvial part of the soil profile and the parent rock. The intensive agrogenic effect on the soils of arable lands necessitates monitoring the state of their mineral plasma, the results of which must be taken into account when developing strategies for rational and effective innovations in agriculture.

Keywords: *the west of Russia, soils of arable lands, monitoring of mineral plasma.*

For citation: *Prosyannikov E.V. Monitoring of the mineral plasma state of some arable land soils in the west of Russia // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. № 5 (117). pp. 19-23.*

Введение. К минеральной плазме почвы (фракция ила в почвенном мелкоземе) относят частицы диаметром менее 0,001 мм. Она состоит в основном из глинистых минералов, аморфных коллоидных оксидов и гидроксидов железа, алюминия и кремния. Высокая дисперсность, минералов почвенной плазмы обуславливает удельную поверхность ее каждого грамма от 10 до 100 квадратных метров. С увеличением дисперсности возрастает свободная поверхностная энергия почвенной плазмы, что активизирует ее участие в химических процессах, поглощении молекул и ионов, связывании токсичных и загрязняющих веществ, снижающем их подвижность в агроecosистеме. Гидрофильные коллоиды образуют гидратные пленки, влияя на запасы продуктивной влаги. Минеральная плазма с поглощенными веществами перемещается нисходящим током влаги, формируя в почвенном профиле горизонты вымывания, препятствующие миграции органических веществ, химических элементов, почвенных микроорганизмов, радионуклидов и остатков пестицидов. Коагуляция коллоидов минеральной плазмы (размер менее 0,0001 мм) обуславливает формирование в этих горизонтах агрономически ценной водопропрочной почвенной структуры.

Выдающиеся минералоги почв профессора Б.П. Градусов и Н.П. Чижикова заложили научные основы изучения минеральной почвенной плазмы бореальных земледельческих территорий и ее трансформации в результате антропогенных воздействий [1,2]. Их исследования свидетельствуют, что в условиях современного агрогенного воздействия мониторинг этих процессов становится все более актуальным и практически значимым в отдельных регионах.

Цель исследования. Изучить особенности изменения минеральной плазмы некоторых основных почв пахотных земель Запада России.

Материалы и методы. Исследования проводили в Брянской области на агроэкологическом мониторинговом полигоне, который по природно-антропогенным условиям является ключевым для Запада России [3] и располагается на следующих почвах: 1) среднерново-подзолистых слабо дифференцированных контактно-глубокоглееватых супесчаных на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной; 2) среднерново-глубокоподзолистых супесчаных на мощных флювиогляциальных отложениях; 3) серых лесных глубоководских среднесуглинистых, сформировавшихся на карбонатном лёссовидном суглинке; 4) серых лесных со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистых, залегающих на бескарбонатном суглинке. Каждая почва располагалась как в экосистеме естественной, так и в агроecosистеме интенсивной.

Экосистемы естественные представляли собой 60-70-летние полезащитные лесополосы по границам полей государственных сортоиспытательных участков. Агроecosистемами интенсивными служили поля государственных сортоиспытательных участков, примыкающие к лесополосам и отличающиеся следующими особенностями:

- 1) заменой естественной растительности агроценозами (севооборотами), которые воздействуют на биологический круговорот веществ и энергии;
- 2) внесением удобрений и мелиорантов, изменяющим химический состав и реакцию почвенной среды;
- 3) систематическим уплотнением и распылением почвы ходовыми системами техники и механической обработкой (вспашка, культивация и пр.), которые меняют почвенную структуру, сложение и агрегатный состав, воздействуя на водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный, биотический и питательный режимы почвы, как природно-антропогенной системы.

На каждой почве закладывали полнопрофильный разрез и несколько полуразрезов. В них изучали строение почв согласно Единому государственному реестру почвенных ресурсов России [4]. Отобранные из генетических горизонтов почвенные образцы подготавливали к минералогическим анализам по соответствующей методике [4] в специализированной лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева, где из них получали ориентированные препараты илито- и глинистых веществ, которые исследовали методом порошковой рентгеновской дифракции. Почвенные минералы диагностировали по кристаллохимическим признакам. Для сравнительного анализа полученных экспериментальных данных использовали метод главных компонент (РСА).

Результаты исследования. В плазме исследуемых почв были обнаружены смешаннослойные слюда-сметитовые и слюда-вермикулитовые образования, сформировавшиеся из хлорит-вермикулитовых пакетов и каолинита, гидрослюда, хлорит, а также сопутствующие минералы полевые шпаты и кварц (табл. 1).

Таблица 1 – Минералогический состав плазмы дерново-подзолистых и серых лесных почв

№ об- раз ца	Генетические горизонты и их глубина, см		Содержание глинистых минералов, % от суммы			Значения интенсивностей рефлексов минералов плазмы, измеренных как высоты дифракционных пиков, % от суммы							
			каолинит и хлорит	гидрослюда	сметиты	4,2Å	4,4Å	4,7Å	5Å	7Å	10Å	12,5Å	14Å
Почва среднедерново-неглубокоподзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной													
24	A1	2 - 15	18,68	39,22	43,09	11,95	10,62	6,64	6,19	19,47	12,83	13,72	18,58
25	A2A1	15 - 23	35,96	38,20	25,84	19,02	10,55	4,77	4,52	17,59	9,04	11,56	22,87
26	B	23 - 57	28,57	38,96	32,47	17,18	12,40	5,63	8,17	18,02	3,39	10,14	16,06
27	Cg	57 - 91	25,53	42,55	31,91	8,05	3,81	5,51	6,36	22,46	17,37	15,25	21,19
Почва агродерново-неглубокоподзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной													
29	A1a	0 - 34	20,59	35,30	44,12	11,31	9,19	2,83	4,95	16,61	18,02	15,55	21,55
30	B	34 - 56	13,91	62,60	23,48	10,06	4,14	4,73	8,28	17,75	26,63	14,20	14,20
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на мощных флювиогляциальных отложениях													
33	A1	2 - 15	20,00	40,00	40,00	24,15	15,48	6,19	6,61	15,79	7,12	6,67	15,60
34	A2A1	15 - 34	32,14	35,70	32,14	10,59	7,06	7,06	8,82	17,65	8,82	13,53	26,47
35-36	A2	34 - 65	19,44	50,00	30,55	10,50	6,46	5,71	7,68	18,52	19,04	14,01	18,09
37	B	65 - 115	17,04	55,07	28,24	9,72	4,86	6,25	9,03	13,89	20,83	17,36	18,06
38	C	115 - 62	20,45	45,45	34,09	14,07	7,41	5,18	7,41	17,78	20,00	14,07	14,07
Почва агродерново-глубокоподзолистая супесчаная на мощных флювиогляциальных отложениях													
39	A1a	0 - 30	25,64	46,15	28,21	8,79	6,04	5,49	6,04	20,88	12,09	14,83	25,82
40-41	A2	30 - 54	18,18	58,18	23,64	11,30	7,80	7,29	8,84	17,85	19,68	12,91	14,34
42	B	54 - 95	14,71	58,49	26,79	10,45	5,97	6,72	8,21	14,18	21,64	16,42	16,42
Почва серая лесная глубоковскипающая среднемощная легкосуглинистая на карбонатном суглинке													
1	A1	1 - 16	16,95	61,01	22,03	12,76	11,22	5,36	7,91	13,77	21,17	15,56	12,24
2	A1A2	16 - 29	16,70	48,15	35,18	5,36	3,57	5,80	7,14	16,52	19,64	19,64	22,32
3	BA2	29 - 49	19,14	44,02	36,84	9,24	4,89	5,98	7,61	15,76	17,40	17,40	21,73
4	B	49 - 75	13,63	54,55	31,82	2,72	1,51	6,04	7,55	13,90	22,05	23,26	22,96
5	BC	75 - 106	22,39	44,78	32,84	5,08	3,55	5,08	7,11	19,29	19,29	19,29	21,31
6	Cca	106 - 23	12,50	50,00	37,50	8,49	3,77	4,24	7,07	15,57	23,11	18,87	18,87
Почва агросерая лесная глубоковскипающая легкосуглинистая на карбонатном суглинке													
20	A1a	0 - 30	13,16	52,63	34,21	16,67	12,92	5,83	8,75	14,17	17,50	14,17	10,00
21-22	BA2	30 - 51	18,11	38,60	43,30	8,67	4,81	5,51	6,71	16,50	18,38	19,24	20,19
23	B	51 - 73	15,97	52,78	31,25	6,77	4,17	8,33	10,4 2	15,10	14,58	17,71	22,92
Почва серая лесная со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистая на бескарбонатном суглинке													
7-8	A1	1 - 27	17,42	53,90	28,67	19,98	17,93	3,54	5,26	13,87	14,56	12,74	12,12
9	A1A2h`	27 - 39	6,06	51,52	42,42	14,55	14,55	4,09	6,36	10,45	20,00	16,36	13,64
10	A1A2h``	39 - 70	12,71	58,02	29,28	21,54	26,70	5,13	6,15	11,28	13,84	9,23	6,15
11	A1A2h`` ,`	70 - 103	19,35	64,51	16,13	11,96	12,21	3,56	7,63	17,56	21,37	13,49	12,21
12	B	103 - 60	18,52	44,44	37,03	11,19	8,20	6,72	8,21	14,92	17,91	14,93	17,03
13	C	160 - 00	12,66	58,23	29,11	6,45	4,15	6,45	9,22	17,51	18,43	17,05	20,74
Почва агросерая лесная со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистая на бескарбонатном суглинке													
14	A1a	0 - 26	13,21	52,80	33,96	13,83	11,25	5,14	5,14	12,54	19,94	14,79	17,36
15	A1	26 - 47	13,33	53,33	33,30	14,88	13,27	5,50	7,44	15,53	14,24	15,86	13,27
16	A1A2h`	47 - 67	20,00	35,00	45,00	18,99	21,86	3,94	6,45	14,34	12,54	11,11	10,75

Выявлены следующие наибольшие тенденции изменения, как минералогического состава почв, так и структурных особенностей почвенных смешаннослойных образований:

1) значения интенсивностей, измеренные как площади основных базальных рефлексов глинистых минералов с поправками на структурные факторы по П. Бискайю;

2) интенсивности основных рефлексов глинистых и сопутствующих минералов, а также общие рефлексы при d/n 4,4 Å, измеренные как высоты дифракционных пиков и пересчитанные на 100 % (табл. 1).

Показатели интенсивности, полученной как высоты дифракционных пиков, образовали широкий ареал. Дисперсия данных по первой главной компоненте составила 42 %, а по второй – 22 % (табл. 2).

Таблица 2 – Собственные числа (λ) и собственные векторы корреляционной матрицы интенсивностей измеренных как высоты дифракционных пиков почвенной плазмы

Признак	Интенсивности	λ	
		3,38	1,72
		42 %	22 %
Кварц	4,2 Å	-0,53	-0,02
Общий рефлекс глинистых минералов	4,4 Å	-0,52	-0,07
Хлорит	4,7 Å	0,23	-0,08
Слюда – гидрослюда	5 Å	0,20	0,28
Хлорит + каолинит	7 Å	0,10	-0,58
Слюда – гидрослюда	10 Å	0,28	0,56
Смешанослойные слюда-сметиты (вермикулиты)	12,5 Å	0,42	0,14
Хлориты	14 Å	0,32	-0,50

Вдоль направления первой главной компоненты изменения минералогического состава и структурного состояния минералов определялись соотношением показателей интенсивности 17 Å рефлекса смектитового компонента и отражения 12,5 Å смешанослойных образований (положительные значения), а также рефлекса кварца 4,2 Å и общего для слоистых минералов отражения 4,4 Å. Различия минералогического состава плазмы почв по второй главной компоненте были обусловлены преимущественно варьированием показателей гидрослюда и хлорита, изменяющимися в противоположных направлениях и характеризующимися дисперсией по первой главной компоненте равна 61 %, по второй – 39 % (табл. 3).

Таблица 3 – Корреляционная матрица содержания основных минеральных фаз плазмы почв

Признак	$\lambda - 1,84$	$\lambda - 1,16$
	61 %	39 %
Каолинит + хлорит, 7 Å	0,37	0,80
Гидрослюда, 10 Å	-0,74	0,05
Смектитовый компонент, 17 Å	0,57	0,59

Основные различия минералогического состава по профилю среднедерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почвы на флювиогляциальных отложениях, залегающих на морене, установлены по изменениям фактора 7 Å каолинитового и хлоритового компонентов состава плазмы. Среднедерново-глубокоподзолистые супесчаные почвы на мощных песчаных отложениях флювиогляциального генезиса наиболее близки по соотношению слоистых минералов. Повышение содержания смектитов наблюдали в плазме верхних генетических горизонтов этих почв.

Агросерая лесная глубоковскипающая легкосуглинистая почва на карбонатном легком суглинке содержала больше смектитов в сравнении с естественной почвой. В агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом содержание смектитового компонента было выше, чем в иллювиальной части почвенного профиля и материнской породе.

Наблюдали увеличение в иллювиальных горизонтах изучаемых почв смектитов и нарастание различий в содержании всех компонентов в плазме верхних гумуссодержащих горизонтов по сравнению с почвообразующими породами. В составе плазмы агродерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почвы на флювиогляциальных отложениях, залегающих на морене; агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой на карбонатном лёссовидном легком суглинке и агросерой лесной со вторым гумусовым горизонтом на бескарбонатном легком суглинке произошли изменения. Вдоль первой главной компоненты различия

образцов были минимальны и связаны с изменением соотношений между $14\text{\AA}$ компонентой, показателями текстурной неупорядоченности (рефлекс $4,4\text{ \AA}$) и содержанием кварца (отражение $4,2\text{ \AA}$). Имеющиеся различия определялись в основном соотношением показателей содержаний слюд-гидрослюды и суммой хлорита с каолинитом. Переходные генетические горизонты почвенных профилей в целом были близки по рассматриваемым показателям материнским породам. Установлена тенденция увеличения значимости текстурной неупорядоченности и фактора содержания кварца. В гумусовых горизонтах почв произошли значимые изменения характера укладки частиц и минералогического состава. Особенно существенны различия смектитов и вермикулитов, т. е. $14\text{ \AA}$. Показатели гидрослюды и хлоритов также увеличились. Верхние горизонты серых лесных почв имели максимальные и средние показатели текстурной неупорядоченности частиц и содержания кварца по сравнению со средними значениями количества хлорита и гидрослюды.

Заключение. Плазма изученных дерново-подзолистых и серых лесных почв естественных экосистем Запада России близка по соотношению следующих слоистых минералов: хлорита, гидрослюды, смешаннослойных слюда-смектитовых и слюда-вермикулитовых образований, сформировавшихся из каолинита и хлорит-вермикулитовых пакетов. Полевые шпаты и кварц – сопутствующие минералы. По сравнению с почвообразующими породами увеличиваются различия в содержании смектитовых компонентов в верхних гумусовых и срединных иллювиальных горизонтах почвенных профилей.

В агроэкосистемах минералогический состав плазмы всех изучаемых почв пахотных земель изменился. В агродерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной и в агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой почве на карбонатном лёссовидном суглинке кроме увеличения в плазме содержания гидрослюды возросли факторы содержания кварца, а также разупорядочились слоистые силикаты. В агросерой лесной почве увеличилось содержание смектитового компонента по сравнению с естественным аналогом, в агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом происходит обратный процесс. В агрогоризонтах всех изучаемых почв увеличилось содержание смектитов по сравнению с иллювиальной частью почвенного профиля и материнской породой. Итак, интенсивное агрогенное воздействие на почвы пахотных земель обуславливает необходимость регулярного мониторинга состояния их минеральной плазмы, которое необходимо учитывать при разработке стратегий рационально-эффективных инноваций в сельском хозяйстве.

Список источников

1. Градусов Б.П. Минералы со смешаннослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976. 125 с.
2. Чижилова Н.П. Преобразование минералогического состава почв в процессе агрогенеза: дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1992. 692 с.
3. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России / коллектив. монография в 2-х ч. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред. Е.В. Просянников, В.Е. Торилов, Н.М. Белоус и др. Брянск: Брянский ГАУ, 2020. 212 с.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0: коллектив. монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2014. 768 с.
5. Горбунов Н.И. Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5-15.

Информация об авторе

Е.В. Просянников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: p_e_v_32@mail.ru.

Information about the author

Ye.V. Prosyannikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University, e-mail: p_e_v_32@mail.ru.

Автор несет ответственность за свою работу и представленные данные.

Author are responsible for their work and the data provided.

Статья поступила в редакцию 28.01.2026; одобрена после рецензирования 18.02.2026, принята к публикации 18.08.2026.

The article was submitted 28.01.2026; approved after reviewing 18.02.2026; accepted for publication 18.08.2026.

© Просянников Е.В.

Научная статья
УДК 633.853.494:632.951

БОРЬБА С ВРЕДИТЕЛЯМИ НА ПОСЕВАХ ЯРОВОГО РАПСА

¹Владимир Ефимович Ториков, ¹Ольга Владимировна Мельникова,
¹Николай Серафимович Шпилёв, ¹Анастасия Васильевна Поленок,
²Николай Ильич Рожнов

¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

²Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Брянской области, Россия

Аннотация. Результаты полевых опытов показали, что во все годы полевых опытов, начиная от массовых всходов ярового рапса и до фазы 4-6 листьев, было отмечено широкое распространение крестоцветной блошки, что выше экономического порога ее вредоносности. Высокую биологическую эффективность от блошки обеспечили препараты Борей Нео, СК (0,2 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га). Применение пестицидов Аспид, СК (0,15 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га) в период «бутонизации» и «цветения» растений рапса сыграло ключевую роль в снижении численности капустной моли, рапсового скрытохоботника, рапсового цветоеда и крестоцветной блошки, обеспечив 100% биологическую их эффективность. Погодные условия 2022 и 2025 года в период вегетации рапса благоприятно сказались на развитии популяций капустной моли: наблюдался массовый лет бабочек, наличие обильной яйцекладки и заселение по 2-3 гусеницы на растение. По нашим наблюдениям после инсектицидной обработки, погибали в основном гусеницы, количество бабочек снижалось, а через 2-3 дня их популяция визуально восстанавливалась. Повторные обработки не позволили нанести ощутимый вред растениям рапса и получить полноценный урожай семян. После третьего применения пестицидов на 3-5 день наблюдалась практически полная гибель всех вредных насекомых, что указывает на высокую биологическую их эффективность.

Ключевые слова: яровой рапс, вредители, инсектициды, биологическая эффективность, урожайность семян.

Для цитирования: Борьба с вредителями на посевах ярового рапса / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Н.С. Шпилёв и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 24-29.

Original article

PEST CONTROL IN SPRING RAPESEED SOWINGS

¹Vladimir Ye. Torikov, ¹Ol'ga V. Mel'nikova,
¹Nikolay S. Shpilyov, ¹Anastasiya V. Polenok,
²Nikolay I. Rozhnov

¹Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk Region, Russia

²Branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhozcenter" in the Bryansk Region, Russia

Abstract. The results of field experiments have shown that in the years of field experiments, from mass seedlings of spring rapeseed and up to the 4-6 leaf phase, a widespread occurrence of crucifer flea beetles was observed, being above the economic threshold of its harmfulness. Borey Neo, SC (0.2 l/ha) + Polyphemus, W (0.05 l/ha) were highly biologically effective against flea. The application of pesticides Aspid, SC (0.15 l/ha) + Polyphemus, W (0.05 l/ha) at the budding and flowering stages of rapeseed played a crucial role in reducing the number of cabbage moth, cabbage seed weevil, rapeseed blossom beetle and crucifer flea beetle, ensuring their 100% biological effectiveness. The weather conditions of 2022 and 2025 during the rapeseed growing season had a positive effect on the development of cabbage moth populations: there was a massive flight of butterflies, the abundant oviposition and the colonization of 2-3 caterpillars per plant. According to our observations, after insecticidal treatment, mainly caterpillars died, the number of butterflies decreased, and after 2-3 days their population visually recovered. The repeated treatments did not cause significant harm to rapeseed plants and obtain a full seed harvest. After the third application of pesticides all harmful insects were almost completely dead on 3-5 days, thus indicating their high biological effectiveness.

Keywords: spring rapeseed, pests, insecticides, biological efficiency, seed yields.

For citation. Pest control in spring rapeseed sowings / V.Ye. Torikov, O.V. Mel'nikova, N.S. Shpilev et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. №5 (117). pp. 24-29.

Введение. Для многих сельскохозяйственных товаропроизводителей яровой рапс является основной коммерческой культурой из-за большого спроса на его семена [1,2]. В условиях Брянской области в агроценозе ярового рапса широко обитают вредные фитофаги, специализированные вредители рапса

и других капустных видов. В период всходов и формирования розетки листьев в посевах широко встречаются и приносят ощутимый вред молодым растениям ярового рапса капустные блошки. Жуки выедают на листьях ямочки диаметром 1,5-2 мм и сильно поражают точки роста. Активность блошек сильно возрастает в сухую и жаркую погоду, когда они за 1-2 дня могут уничтожить всходы на всем поле, начиная с его краёв. Наиболее эффективны меры борьбы с блошками – инкрустация семян инсектицидами и опрыскивание посевов ядохимикатами при достижении экономического порога вредоносности [3,4].

Кроме того, оказывают ощутимый вред почвообитающие вредители - подгрызающие совки и проволочники. В условиях региона в фазу «стеблевания» нами выявлено более 30 видов вредных насекомых. Среди них: стеблевой капустный скрытнохоботник, рапсовый клоп и листоед, капустная совка, капустная белянка, рапсовый барид и рапсовый клоп, а также совка-гамма и луговой мотылёк [5].

В период «бутонизации» и «цветения» большой вред наносят капустная тля, рапсовый клоп, а особенно рапсовый цветоед или пылецед, который может поражать до 30% и более бутонов и цветков. Жуки питаются пыльцой, тычинками и пестиками бутонов и распустившимися цветками. Поврежденные бутоны опадают. Очень опасен цветоед в фазу «начало бутонизации». В открытых же цветках жук питается пыльцой, он меньше вреден, так как цветки остаются живыми. При слабом повреждении цветков формируются уродливые и искривленные стручки [7].

Итак в условиях Брянской области, самыми массовыми и наиболее опасными вредителями остаются крестоцветные блошки и рапсовый цветоед, экономический порог вредоносности которых составляет 1-3 жука блошки на 1 м² и 1-2 жука цветоеда на одном растении.

На заселенность насекомыми посевов ярового рапса большое влияние оказывают почвенно-климатические условия региона, технологии его возделывания, в которых рационально используются инсектициды с учетом лимитов экономических порогов вредоносности насекомых [8].

Важно отметить, что в борьбе с вредителями рапса ведущую роль должна играть интегрированная система защиты посевов от сорняков и болезней в рамках севооборота, система обработки почвы, оптимально ранние сроки посева и своевременный уход за посевами [6, 10].

При дисковании стерневых остатков рапса погибает до 60% куколок каждой совки, вспашка на 22-25 см уничтожает их более 80%, тогда как не обработанных с осени участках выживает до 85% куколок вредителя. Возвращать на прежнее место рапс рекомендуется не раньше 4-5 лет. Повторное возделывание рапса на одном и том же поле увеличивает поражение растений до 25% [9].

Улучшение водного и питательного режимов за счет рациональной системы удобрения, оптимальных сроков и норм высева семян увеличивает выносливость растений к повреждению насекомыми благодаря более дружным всходам, лучшей облиственности вследствие их интенсивного роста. Многие ученые и практики указывают, что весьма эффективна обработка посевов рапса биопрепаратами и энтомофагами [6,7].

Условия и методика проведения исследований. Динамику изменения видового состава вредителей ярового рапса изучали в звене севообороте на демонстрационном опытном поле Брянского ГАУ со следующим чередованием полевых культур: яровой ячмень, яровой рапс, озимая пшеница, картофель, яровая пшеница.

Почва опытного участка - серая лесная среднесуглинистая с содержанием гумуса 3,26-3,33 % (по Тюрину), подвижных форм P₂O₅ - 246 - 265 мг и K₂O - 183 - 194 мг на 1 кг почвы (по Кирсанову), рН_{кел} 5,7 - 5,9.

Осенняя обработка почвы включала дискование и отвальную вспашку. Весной была проведена культивация, внесение азотоски из расчета 300 кг/га и предпосевная обработка. Посев ярового рапса проводили 5-6 мая с нормой высева семян – 5 кг/га. Массовое появление всходов отмечено 10-12 мая. На посевах ярового рапса в фазе 4- 5 листьев развития культуры при 2 - 4 листьях у однолетних сорняков применяли баковые смеси гербицидов - Галион, ВР + Эсток, ВДГ + Квикстеп, МКЭ (01 июня) с помощью опрыскивателя ОП – 2000 при рабочем расходе жидкости – 200 л/га.

Для защиты посевов ярового рапса от насекомых применяли инсектициды Борей Нео, СК; Аспид, СК; Стиллет, МД; Скарабей, СК последовательно, начиная с фазы 4-6 листьев, в период массового появления крестоцветные блошки, а далее – по мере появления вредителей в фазу стеблевания, начало бутонизация - цветение. Для этой цели использовали опрыскиватель ОП-2000 с расходом рабочей жидкости – 200 л/га.

Наблюдения и учеты в опытах проводили на основе действующих в научной агрономии методических рекомендаций и указаний [13,14].

Результаты исследований и их обсуждение. В период опытов в посевах были обнаружены такие наиболее вредные объекты, как: крестоцветные блошки, рапсовый цветоед, рапсовый пилильщик, капустная моль, рапсовый семенной скрытнохоботник.

Для защиты посевов рапса от комплекса вредителей потребовалось проведение химических обработок, хотя погодные условия несколько сдерживали их массовое развитие.

Во все годы полевых опытов, начиная от массовых всходов ярового рапса и завершая фазы 4-6 листьев, было отмечено широкое распространение крестоцветной блошки, что выше экономического порога ее вредоносности. Высокую биологическую эффективность от этого вредителя обеспечили препараты Борей Нео, СК (0,2 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га), табл. 1.

Таблица 1 - Результаты учета вредителей до 1-ой обработки посевов

Вредитель	Борей Нео, СК (0,2 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га)		
	количество вредителей экз./раст.		биологическая эффективность, %
	до обработки	после обработки на 3-5 день	
Вегетационный период 2022 года			
Крестоцветная блошка	3	0	100
Вегетационный период 2023 года			
Крестоцветная блошка	8	0	100
Вегетационный период 2024 года			
Крестоцветная блошка	3	0	100
Вегетационный период 2025 года			
Крестоцветная блошка	6	0	100

Условия 2022 и 2025 годов благоприятно сказались на развитие одного из наиболее вредоносных вредителей рапса - капустной моли. Повторное применение новых препаратов Аспид, СК (0,15 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га) сыграло ключевую роль в снижении численности капустной моли, рапсового скрытохоботника, рапсового цветоеда и крестоцветной блошки (табл. 2).

Таблица 2 - Результаты учета численности вредителей до 2-ой обработки

Вредитель	Аспид, СК (0,15 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га)		
	количество вредителей экз./раст.		биологическая эффективность, %
	до обработки	после обработки на 3-5 день	
Вегетационный период 2022 года			
Капустная моль	5	0	100
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Крестоцветные блошки	2	0	100
Вегетационный период 2023 года			
Капустная моль	2	0	100
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Крестоцветные блошки	3	0	100
Вегетационный период 2024 года			
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Крестоцветные блошки	3	0	100
Вегетационный период 2025 года			
Капустная моль	6	1	75
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	6	0	100
Крестоцветные блошки	3	0	100

По нашим наблюдениям в полевых опытах уменьшилось не только число бабочек, но и были уничтожены яйца, гусеницы и куколки. Таким образом, комплексное применение указанных инсектицидов обеспечили длительную надежную защиту посевов. Следует отметить, что применяемые

препараты не оказали вредного влияния на полезных насекомых опылителей, прежде всего пчел. Рядом с демонстрационным полем в частных домовладениях находилось несколько стационарных пчелопасек. Ни одной жалобы от пчеловодов не поступало. В посевах рапса и соседних культур не было обнаружено погибших пчел, что указывает на низкую токсичность вышеуказанных препаратов для насекомых-опылителей, только при соблюдении регламентов их применения.

Погодные условия 2023 и 2024 года благоприятствовали на развитие таких вредителей как рапсовый цветоед и крестоцветные блошки. Именно применение препарата Аспид, СК сыграло ключевую роль в уничтожении этих вредителей. В отличие от прошлых лет не отмечалось массового лета бабочек моли, не были выявлены яйцекладки, отсутствовали гусеницы.

Погодные условия 2025 года благоприятствовали развитию капустной моли. Наблюдался массовый лет бабочек, обильные яйцекладки и наличие 2-3 гусениц на растение. По нашим наблюдениям после инсектицидной обработки, погибали в основном гусеницы, количество бабочек снижалось, но через 2-3 дня их популяция визуально восстанавливалась. Приходилось повторять обработку. Тем не менее, принимаемые меры не позволили нанести вред растениям рапса и получить полноценный урожай маслосемян.

После третьего применения пестицидов на 3-5 день наблюдалась практически полная гибель вредных насекомых (табл. 3).

Таблица 3 - Результаты учета вредителей до 3-ой обработки

Наименование вредителей	Стилет, МД (0,3 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га)		
	Количество вредителей экз./раст.		Биологическая эффективность, %
	До обработки	После обработки на 3-5 день	
Вегетационный период 2022 года			
Капустная моль	2	0	100
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Вегетационный период 2023 года			
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Вегетационный период 2024 года			
Капустная моль	4	0	100
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100
Вегетационный период 2025 года			
Капустная моль	4	0	100
Рапсовый семенной скрыт- нохоботник	1	0	100
Рапсовый цветоед	3	0	100

Обработку инсектицидами Борей Нео, СК; Аспид, СК проводили последовательно, начиная с фазы 4-6 листьев, в период массового появления крестоцветной блошки, а далее – по мере появления вредителей. После каждого применения наблюдалась практически полная гибель вредных насекомых.

Выводы. Во все годы полевых опытов от массовых всходов ярового рапса и до фазы 4-6 листьев, было отмечено широкое распространение крестоцветной блошки, что выше экономического порога ее вредоносности. Высокую биологическую эффективность от блошки обеспечили препараты Борей Нео, СК (0,2 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га).

Применение пестицидов Аспид, СК (0,15 л/га) + Полифем, Ж (0,05 л/га) в период «бутонизации» и «цветения» рапса сыграло ключевую роль в снижении численности капустной моли, рапсового скрытнохоботника, рапсового цветоеда и крестоцветной блошки, обеспечив 100% биологическую их эффективность.

Погодные условия 2022 и 2025 годы в период вегетации рапса благоприятно сказались на развитие популяций капустной моли. Наблюдался массовый лет бабочек, обильные яйцекладки и заселение по 2-3 гусеницы на растение. По нашим наблюдениям после инсектицидной обработки, погибали в основном гусеницы, количество бабочек снижалось, а через 2-3 дня их популяция визуально

восстанавливалась. Повторные обработки не позволили нанести ощутимый вред растениям рапса и получить полноценный урожай семян. После третьего применения пестицидов на 3-5 день наблюдалась практически полная гибель всех вредных насекомых, что указывает на высокую биологическую их эффективность.

Среди сортов и гибридов, изучаемых нами в полевых опытах, наибольшую урожайность семян 3,21 т/га обеспечил сорт Новосёл селекции ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», принятый в системе ГСУ за стандарт и Прометей - 3,32 т/га сорт селекции РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию – 5 баллов и осыпанию семян – 4 балла и рекомендуется для возделывания на маслосемена.

Список источников

1. Развитие рынков сырья масложировой отрасли АПК в мире и России в современных экономических условиях / К.М. Кривошлыков, М.В. Трунова, А.В. Лукомец, Е.Ю. Макарская // Масличные культуры. 2025. Вып. 3 (203). С. 111–118.
2. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы / Т.В. Воловик, Т.С. Шпаков, А.Д. Кабашов и др. // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 3-8.
3. Маркелова Н.Г., Сибирная Л.Н. Результаты полевого изучения имидазолиноноустойчивых линий ярового рапса в лесостепи ЦЧР // Вестник КрасГАУ. 2026. № 2. С. 90–101.
4. Стецов Г.Я., Пешков С.А., Садовников Г.Г. Эффективность комплексного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании ярового рапса в условиях Алтайского края // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 128–135.
5. Возделывание рапса по интегрированной научно-производственной системе «CLEARFIELD» / В.Е. Ториков, И.И. Фокин, В.В. Ториков, Д.И. Седов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XX междунар. науч. конф., Брянск, 14 марта 2023 года. Брянск: Брянский ГАУ, 2023. С. 234-249.
6. Агрономическая эффективность выращивания подсолнечника и ярового рапса с применением гербицидов имидазолиноновой группы / Д.В. Лебедев, Т.В. Зубкова, Д.В. Виноградов, О.А. Дубровина // Вестник НГАУ. 2024. № 2 (71). С. 94–101.
7. Садовников Г.Г., Пешков С.А., Долматова Л.С. Эффективность комплексного применения агрохимикатов при возделывании ярового рапса в условиях юга Западной Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2025. № 2 (42). С. 236–245.
8. Горбунов М.Ю., Суслов С.А., Мрачковская А.Н. Критерии эффективности инсектицидов в тактике и стратегии защиты ярового рапса от капустной моли // Евразийское Научное Объединение. 2020. № 6-6 (64). С. 488-490. EDN WPHVMT.
9. Шпанев А.М. Защита ярового рапса от вредителей на Северо-Западе России // Защита и карантин растений. 2023. № 4. С. 21–24.
10. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Агрохимические и экологические основы адаптивного земледелия: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 228 с
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: метод. материалы. 1989. Вып. 37.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Информация об авторах:

В.Е. Ториков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. e-mail: torikov@bgsha.com.

О.В. Мельникова - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. e-mail: torikova1999@mail.ru.

Н.С. Шпилёв – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.В. Поленок - аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Н.И. Рожнов - кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель руководителя филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Брянской области.

Information about the authors.

V.Ye. Torikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University. e-mail: torikov@bgsha.com.

O.V. Mel'nikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University. e-mail: torikova1999@mail.ru.

N.S. Shpilev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

A.V. Polenok – Postgraduate student at the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

N.I. Rozhnov – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Head of the Bryansk Region Branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhoztsentr".

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 13.07.2026, одобрена после рецензирования 27.07.2026, принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 13.07.2026, approved after reviewing 27.07.2026, accepted for publication 09.09.2026.

© Торики В.Е., Мельникова О.В., Шпилёв Н.С., Поленок А.В., Рожнов Н.И.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ
 И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА
 (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья
 УДК 636.22/.28.084.523

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКАРМЛИВАНИЯ КОРМОСМЕСИ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ
 ЭНЕРГИИ КОРОВАМ В ПЕРИОД РАЗДОЯ**

Леонид Никифорович Гамко, Анна Георгиевна Менякина,
 Андрей Валентинович Кубышкин
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Цель исследования – оценить продуктивную и экономическую эффективность повышения уровня обменной энергии в кормосмесях коров голштинской породы в первые 100 суток лактации. Научно-хозяйственный опыт проведён на 30 коровах, распределённых по принципу аналогов на три группы по 10 голов. Контрольная группа получала рацион с 226,5 МДж обменной энергии в сутки; во II и III опытных группах за счёт дополнительного комбикорма энергетическую обеспеченность повышали до 249,1 и 260,5 МДж, или 110 и 115% от контроля. Увеличение поступления энергии сопровождалось ростом среднесуточного удоя с 26,0 до 28,0 и 30,0 кг, то есть на 7,7 и 15,4%. Массовая доля жира составляла 3,9% в опытных группах против 3,8% в контроле. Выход молочного жира увеличился с 98,8 до 109,2 и 117,0 кг, а выход молочного белка – с 80,6 до 92,4 и 99,0 кг. Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг молока находились в пределах 0,87–0,89. Полученные результаты согласуются с современными представлениями о высокой напряжённости энергетического обмена в период раздоя и возможности продуктивного ответа на повышение концентрации доступной энергии. Вместе с тем, экономический эффект определялся стоимостью дополнительного комбикорма. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексной оценки энергетической обеспеченности рациона, молочной продуктивности, кормовой эффективности и стоимости концентратов при организации раздоя высокопродуктивных коров.

Ключевые слова: кормосмеси, дойные коровы, продуктивность, качество молока.

Для цитирования: Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Кубышкин А.В. Эффективность скармливания кормосмеси с высоким уровнем энергии коровам в период раздоя // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 30-34.

Original article

**EFFICIENCY OF FEEDING HIGH-ENERGY FEED MIXTURE TO COWS DURING
 THE MILKING PERIOD**

Leonid N. Gamko, Anna G. Menyakina, Andrey V. Kubyshekin
 Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk Region, Russia

Abstract. The objective of this research was to evaluate the productive and economic effects of increasing metabolizable energy supply in total mixed rations of Holstein cows during the first 100 days of lactation. Thirty cows were allocated by the analogue principle to three groups of 10 animals. The control group received the basal ration providing 226.5 MJ of metabolizable energy per day. In experimental groups II and III, additional compound feed increased daily metabolizable energy supply to 249.1 and 260.5 MJ, corresponding to 110 and 115% of the control level. Increasing energy supply was associated with an increase in average daily milk yield from 26.0 kg in the control group to 28.0 and 30.0 kg in groups II and III, or by 7.7 and 15.4%, respectively. Milk fat content was 3.9% in both experimental groups versus 3.8% in the control. Milk fat yield increased from 98.8 to 109.2 and 117.0 kg, while the reported milk protein yield increased from 80.6 to 92.4 and 99.0 kg. Energy feed-unit expenditure per kilogram of milk remained within 0.87–0.89. The results obtained are consistent with current concepts of intensive energy metabolism and negative energy balance risk in early lactation. However, the economic response depended strongly on the price assigned to additional concentrate. The results obtained confirm the need for a comprehensive assessment of the energy supply of the diet, dairy productivity, feed efficiency and cost of concentrates when organizing the early lactation of highly productive cows.

Keywords: feed mixtures, dairy cows, productivity, milk quality.

For citation: Gamko L.N., Menyakina A.G., Kubyshkin A.V. Efficiency of feeding high-energy feed mixture to cows during the milking period // *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2026. № 5 (117). pp. 30-34.

Введение. Для высокопродуктивных лактирующих коров в состав кормосмесей рекомендуется включать качественные корма с высоким содержанием физиологически полезной энергии и необходимых организму основных питательных веществ, так как в период раздоя организм коров испытывает достаточно высокую напряженность при максимальном расходе обменной энергии на основные физиологические функции [1, 2, 3]. Известно, что у коров в период раздоя с первых дней лактации происходят функциональные изменения, которые затрагивают все системы организма. Питательные вещества, поступившие в желудочно-кишечный тракт коров, а затем в кровь, расходуются значительно быстрее с учётом синтеза молока, поэтому важно следить за обеспечением животных полноценными энергетическим и протеиновым питанием [4, 5]. Отечественный и зарубежный опыт кормления высокопродуктивных животных показывает, что лактирующим коровам наиболее эффективно скармливать все компоненты рациона в виде кормовой смеси, даже в условиях беспривязного содержания скота [6- 13]. В крупных сельскохозяйственных организациях в кормлении лактирующих коров применяют полнорационные кормосмеси, обеспечивающие нормы потребности в энергии и питательных веществах.

Цель исследований – установить влияние повышения уровня обменной энергии кормосмеси до 110 и 115% относительно базового рациона на молочную продуктивность, состав молока, затраты корма и экономические показатели производства молока у коров голштинской породы в первые 100 суток лактации.

Материал и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт проведён в ООО «Агрофирма Культура» Брянского района на коровах голштинской породы. По принципу аналогов сформировали три группы по 10 голов. Контрольная группа получала основной рацион в виде кормосмеси; во II и III группах энергетическую обеспеченность повышали за счёт дополнительного включения комбикорма соответственно на 1,9 и 2,8 кг на голову в сутки. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в опыте, гол.	Условия кормления коров в опыте	Уровень энергии, %	Количество обменной энергии в сутки, МДж
I - контрольная	10	ОР (Основной рацион) Кормосмесь	100,0	226,5
II - опытная	10	ОР + кормосмесь с добавлением 1,9 кг комбикорма	110,0	249,1
III - опытная	10	ОР + кормосмесь с добавлением 2,9 кг комбикорма	115,0	260,5

Ступенчатое повышение суточного поступления обменной энергии на 10 и 15% моделирует усиление энергетического питания в период ранней лактации, когда потребность в энергии на синтез молока возрастает быстрее, чем способность коровы увеличивать потребление корма. В этот период отрицательный энергетический баланс сопровождается мобилизацией тканевых резервов и изменением метаболического профиля; поэтому повышение доступности энергии может поддерживать молочную продуктивность, если не нарушается структурная полноценность рациона [8–11].

Учётный период продолжался 100 суток и соответствовал периоду интенсивного раздоя. Уровень обменной энергии рационов изменяли за счёт дополнительного количества комбикорма при сохранении базового набора компонентов кормосмеси. Индивидуальную молочную продуктивность учитывали по результатам контрольных доек; физико-химические показатели молока определяли по методике ВИЖ. Питательность кормосмесей рассчитывали по химическому составу и энергетической ценности входящих в них кормов.

Результаты исследований и их обсуждение. Эксперимент проводили в первые 100 суток лактации – период, когда рост потребности в энергии для синтеза молока нередко опережает увеличение потребления сухого вещества и формируется отрицательный энергетический баланс. Современные исследования показывают, что выраженность энергетического дефицита в раннюю лактацию связана с метаболическим статусом коров и составом молока [8–11]. Поэтому увеличение энергетической обеспеченности рациона в этот период физиологически обосновано, однако его производственный эффект зависит не только от валового поступления энергии, но и от структуры рациона, потребления сухого вещества и доли концентратов. Состав базовой кормосмеси приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Состав кормосмеси для лактирующих коров контрольной группы

Корма в составе кормосмеси	Количество корма, кг	Содержится обменной энергии, МДж	% от общего количества обменной энергии
Сено луговое	1	6,42	2,83
Солома овсяная	1	5,38	2,38
Сенаж вико-овсяный	12	45,60	20,13
Силос кукурузный	26	59,8	26,40
Комбикорм	5,0	59,0	26,0
Отруби ржаные	0,5	4,48	1,98
Жмых подсолнечниковый	1,0	10,08	4,45
Жмых рапсовый	1,5	17,0	7,50
Патока	2,0	18,78	8,33
Итого:	×	226,5	100

В базовой кормосмеси основная доля обменной энергии поступала из кукурузного силоса (26,40%) и комбикорма (26,0%), тогда как сенаж обеспечивал 20,13%. Такое сочетание объёмистых и концентрированных кормов формирует энергетическую основу рациона и одновременно поддерживает поступление структурных углеводов. При увеличении количества комбикорма энергетическая плотность рациона возрастает, однако биологический ответ определяется не только количеством энергии: высокая доля быстроферментируемых концентратов может изменять соотношение летучих жирных кислот в рубце и показатели молочного жира. Поэтому при интерпретации опыта важно рассматривать энергетическую обеспеченность совместно со структурой кормосмеси [12, 13].

Дополнительно к кормосмеси скармливали 75 г поваренной соли, 110 г кормового мела и 100 г соды на голову в сутки. Для опытных групп использовали кормосмеси того же базового состава, увеличивая количество комбикорма на 1,9 кг во II группе и на 2,9 кг в III группе, что обеспечивало повышение суточного поступления обменной энергии с 226,5 до 249,1 и 260,5 МДж, то есть на 10 и 15% относительно контроля. Такая постановка опыта позволяет оценить продуктивный отклик на дополнительную энергетическую обеспеченность, но одновременно отражает эффект изменения доли концентратов в рационе. По данным современных работ, увеличение концентратной части может повышать удой и выход молочных компонентов, однако при чрезмерной доли концентратов ответ по жирности молока и эффективности использования корма зависит от состава рациона и условий кормления [12, 13]. Результаты по молочной продуктивности и составу молока представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Продуктивность дойных коров и некоторые показатели качества молока в период наdoa при скармливании кормосмеси с разным уровнем обменной энергии

Показатель	Группа		
	I - контрольная	II - опытная	III - опытная
Удой от коровы за период опыта, кг	2600	2800	3000
Среднесуточный удой, кг	26,0±0,85	28,0±0,73	30,0±0,90**
% к контрольной группе	100	107,7	115,4
Массовая доля жира в молоке, %	3,8±0,03	3,9±0,05	3,9±0,05
Массовая доля белка в молоке, %	3,1 ± 0,04	3,3±0,02	3,3±0,04
Выход молочного жира, кг	98,8	109,2	117,0
Выход белка в молоке коров в период раздоя, кг	80,6	92,4	99,0
Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг молока	0,87	0,89	0,87

**P<0,01

Данные таблицы 3 характеризуют выраженный производственный отклик на повышение энергетической обеспеченности кормосмеси. Среднесуточный удой увеличился с 26,0 кг в контроле до 28,0 и 30,0 кг во II и III группах, что соответствует приросту на 7,7 и 15,4%. Биологически такая направленность закономерна для ранней лактации: в первые недели после отёла потребность в энергии на синтез молока возрастает быстрее, чем потребление сухого вещества, а часть энергии молока обеспечивается мобилизацией тканевых резервов. Daniel et al. показали, что в первые недели лактации вклад мобилизованной энергии тела в энергию, экспортируемую с молоком, может быть значительным; Pires et al. также подтвердили тесную связь энергетического статуса с метаболическим профилем молока [14, 15]. Повышение концентрации доступной энергии за счёт концентратов увеличивает поступление глюкогенных предшественников и может поддерживать синтез лактозы и секрецию

молока, однако эффект зависит от состава рациона, потребления сухого вещества и физиологического состояния коров [16]. Массовая доля жира изменялась незначительно (3,8–3,9%), тогда как абсолютный выход молочного жира закономерно возрастал вследствие большего объема молока. Экономическая эффективность исследований представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства молока при разном уровне обменной энергии в расчёте на одну голову

Показатель	Группа		
	I - контрольная	II - опытная	III - опытная
Удой от одной коровы за период опыта, кг	2600	2800	3000
Молоко в пересчете на базисную жирность, кг/гол	2905,9	3211,8	3441,2
Затраты на корма, руб. за опыт	26750	26750	26750
Стоимость скормленных дополнительно комбикормов, руб.	×	5700	8700
Оплата оператору машинного доения, руб.	10730	11311	12158
Стоимость израсходованной электроэнергии, руб.	920	935	955
Стоимость горюче-смазочных материалов, руб.	1024	1226	1340
Ветеринарное обслуживание животных в опыте, руб.	1420	1512	1480
Прочие расходы, руб.	2722	2770	2820
Всего затрат	43566	50204	54203
Выручка от молока в пересчете на базисную жирность, кг от группы	104612,4	115624,8	123883,2
% к контрольной группе	100,0	110,53	118,42
Прирост выручки к контролю, руб.	×	11012,5	19270,8

Дополнительная выручка относительно контроля от реализации молока коров опытных групп была больше на 10,53 и 18,42 % соответственно.

Заключение. Повышение суточного поступления обменной энергии с 226,5 до 249,1 и 260,5 МДж в первые 100 суток лактации сопровождалось увеличением среднесуточного удоя коров голштинской породы с 26,0 до 28,0 и 30,0 кг, или на 7,7 и 15,4% относительно контроля. При близкой массовой доли жира увеличение общего выхода молочного жира и белка было обусловлено прежде всего ростом объема произведённого молока. Полученная направленность эффекта согласуется с физиологией ранней лактации, для которой характерны высокая потребность в энергии и риск отрицательного энергетического баланса. Вывод о положительном влиянии повышенной энергетической обеспеченности на удой может рассматриваться как установленная тенденция при повышении энергетического питания на 10% и достоверно больше при увеличении на 15% в условиях опыта, что подтверждается экономической целесообразностью.

Список источников

1. Зоотехническая и экономическая оценка применения энергетических добавок в рационах высокопродуктивных коров / И.Н. Миколайчик, Л.А. Морозова, Н.М. Костомахин, Е.Н. Булыгина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 4. С. 20-26.
2. Эффективность применения белкового концентрата в рационах высокопродуктивных коров / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 2 (187). С. 15-25.
3. Состав кормосмесей и их энергетическая питательность для лактирующих коров в период раздоя / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников и др. // Зоотехния. 2021. № 3. С. 13-17.
4. Влияние минерального гранулированного комплекса на молочную продуктивность и качественные показатели молока коров / С.И. Николаев, Д.Н. Ранделин, Н.М. Костомахин и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 7 (192). С. 33-42.
5. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Подольников В.Е. Стратегия кормления лактирующих коров в период раздоя в условиях сельскохозяйственных предприятий // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (85). С. 21-26. DOI 10.52691/2500-2651-2021-85-3-21-26.
6. Головин А.В., Рыков Р.А. Влияние энергообеспеченности рациона коров на молочную продуктивность и биохимический статус крови // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 3. С. 71-77.

7. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве: учебное пособие для вузов / И.В. Малявко, Л.Н. Гамко, В.А. Малявко и др. СПб.: Лань, 2022. 180 с.
8. Relationship between energy balance and metabolic profiles in plasma and milk of dairy cows in early lactation / W. Xu, J. Vervoort, E. Saccenti et al. // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103, No. 5. P. 4795–4805.
9. Metabolomics of Milk Reflects a Negative Energy Balance in Cows / W. Xu, van A. Knegsel, E. Saccenti et al. // Journal of Proteome Research. 2020. Vol. 19, No. 8. P. 2942–2949.
10. Milk fatty acids as indicators of negative energy balance of dairy cows in early lactation / M. Churakov, J. Karlsson, A. Edvardsson Rasmussen, K. Holtenius // Animal. 2021. Vol. 15, No. 7. P. 100253.
11. Effect of feed restriction on dairy cow milk production: a review / A. Leduc, S. Souchet, M. Gelé et al. // Journal of Animal Science. 2021. Vol. 99, No. 7. P. 130.
12. Replacing silage with large amounts of concentrate and straw affects milk production, economics and climate differently in Holstein and Jersey cows / C.F. Børsting, D.W. Olijhoek, A.L.F. Hellwing et al. // Livestock Science. 2023. Vol. 275. P. 105293.
13. Piantoni P., VandeHaar M.J. Symposium review: The impact of absorbed nutrients on energy partitioning throughout lactation // Journal of Dairy Science. 2023.
14. Allen M.S. Symposium review: Integrating the control of energy intake and partitioning into ration formulation // Journal of Dairy Science. 2023. Vol. 106, No. 3. P. 2181–2190.
15. Digestive and metabolic efficiency of energy and nitrogen during lactation and the dry period in dairy cows / J.-B. Daniel, M.V. Sanz-Fernandez, K. Nichols et al. // Journal of Dairy Science. 2022. Vol. 105, No. 12. P. 9564–9580.
16. Pires J.A.A., Larsen T., Leroux C. Milk metabolites and fatty acids as noninvasive biomarkers of metabolic status and energy balance in early-lactation cows // Journal of Dairy Science. 2022. Vol. 105, No. 1. P. 201–220.

Информация об авторах:

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

А.Г. Менякина – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. menyakina77@ya.ru

А.В. Кубышкин – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

A.G. Menyakina – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University. menyakina77@ya.ru

A.V. Kubyshkin – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management, 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 15.08.2026; одобрена после рецензирования 23.08.2026, принята к публикации 27.09.2026.

The article was submitted 15.08.2026; approved after reviewing 23.08.2026; accepted for publication 27.09.2026.

© Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Кубышкин А.В.

Научная статья
УДК 636.92

ГИБРИДНЫЕ ЛИНИИ И КРОССЫ КРОЛИКОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРОЛЬЧАТИНЫ

Владимир Васильевич Кривопушкин, Ирина Леонидовна Гапонова
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. ООО Агрохолдинг «Кролково» применяет промышленную технологию производства крольчатины, производит тушки кроликов, кроличьи полуфабрикаты, субпродукты, комбикорм и кроликов для домашнего разведения. Генетической основой высокопродуктивного кролиководства являются крольчихи прародители гибридной линии Нусоле, импортируемые из Венгрии. В производственных условиях ООО Агрохолдинг «Кролково» создана родительская гибридная линия крольчих Нусоле, от которых получают крольчат для крупногруппового выращивания и откорма на мясо. В хозяйстве ведут работу над созданием кроликов отечественной мясной гибридной линии Вельяминовская. Установлено, что живая масса крольчат линии Вельяминовская (1 группа) при откорме для убоя в возрасте 77 дней была на 115,26 г или 4,70 % больше и убойный выход на 0,95 % больше, чем у крольчат 2 группы, полученных от крольчих прародителей линии Нусоле, но расходовали больше кормов на единицу прироста живой массы. Крольчата 3 группы, полученные от крольчих родителей линии Нусоле, в этих условиях имели на 201,59 г или 8,23 % меньшую живую массу, но лучше оплачивали корм и имели на 0,92 % лучший убойный выход. Выявленные особенности подопытных животных позволяют рекомендовать селекционерам сохранять высокую долю в основном стаде кроликов, полученных от родительской гибридной линии Нусоле, а с кроликами гибридной линии Вельяминовская продолжить отбор и подбор пар для получения потомства с высокой живой массой при завершении откорма. По экономической эффективности оказались желательным типом, для массового разведения.

Ключевые слова: кросс линий, живая масса, откормочные качества и мясная продуктивность крольчат.

Для цитирования: Кривопушкин В.В., Гапонова И.Л. Гибридные линии и кроссы кроликов в технологии производства крольчатины // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 35-39.

Original article

RABBIT HYBRID LINES AND CROSSES IN RABBIT MEAT PRODUCTION TECHNOLOGY

Vladimir Vasil'yevich Krivopushkin, Irina Leonidovna Gaponova
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. Krolkovo Agrohholding LLC uses industrial rabbit meat production technology, produces rabbit carcasses, semi-finished rabbit products, by-products, compound feed, and rabbits for home breeding. The genetic basis of highly productive rabbit breeding are the ancestral female rabbits of the hybrid Hycole line, imported from Hungary. In the production conditions of Krolkovo Agrohholding LLC, a parental hybrid line of Hycole rabbits was created, which give birth to baby rabbits for large-group rearing and fattening for meat. The holding is working on developing rabbits of the domestic meat hybrid line Velyaminovskaya. It was established that the live weight of Velyaminovskaya line baby rabbits (the group 1) when fattened for slaughter at the age of 77 days was 115.26 g or 4.70% larger and the slaughter yield was 0.95% larger than that of the baby rabbits of the group 2 born from the Hycole line ancestral female rabbits, but they consumed more feed per unit of live weight gain. The baby rabbits of the group 3, born from the Hycole line ancestral female rabbits, under these conditions had a live weight of 201.59 g or 8.23% less, but paid better for the feed and had a 0.92% better slaughter yield. The characteristics identified in the test animals allow us to recommend for breeders to maintain a high proportion of rabbits born from the Hycole hybrid ancestral female rabbits in the core herd, and as for the Velyaminovskaya hybrid line, continue a selection and mating pair optimization to produce offspring with high live weight at the end of the fattening period. In terms of economic efficiency, they proved to be a desirable type for mass breeding.

Keywords: cross lines, live weight, fattening qualities and meat productivity of baby rabbits

For citation: Krivopushkin V.V. Gaponova I.L. Rabbit hybrid lines and crosses in rabbit meat production technology // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 5 (117). pp. 35-39.

Введение. По данным статистического учёта: «Кролиководство Брянской области развивается в личных подсобных хозяйствах граждан и в крупном агрохолдинге ООО «Кролково», содержащем

11 200 кроликоматок с приплодом и долей самцов» [1]. Применяя промышленную технологию производства крольчатины, это хозяйство производит тушки кроликов, кроличьи полуфабрикаты, субпродукты, комбикорм и кроликов на продажу.

Целью наших исследований является анализ живой массы, откормочных качеств и мясной продуктивности крольчат мясной линии Вельяминовская I в сравнении с импортными гибридами линии Нусоле в условиях ООО Агрохолдинг «Кролково».

Для достижения поставленной цели нами решены следующие задачи:

1. Изучить динамику живой массы исследуемых крольчат.

2. Изучить откормочные качества и мясную продуктивность крольчат самцов, по результатам контрольного убоя.

Материалы и методы исследований. Материалом исследований являются крольчата гибридных линий Вельяминовская в сравнении с крольчатами, полученными от самок гибридной линии Нусоле в условиях ООО Агрохолдинг «Кролково». Для участия в исследованиях методом случайной выборки были сформированы 3 группы крольчат: 1 группа - крольчата мясной линии Вельяминовская, созданной в ООО Агрохолдинг «Кролково»; 2 группа - крольчата, полученные от кроличих прародителей линии НУСОЛЕ, импортированных из Венгрии; 3 группа - крольчата, полученные от кроличих родительской линии НУСОЛЕ, выращенных в ООО Агрохолдинг «Кролково».

Все исследуемые крольчата содержались в одинаковых условиях. Живую массу крольчат исследовали взвешиванием на электронных весах М-ER 327 АС(РХХ), с пределом взвешиваний от 0,1 кг до 5,00 кг, еженедельно рано утром до кормления и поения. Откормочные качества крольчат изучены по среднесуточным приростам живой массы, расходу кормов и затратам кормов на 1 кг прироста живой массы. Убойные и мясные качества крольчат-самцов, по 5 голов типичных для каждой группы животных, исследованы в соответствии с требованиями ВИЖ и ВНИИМП [2]. Результаты исследований обработаны методами вариационной статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Результаты собственных исследований и их обсуждение. Динамика средней живой массы крольчат исследуемых групп представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Динамика средней живой массы крольчат

Период роста	Возраст крольчат, дни	Группы кроликов		
		1	2	3
		Живая масса по периодам роста, г		
1	21 день	355,27±8,01	337,14 ±7,24	324,30 ±7,59
2	28 дней	570,18±8,33	558,18 ±7,52	532,86 ±7,87
3	35 дней	850,94±8,56	879,96 ±7,91	789,72 ±8,14
4	42 дня	1073,76±9,94	1169,16 ±9,12	1075,64 ±10,72
5	49 дней	1489,12±13,21	1479,85 ±12,32	1451,78 ±11,60
6	56 дней	1861,34±21,14	1756,64 ±16,81	1787,61 ±18,31
7	63 дня	2046,44±21,08	2075,23 ±17,53	2037,19 ±19,16
8	70 дней	2432,56±24,19	2216,28 ±21,44	2283,47 ±22,80
9	77 дней	2805,34±24,56	2671,95 ±23,79	2572,78 ±24,22
Валовой прирост за весь период, г		2450,07	2334,81	2248,48

Следует отметить, что крольчата исследуемых групп неоднократно меняли лидерство по живой массе по периодам роста. Однако, в возрасте 77 дней, при снятии с откорма на убой, лидерами по живой массе были крольчата 1 группы, их живая масса на 115,26 граммов или 4,70 % при $P < 0,95$ была больше, чем у крольчат 2 группы и на 201,59 граммов или 8,23 % при $P > 0,95$ больше, чем у крольчат 3 группы. Более наглядно это представлено на диаграмме рисунка 1.

Динамика живой массы крольчат

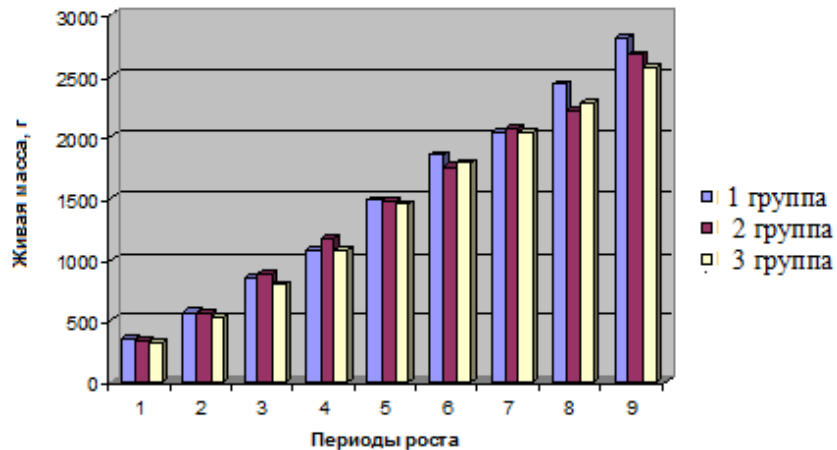


Рисунок 1 – Диаграмма динамики живой массы крольчат

Нестабильная динамика роста крольчат мясных линий в разные возрастные периоды подтверждает закономерность периодичности роста и отмечена в исследованиях других авторов [3, 4, 5].

Крольчата всех групп от отъёма от матерей до завершения откорма получали специальные комбикорма для кроликов, расход которых представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расход комбикормов на выращивание крольчат, г

Вид корма	Группы кроликов		
	1	2	3
Среднесуточный прирост живой массы, г	31,82±2,08	30,32±1,27	29,20±1,64
Комбикорм кг, для отъёма с 21 до 55 дня	2,728±0,63	2,486±0,76	2,472±0,42
Комбикорм кг, для откорма с 56 до 77 дня	4,12±0,62	3,82±0,87	3,78±0,24
Всего: расход кормов, кг на 1 голову	6,848±0,94	6,306±0,26	6,252±0,67
Расход кормов на 1 голову, ЭКЕ	8,423±1,23	7,756 ±1,02	7,690±1,14
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, ЭКЕ	3,438±0,92	3,322±0,71	3,420±0,16

Максимальный среднесуточный прирост живой массы за весь период выращивания и откорма был у крольчат 1 группы, они опережали по этому показателю сверстников 2 группы на 1,5 г или 4,71 % в сутки при $P < 0,95$ и крольчат 3 группы на 2,62 г или 8,23 % в сутки при $P > 0,95$. Крольчата 1 группы отличались максимальным потреблением комбикорма. В расчёте на 1 кг прироста живой массы крольчата 1 группы расходовали кормов на 0,116 энергетических кормовых единиц больше, чем крольчата 2 группы и на 0,018 энергетических кормовых единиц больше, чем крольчата 3 группы. Следовательно, крольчата 2 группы отличались лучшей конверсией корма в прирост живой массы, чем сверстники других групп.

Материалы опубликованные Трифановым А. В., Базыкиным В. И. с соавторами, а также Квартниковой Е. Г., Кровиной Е. В. с соавторами указывают, что: «Повышенный расход кормов у интенсивно растущих кроликов это физиологическая норма. Кролик в первые три месяца жизни активно увеличивает свою живую массу, следовательно, интенсивность обмена веществ в его организме существенно возрастает по сравнению с этим показателем в старшем возрасте. Авторы исследований обращают внимание, что при этом следует учитывать конверсию корма, количество кормовых единиц, расходуемых организмом кролика на единицу прироста живой массы [6, 7]». Это согласуется с результатами наших исследований и является биологической закономерностью.

Для контроля мясной продуктивности крольчат участвующих в исследованиях выполнен контрольный убой по 5 голов крольчат самцов, типичных для каждой группы исследуемых животных. Результаты контрольного убоя крольчат представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты контрольного убоя кроликов

Показатели	Группы кроликов		
	1	2	3
Предубойная масса, г	2820,53±21,24	2650,21±17,14	2550,74 ±18,76
Масса парной тушки, г	1453,76±13,89	1380,12 ±12,49	1358,34±11,96
Выход тушки, %	51,54	52,08	53,25
Масса внутреннего жира, г	122,83±3,56	76,18±2,74	91,01±3,16
Выход жира, %	4,36	2,88	3,57
Убойная масса, г	1576,59±11,34	1456,30±8,95	1449,35±8,56
Убойный выход, %	55,90	54,95	56,82

Основным показателем мясной продуктивности кроликов является масса парной тушки, а дополнительной продукцией – внутренний жир, пищевые субпродукты и шкурка. В результате наших исследований установлено, что масса парной тушки крольчат 1 группы была на 170,32 грамма или 6,304 % при $P>0,95$ больше, чем у крольчат 2 группы и на 269,79 граммов или 9,57 % больше, чем у крольчат 3 группы при $P>0,99$, а масса парной тушки крольчат 2 группы была на 99,47 граммов или 3,75 % больше, чем у крольчат 3 группы при $P<0,95$. Масса внутреннего жира у крольчат 1 группы на 46,65 граммов или 37,98 % больше, чем у крольчат 2 группы и на 31,82 грамма или 25,91 % больше, чем у крольчат 3 группы при $P>0,99$ соответственно.

Убойная масса крольчат 1 группы на 120,29 граммов или на 7,63 %, $P>0,95$ больше, чем у крольчат 2 группы и на 127,24 грамма или на 8,070 %, при $P>0,95$ больше, чем у крольчат 3 группы. Убойный выход у крольчат 1 группы на 0,95 % при $P<0,95$ выше, чем у крольчат 2 группы, но на 0,92 % при $P<0,95$ меньше, чем у крольчат 3 группы.

Материалы исследований Квартниковой Е. Г., Василевича С. Ф., Зеленова М. Е. и других исследователей, показывают, что «Повышенное отложение жира на внутренних органах кроликов чаще встречается у интенсивно растущих животных при свободном доступе к полнорационным кормовым смесям или гранулам. Чаще подобные особенности наблюдались у мясных гибридов. Это могло сопровождаться формированием у животных откормочной кондиции, которая меняет тип конституции и пропорции экстерьера [8, 9, 10]».

Выводы. Исследования живой массы, откормочных качеств и мясной продуктивности крольчат мясной линии Вельяминовская в сравнении с прародительской и родительской гибридными линиями Нусоле позволяют сделать выводы:

1. Крольчата 1 группы - мясной линии Вельяминовская имели большую живую массу при снятии с откорма, но расходовали больше кормов на единицу прироста живой массы, имели меньший убойный выход, чем сверстники 3 группы – родители гибридной линии Нусоле. По экономической эффективности оказались менее желательным типом, для массового разведения.
2. Крольчата 2 группы по живой массе в конце откорма уступали сверстникам 1 группы, но расходовали минимальное количество кормов на килограмм прироста живой массы, отличались минимальным убойным выходом.
3. Крольчата 3 группы в конце откорма имели живую массу меньше, чем у сверстников из других групп, по расходу кормов на килограмм прироста занимали среднее положение, имели самый высокий убойный выход. Они оказались экономически более выгодными для промышленного производства крольчатины.

Предложения производству. Выявленные у крольчат исследуемых групп особенности позволяют рекомендовать хозяйству сохранять высокую долю в основном стаде кроликов, полученных от родительской гибридной линии Нусоле, выращенных в хозяйстве. А с кроликами гибридной линии Вельяминовская продолжить отбор и подбор пар для получения потомства с высокой живой массой при завершении откорма. Улучшать конверсию корма в мясную продукцию снижением отложений жира на внутренних органах, вести отбор на уменьшение массы головы, ливера, шкурки и лапок у крольчат. Это улучшит показатели убойного выхода.

Список источников

1. Брянскстат. Состояние животноводства в хозяйствах всех категорий за январь – декабрь 2026 года // Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Брянской области. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: 32.rosstat.gov.ru. - 06.07.2026 г.
2. Методика проведения контрольного убоя и оценки мясной продуктивности сельскохозяйственных животных / ВИЖ, ВНИИМП. 1984. 58 с.

3. Закономерности роста и развития кроликов мясных пород европейской селекции в условиях Беларуси // КиберЛенинка. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: cyberleninka.ru. - 05.07.2026 г.
4. Губина В.А., Михайлов А.В., Михайлова Е.В. Влияние лактулозосодержащей пребиотической кормовой добавки «Ветелакт» на динамику живой массы кроликов калифорнийской породы // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2025. № 6. С. 123–130. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-123-130
5. Иванова И.П., Петров А.С. Особенности роста и развития молодняка кроликов при разном уровне энергетического питания // Зоотехния. 2026. № 3. С. 15–21.
6. Математические модели расхода кормов и прироста живой массы молодняка кроликов при выращивании в технологическом модуле / А.В. Трифанов, В.И. Базыкин, И.Е. Плаксин, А.М. Соколов // АгроЭкоИнженерия. 2023. № 2 (115). С. 123–140.
7. Целесообразность применения витаминно-минерального премикса при откорме молодняка кроликов кросса Родник / Е.Г. Квартникова, Е.В. Кровина, А.Р. Шумилина и др. // Вестник КрасГАУ. 2025. № 12 (225). С. 211–229.
8. Квартникова Е.Г., Василевич С.Ф., Зеленев М.Е. Влияние уровня жира в рационе на мясную продуктивность кроликов // Вестник КрасГАУ. 2025. № 3. С. 149–160.
9. Агейкин А.Г. Интенсивность роста мясных гибридов кроликов с 1 по 45 день // Пермский аграрный вестник. 2025. № 1 (49).
10. Котлярова С.Н. Влияние интенсивности освещения на мясную продуктивность кроликов // Вестник КрасГАУ. 2025. № 11. С. 119–124.

Информация об авторах

В.В. Кривопушкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, krivladv@mail.ru.

И.Л. Гапонова – студентка ФГБОУ ВО Брянской ГАУ, зоотехник-селекционер ООО Агрохолдинг «Кролково», irinaleo.1980@yandex.ru.

Information about the authors.

V.V. Krivopushkin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Nutrition, Private Animal Science and Processing of Livestock Products, Bryansk State Agricultural University, krivladv@mail.ru.

I.L. Gaponova – student of the Bryansk State Agricultural University, livestock breeder at Krolkovo Agroholding LLC.

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 18.08.2026, одобрена после рецензирования 12.09.2026, принята к публикации 06.10.2026.

The article was submitted 18.08.2026, approved after reviewing 12.09.2026, accepted for publication 06.10.2026.

© Кривопушкин В.В., Гапонова И.Л.

Научная статья
УДК 636.52/.58.087.7

ОСОБЕННОСТИ МАКРОМОРФОЛОГИИ ЦЕКУМА ПТИЦЫ МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ КОРРЕКЦИИ pH-БАЛАНСА РАЦИОНА

Виктор Николаевич Минченко, Виктория Романовна Иванова, Мария Николаевна Романенко, Анастасия Максимовна Паршикова, Виктория Витальевна Мартынюк
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования влияния кормовой добавки из группы подкислителей «Сиртила» на морфометрические параметры слепых кишок цыплят-бройлеров кросса «Cobb 500». Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска эффективных способов повышения продуктивности птицы, при этом существующие литературные данные о влиянии подкислителей на анатомическое строение цекального отдела кишечника остаются фрагментарными. В ходе эксперимента на 46-суточных цыплятах оценивали абсолютную и относительную массу, общую длину, а также линейные промеры отдельных анатомических частей (верхушка, тело, шейка) правой и левой слепых кишок при введении добавки в дозировках 0,5, 10 и 20 кг на 1 тонну комбикорма. Установлено, что минимальная дозировка (0,5 кг/т) вызывает гетерогенную реакцию с преимущественной стимуляцией дистального отдела левой кишки (увеличение верхушки на 16,2%; $P < 0,05$). Наиболее выраженные и статистически достоверные изменения выявлены при дозировке 10 кг/т, проявляющиеся в асимметричном эффекте: достоверном увеличении длины тела правой кишки на 6,9% ($P < 0,05$) и редукции тела левой кишки на 10,8% ($P < 0,01$), что может указывать на перераспределение функциональной нагрузки. Критической признана дозировка 20 кг/т, вызывающая выраженные инволютивные изменения: снижение массы правой кишки на 39,3% ($P < 0,001$), левой – на 29,9% ($P < 0,01$) и уменьшение длины левой кишки на 11,0% ($P < 0,05$), что свидетельствует о токсическом эффекте передозировки. Масса и длина кишок в первых двух опытных группах оставались на уровне контроля, что подтверждает отсутствие негативного воздействия низких доз. Оптимальной дозировкой для стимуляции роста без угнетения цекального пищеварения является 10 кг/т, однако необходимо учитывать разнонаправленность изменений между правой и левой кишками. Полученные данные важны для ветеринарной морфологии и разработки рационов, направленных на сохранение иммунной и ферментативной функций слепых кишок.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, слепые кишки, анатомические части, кормовая добавка, морфометрия.

Для цитирования: Особенности макроморфологии цекума птицы мясного направления при коррекции pH-баланса рациона / В.Н. Минченко, В.Р. Иванова, М.Н. Романенко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 40-44.

Original article

FEATURES OF CECUM MACROMORPHOLOGY OF MEAT-TYPE POULTRY WHEN CORRECTING THE DIETARY pH BALANCE

Victor N. Minchenko.; Victoriya R. Ivanova, Mariya N. Romanenko, Anastasiya M. Parshikova, Victoriya V. Martynyuk

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the results of an experimental research of the effect of a feed additive from the group of acidifiers "Syrtila" on the morphometric parameters of the cecum of broiler chickens of the Cobb 500 cross. The relevance of the work is due to the need to find effective ways to increase poultry productivity, while the existing literature data on the effect of acidifiers on the anatomical structure of the cecal section of the intestine remain fragmentary. During the experiment, the absolute and relative weight, total length, and linear measurements of individual anatomical parts (tip, body, neck) of the right and left cecum were evaluated on 46-day-old chickens when introducing the additive in dosages of 0.5, 10, and 20 kg per 1 ton of combined feed. The minimum dosage (0.5 kg/t) was found to cause a heterogeneous reaction with predominant stimulation of the distal part of the left intestine (an increase in the tip by 16.2%; $P < 0.05$). The most pronounced and statistically significant changes were detected at a dosage of 10 kg/t, manifested in an asymmetric effect: a significant increase in the body length of the right intestine by 6.9% ($P < 0.05$) and a reduction in the body of the left intestine by 10.8% ($P < 0.01$), which may indicate a redistribution of functional load. The dosage of 20 kg/t was considered to be critical, causing pronounced involutive changes: a decrease in the mass of the right intestine by 39.3% ($P < 0.001$), the left - by 29.9% ($P < 0.01$) and a decrease

in the length of the left intestine by 11.0% ($P < 0.05$), which indicates the toxic effect of overdose. The weight and length of the intestines in the first two experimental groups remained at the control level, which confirms the absence of negative effects of low doses. The optimal dosage for stimulating growth without inhibiting cecal digestion is 10 kg /t, however, it is necessary to take into account the multidirectional changes between the right and left intestines. The data obtained are important for veterinary morphology and development of diets aimed at preserving the immune and enzymatic functions of the cecum.

Keywords: broiler chickens, cecum, anatomical parts, feed additive, morphometry.

For citation: Features of cecum macromorphology of meat-type poultry when correcting the dietary pH balance / V.N. Minchenko, V.R. Ivanova, M.N. Romanenko et al. // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. No. 5 (117). pp. 40-44.

Введение. Одним из перспективных направлений поиска новых решений для повышения сохранности и продуктивности птицы является применение кормовых добавок из группы подкислителей. Исследования ряда авторов свидетельствуют о положительном влиянии подкислителей различных групп, при включении их в системы поения или полнорационные комбикорма, на сохранность, среднесуточный прирост, развитие птицы, экономическую эффективность выращивания, за счет снижения pH среды и защиты энтероцитов тонкого отдела кишечника от воздействия патогенной микрофлоры [1, 2, 3, 6 - 8]. Однако в доступной литературе имеются фрагментарные сведения о влиянии кормовых добавок из группы подкислителей на морфологию слепых кишок и, в частности их анатомических частей. Тем не менее, в слепых кишках происходят жизненно важные биологические процессы, связанные с ферментацией клетчатки с помощью микрофлоры до летучих жирных кислот (ЛЖК). Всасывание ЛЖК, воды, некоторых электролитов, витаминов и их синтез (группы В, К), Основания слепых кишок богаты цекальными миндалинами, что позволяет выполнять также и иммунную функцию. На физиологический размер слепых кишок влияют внешние факторы, такие как возраст, порода, пол, условия выращивания, вакцинации, а также алиментарный. Понимание их строения и функций критически важно для птицеводства, ветеринарии и разработки кормовых добавок (пробиотики, пребиотики, ферменты), направленных на оптимизацию цекального пищеварения и укрепление иммунитета птицы.

Цель работы – выяснить степень влияния кормовой добавки из группы подкислителей «Сиртила» на абсолютную массу и макроморфометрические параметры слепых кишок цыплят-бройлеров.

Материалы и методика исследований. Для изучения по принципу пар-аналогов были сформированы четыре группы цыплят шестнадцатидневного возраста, по 50 голов в каждой. Экспериментальная часть работы выполнена на базе крестьянско-фермерского хозяйства в Брянской области в летний период. Объектом исследования являлась гибридная птица мясного кросса «Cobb 500». Контрольная группа цыплят получала основной рацион кормления; опытным группам в комбикорм вводилась кормовая добавка «Сиртила» в количестве 0,5 кг/1 т комбикорма (первая опытная группа), 10 кг/1 т комбикорма (вторая опытная группа) и 20 кг/1 т комбикорма (третья опытная группа). В возрасте 46 суток был произведен убой трех цыплят из каждой группы. Аналитическая часть работы выполнена в лаборатории цитологии и гистологии кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Массу птицы определяли с помощью электронных весов Ohaus Scout Pro SPU123. Длину анатомических частей слепых кишок (СК) определяли с помощью линейки с ценой деления 1 мм. Оценка изменений линейных промеров анатомических частей слепых кишок проведена путем вычисления процентного отношения показателей опытных групп (первой, второй и третьей) к соответствующим значениям контрольной группы, принятым за 100 %. Полученный в результате исследований цифровой материал подвергался биометрической обработке с применением критерия Стьюдента в программе Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждения. В результате, на момент убоя цыплят-бройлеров их масса в контрольной группе составляла $1993 \pm 68,1$, в первой, второй и третьей группах $2105 \pm 72,0$, $2088 \pm 56,1$ и $1840 \pm 49,2$ г соответственно. Исследованы абсолютная и относительная масса слепых кишок и их длина, а также проведены линейные промеры анатомических частей левой и правой слепых кишок и в частности, верхушки тела и шейки.

На рисунке 1 представлены показатели абсолютной длины анатомических частей (верхушка, тело, шейка) правой и левой слепых кишок в сравнительном аспекте. В первой опытной группе, на фоне минимальной дозировки добавки наблюдается гетерогенность реакции между правой и левой кишками. В левой кишке выявлено увеличение длины верхушки на 16,2% ($P < 0,05$) при отсутствии значимых изменений для тела и шейки. В правой кишке отмечается уменьшение верхушки на 4,9% и увеличение тела на 2,1% ($P > 0,05$). Дозировка 10кг/т оказывает активизирующее влияние в основном на дистальный отдел левой слепой кишки. Во второй группе кормовая добавка 10кг/т демонстрирует

наиболее значимые статистически достоверные изменения, затрагивающие обе кишки. В правой кишке отмечается увеличение длины тела на 6,9% ($P < 0,05$).

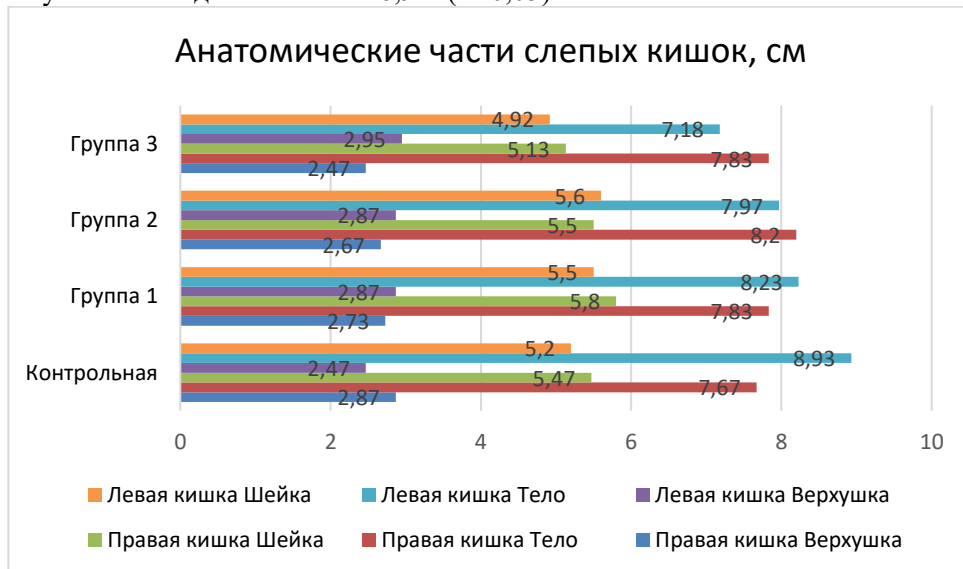


Рисунок 1 - Абсолютная длина анатомических частей слепых кишок цыплят-бройлеров

В левой кишке прослеживается уменьшение длины тела на 10,8% ($P < 0,01$). Верхушка левой кишки увеличена на 16,2% ($P > 0,05$). Диаметрально противоположный ответ на дозировку 10 кг/т наблюдали со стороны тела правой и левой кишок. Так, рост тела правой увеличивается, а левой наоборот, уменьшается. В третьей группе дозировка 20 кг/т приводит к дегенеративным процессам. В правой кишке наблюдалось уменьшение верхушки на 13,9% ($P < 0,05$) шейки и тела на 6,2%. В левой слепой кишке отмечено уменьшение тела на 19,6% ($P < 0,05$). Верхушка увеличена на 19,4% ($P > 0,05$) с высоким колебанием средней ошибки, что свидетельствует о высокой индивидуальной изменчивости. Дозировка 20 кг/т оказывает подавляющее действие на развитие тела и верхушки слепых кишок.

Таблица 1 - Абсолютная масса и длина слепых кишок кур (n=6)

Группа	Масса слепых кишок, г		
	Правая	Левая	Общая масса обеих кишок
Контрольная	3,49±0,08	3,55±0,15	7,04±0,22
Группа 1	3,49±0,05	3,56±0,56	7,05±0,60
Группа 2	3,51±0,15	3,59±0,15	7,10±0,29
Группа 3	2,12±0,14***	2,49±0,17**	4,62±0,25***
Группа	Длина слепых кишок, см		
	Правая	Левая	Общая масса обеих кишок
Контрольная	16,37±1,09	16,93±0,61	33,37±1,70
Группа 1	16,37±0,20	16,57±0,57	32,93±0,41
Группа 2	16,40±0,29	16,60±0,86	33,33±1,61
Группа 3	15,5±0,70	15,07±0,78*	30,57±1,48

Примечание: *) $P < 0,05$; **) $P < 0,01$; ***) $P < 0,001$ по сравнению с контрольной группой

У кур первой и второй опытных групп отсутствуют различия в весовых показателях относительно слепых кишок контрольных цыплят. Во второй группе отмечено незначительное увеличение массы на 0,6%. В третьей наблюдалось выраженное достоверное снижение массы на 39,3%. В первой опытной группе масса левой слепой кишки соответствовала 100,3% от контроля. Во второй группе данный показатель увеличился на 1,1%. В третьей группе масса левой слепой кишки оказалась достоверно ниже контрольных значений на 29,9%. Суммарный показатель массы обеих кишок в первой группе составил 100,1% от контроля, в группе 2 - 100,9%. В группе 3 общая масса достоверно снизилась на 34,4% относительно контроля.

При анализе линейных размеров слепых кишок установлено, что в первой и второй опытной группах различия с контролем носили несущественный характер. В третьей группе отмечена тенденция к уменьшению длины, достигшая статистической значимости для левой кишки. Длина правой слепой кишки в первой опытной группе соответствовала 100,0% от контроля. В второй группе зафиксировано незначительное увеличение на 0,2%. В третьей группе длина оказалась меньше контрольной на 5,3%; различия не достигали уровня статистической значимости при $P > 0,05$. В первой опытной группе длина левой слепой кишки составила 97,9% от контроля. Во второй группе данный параметр

снижился на 1,9%. В третьей группе выявлено наиболее выраженное уменьшение длины - на 11,0% относительно контроля ($P < 0,05$). Суммарная длина обеих кишок в первой группе составила 98,7% от контроля, во второй группе - 99,9%. В третьей группе общая длина оказалась ниже контрольных значений на 8,4%

Заключение. Проведенный сравнительный анализ показал, что у цыплят-бройлеров первой и второй групп масса и длина слепых кишок находились на уровне контрольных значений, с незначительными колебаниями в пределах 0–1,1% для массы и 0–2,1% для длины, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния исследуемых факторов на морфометрические параметры. В третьей группе установлены выраженные изменения: снижение массы правой слепой кишки на 39,3% ($P < 0,001$), левой - на 29,9% ($P < 0,01$) и общей массы - на 34,4% ($P < 0,001$); а также уменьшение длины левой слепой кишки на 11,0% ($P < 0,05$). Результаты исследований позволяют утверждать, что кормовая добавка «Сиртила» оказывает выраженное влияние на морфометрию слепых кишок цыплят-бройлеров. Оптимальной с точки зрения стимуляции роста основных анатомических отделов (без явного угнетения) можно считать дозировку 10 кг/т комбикорма, однако следует учитывать разнонаправленный характер изменений между правой и левой кишками. Дозировка 20 кг/т в третьей группе является избыточной и приводит к достоверному уменьшению ключевых отделов кишок, что может негативно сказаться на процессах ферментации и всасывания.

Список источников

1. Гамко Л.Н., Таринская Т.А. Влияние подкислителей на продуктивность и сохранность цыплят-бройлеров // Эффективное животноводство. 2015. № 5 (114). С. 26-27.
2. Донских П.П., Иванова В.Р. Морфология печени цыплят-бройлеров кросса «СОВВ-500» в убойный период при включении в рацион подкислителя // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвященный памяти доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, 22 января 2025 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2025. С. 72-80.
3. Матросова Ю.В., Овчинников А.А., Нугуманова К.А. Сравнительная эффективность использования различных подкислителей в рационах цыплятбройлеров при продленном сроке выращивания // Птицеводство. 2022. № 6. С. 27-31.
4. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 52-56.
5. Минченко В.Н., Донских П.П. Морфология печени цыплят-бройлеров кросса "Ross-308" в возрастном аспекте и при применении БАВ // Иппология и ветеринария. 2020. № 1 (35). С. 62-63.
6. Ноговицина Е.А., Мифтахутдинов А.В., Сайфульмулюков Э.Р. Морфометрическая характеристика печени, поджелудочной железы цыплят-бройлеров в период убоя и при применении антистрессовой кормовой добавки // АПК России. 2023. Т. 30, № 3. С. 410-415.
7. Влияние комплексного сорбента в рационе на микробиоценоз цыплят-бройлеров при микотоксикозе / А.В. Софронова, Н.Н. Мишина, О.К. Ермолаева и др. // Ветеринарный врач. 2025. № 2. С. 37-42.
8. Кочиш И.И., Никонов И.Н., Капитонова Е.А. Опыт применения комплекса дополнительного питания из минерала шунгита в рационах для цыплят-бройлеров // Повышение производства продукции животноводства на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию кафедры частного животноводства, г. Витебск, 2-4 ноября 2022 г. / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. Витебск: ВГАВМ, 2022. С. 146–150.

Информация об авторах:

В.Н. Минченко кандидат биологических наук, доцент кафедры «Нормальной и патологической морфологии и физиологии животных», ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

В.Р. Иванова ассистент «Кафедра кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства» ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

М.Н. Романенко студентка специальности «Ветеринария» ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.М. Паршикова студентка специальности «Ветеринария» ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

В.В. Мартынюк студентка специальности «Ветеринария» ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.N. Minchenko - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Normal and Pathological Animal Morphology and Physiology, Bryansk State Agrarian University.

V.R. Ivanova - Assistant, Department of Animal Nutrition, Specialized Animal Husbandry, and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

M.N. Romanenko - Student of Veterinary Medicine, Bryansk State Agrarian University.

A.M. Parshikova - Student of Veterinary Medicine, Bryansk State Agrarian University.

V.V. Martynyuk - Student of Veterinary Medicine, 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 20.08.2026, одобрена после рецензирования 04.09.2026, принята к публикации 06.10.2026.

The article was submitted 20.08.2026, approved after reviewing 04.09.2026, accepted for publication 06.10.2026.

© Минченко В.Н., Иванова В.Р., Романенко М.Н., Паршикова А.М, Мартынюк В.В.

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

Научная статья
 УДК 621.78

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
 ФОРМИРОВАНИЕ ОДНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ
 ПРИ КАРБОВИБРОДУГОВОМ УПРОЧНЕНИИ**

¹Николай Владимирович Титов, ²Александр Викторович Коломейченко,

¹Владимир Николаевич Логачев, ¹Наталья Александровна Березина,

¹Сергей Александрович Зайцев

¹ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орел, Россия

²ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва, Россия

Аннотация. Учёные Орловского ГАУ проводят исследования перспективного способа повышения ресурса деталей сельскохозяйственных машин различного функционального назначения – способа карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с использованием многокомпонентных паст (МКП). Однако при реализации данного способа усложняется выбор его рациональных режимных параметров, что связано с отличиями КВДУ от традиционной вибродуговой наплавки. Установление аналитических зависимостей, позволяющих прогнозировать нагрев слоя высушенной МКП при её оплавлении, является важным фактором для обоснованного выбора режимных параметров процесса, обеспечивающих формирование однородных металлокерамических покрытий требуемого качества. Формирование покрытий при КВДУ осуществляли с использованием автоматизированной установки, в состав которой входит установка ВДГУ-2. МКП включала матричный порошок ПГ-ФБХ6-2 на железной основе (65 масс.%), карбид кремния SiC (25 масс.%), криолит Na₃AlF₆, в качестве связующего компонента был использован водный раствор клея ПВА-М. Структуру полученных покрытий исследовали на автоэмиссионном сканирующем электронном микроскопе Zeiss Ultra plus. На основе адаптации известных теплофизических зависимостей к условиям реализации технологии КВДУ получены аналитические выражения, связывающие прирост температуры оплаваемого слоя МКП с силой тока, толщиной слоя, коэффициентом полезного действия процесса и продолжительностью теплового воздействия. Численное решение уравнения, описывающего время нагрева слоя высушенной МКП, показало, что среднее значение временного интервала эффективного теплового воздействия составляет 0,0068 с, что соответствует расчётной частоте вибрации угольного электрода 30 Гц. С учётом технологических ограничений оборудования рекомендованное значение частоты вибрации угольного электрода принято равным 25 Гц. При данных условиях оптимальная скорость линейного перемещения электрода лежит в диапазоне 5,5...6,0 мм/с. Экспериментальная апробация подтвердила наличие технологических дефектов (повышенной пористости и несплавления покрытия с основным металлом) при скорости перемещения электрода 7 мм/с и более, обусловленных неполным расплавлением отдельных участков слоя МКП. При скорости перемещения электрода 5,5...6,0 мм/с подобных дефектов не обнаружено, что подтверждает корректность полученных аналитических зависимостей. Таким образом, теоретически обоснованные и экспериментально подтверждённые режимные параметры процесса КВДУ обеспечивают формирование однородных металлокерамических покрытий высокого качества.

Ключевые слова: карбовибродуговое упрочнение, металлокерамическое покрытие, многокомпонентная паста, режимные параметры, ресурс, вибрирующий угольный электрод, тепловое воздействие, структура покрытия.

Для цитирования: Обоснование режимных параметров, обеспечивающих формирование однородных металлокерамических покрытий при КВДУ / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 45-51.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Государственное задание № FEEF-2026-0002, регистрационный номер 1025071900002-1-4.1.1;4.5.1.

Original article**SUBSTANTIATION OF OPERATING PARAMETERS THAT ENSURE THE FORMATION OF HOMOGENEOUS METAL-CERAMIC COATINGS DURING CARBO-VIBRO-ARC HARDENING**¹Nikolay V. Titov, ²Aleksandr V. Kolomeichenko, ¹Vladimir N. Logachev, ¹Natal'ya A. Berezina, ¹Sergey A. Zaitsev¹Oryol State Agrarian University, Oryol, Russia² Central Research and Development Automobile and Engine Institute NAMI, Moscow, Russia

Abstract. The scientists of Oryol State Agricultural University are conducting a research into a promising method for increasing the service life of agricultural machinery components for various applications: carbo-vibro-arc hardening (CVAH) using multi-component pastes (MCP). However, the implementation of this method complicates the selection of rational process parameters due to the differences between carbo-vibro-arc hardening and traditional vibratory-arc surfacing. Establishing analytical relationships that allow predicting the heating of the dried MCP layer during melting is an important factor in the well-grounded selection of process parameters that ensure the formation of homogeneous metal-ceramic coatings of the required quality. The formation of metal-ceramic coatings using CVAH was carried out using an automated system, including the VDGU-2 unit. The MCP included iron-based PG-FBK6-2 matrix powder (65 wt.%), silicon carbide SiC (25 wt.%), and cryolite Na₃AlF₆. An aqueous solution of PVA-M glue was used as a binder. The structure of the obtained coatings was examined with a Zeiss Ultra plus field emission scanning electron microscope. By adapting known thermophysical dependencies to the conditions of implementing the CVAH technology, analytical expressions were obtained that relate an increase in temperature of the melted MCP layer to current strength, layer thickness, efficiency coefficient, and duration of thermal exposure. A numerical solution of the equation describing the heating time of the dried MCP layer showed that the average value of the time interval of effective thermal exposure is 0,0068 s, which corresponds to the calculated vibration frequency of the carbon electrode of 30 Hz. Taking into account the technological limitations of the equipment, the recommended value for the carbon electrode vibration frequency is 25 Hz. Under these conditions, the optimal linear electrode travel speed is in the range of 5.5...6.0 mm/s. Experimental testing confirmed the presence of process defects (increased porosity and incomplete fusion of the coating with the base metal) at electrode travel speeds of 7 mm/s or more, caused by incomplete melting of individual sections of the MCP layer. No such defects were detected at electrode travel speeds of 5.5...6.0 mm/s, confirming the accuracy of the obtained analytical dependencies. Thus, the theoretically substantiated and experimentally confirmed process parameters of the CVAH process ensure the formation of homogeneous high-quality metal-ceramic coatings.

Keywords: carbo-vibro-arc hardening, metal-ceramic coating, multi-component paste, operating parameters, resource, vibrating carbon electrode, thermal effect, coating structure.

For citation: Substantiation of operating parameters that ensure the formation of homogeneous metal-ceramic coatings during carbo-vibro-arc hardening / N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev, et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 5 (117). pp. 45-51.

Acknowledgments: the work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, State Assignment № FEEF-2026-0002, registration number 1025071900002-1-4.1.1;4.5.1.

Введение. В настоящее время остро стоит проблема повышения ресурса быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственных машин различного функционального назначения [1-3]. Среди большого количества способов формирования упрочняющих покрытий на изнашиваемых рабочих поверхностях деталей машин одним из перспективных в настоящее время является способ карбовибродугового упрочнения (КВДУ) [4, 5]. Сущность способа заключается в нанесении на упрочняемую поверхность многокомпонентной пасты (МКП), содержащей металлическую матрицу, упрочняющие керамические компоненты и материал, активирующий процесс горения дуги (криолит). Высохшую МКП расплавляют вибрирующим угольным электродом специальной установки [4]. При горении электрической дуги на упрочняемой поверхности из компонентов пасты образуется металлокерамическое покрытие, обладающее высокой износостойкостью [4-8].

На качество покрытий, формируемых при КВДУ, существенное влияние оказывают режимные параметры рассматриваемой технологии. Способ КВДУ имеет некоторое сходство с традиционной вибродуговой наплавкой, однако имеет и ряд существенных отличий от нее. Это приводит к тому, что при КВДУ усложняется выбор рациональных режимных параметров для практической реализации технологии. Важным фактором здесь является установление аналитических зависимостей, поз-

воляющих прогнозировать нагрев слоя высушенной МКП при ее оплавлении при реализации процесса. Это, в свою очередь, позволит осуществить обоснованный выбор режимных параметров процесса, позволяющих полностью расплавить слой МКП и сформировать на упрочняемой поверхности однородное металлокерамическое покрытие требуемого качества.

Цель исследования: установление аналитических зависимостей нагрева слоя высушенной МКП в процессе его оплавления при КВДУ и обоснование режимных параметров, позволяющих формировать однородные металлокерамические покрытия требуемого качества.

Материалы и методы. Формирование металлокерамических покрытий при реализации технологии КВДУ осуществляли с использованием автоматизированной установки, в состав которой входит установка ВДГУ-2 [5, 7, 8]. Управление установкой осуществляется с использованием программы, формирующей G-код. Данная установка позволяет в широких пределах варьировать скорость перемещения угольного электрода относительно упрочняемой поверхности посредством входящих в ее состав шаговых электродвигателей. При формировании покрытий использовали МКП следующего состава: матричный порошок ПГ-ФБХ6-2 на железной основе – 65 масс.%, карбид кремния SiC ГОСТ 26327 – 25 масс.%, криолит Na_3AlF_6 – остальное, связующий компонент – водный раствор клея ПВА-М. По результатам предварительно проведенных исследований именно такое соотношение компонентов МКП является наиболее рациональным для упрочнения деталей машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания [4, 7, 9]. Все МКП готовили смешением входящих в их состав компонентов при помощи шаровой планетарной мельницы типа «Активатор 2SL» [4]. Затем наносили на основу из стали 65Г и высушивали при температуре 80...90°C до отверждения. КВДУ осуществляли с использованием угольного электрода диаметром 8 мм. Исследования структуры полученных металлокерамических покрытий проводили на подготовленных по стандартным методикам поперечных шлифах образцов на автоэмиссионном сканирующем электронном микроскопе сверхвысокого разрешения Zeiss Ultra plus на базе Ultra 55 [7, 10].

Результаты и обсуждение. Для количественного описания динамики нагрева слоя высушенной МКП в процессе его оплавления при КВДУ целесообразно применить известную зависимость [11], адаптированную к условиям рассматриваемой технологии:

$$t = \frac{2Q\sqrt{c_p}}{(4\pi\lambda T)^{3/2}} e^{\frac{-R^2 c_p}{4\lambda T}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где t – температура в точке слоя МКП, удалённой на расстояние R от источника теплового воздействия, $^\circ\text{C}$;

Q – количество теплоты, поступающей в зону нагрева при горении электрической дуги, Дж;

c_p – объемная теплоемкость слоя высушенной МКП, Дж/(см³·°C);

λ – коэффициент теплопроводности слоя высушенной МКП, Дж/(см·с·°C);

T – временной интервал воздействия, с;

R – пространственная координата (удаление от теплового источника), см.

В рамках рассматриваемой задачи величина R тождественна толщине Δ слоя высушенной МКП. Объемная теплоёмкость c_p функционально связана с удельной теплоёмкостью c через плотность ρ слоя высушенной МКП: $c_p = c \cdot \rho$. Проведенные нами экспериментальные исследования [12] позволили определить усреднённое значение плотности ρ слоя МКП, равное $2,65 \cdot 10^{-3}$ кг/см³. С учётом этого зависимость (1) преобразуется к виду:

$$t = \frac{2Q\sqrt{c \cdot \rho}}{(4\pi\lambda T)^{3/2}} e^{\frac{-\Delta^2 c \cdot \rho}{4\lambda T}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Количество теплоты Q , поступающее в зону нагрева при горении электрической дуги, определяется выражением:

$$Q = \mu UI, \text{ Дж}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент полезного действия рассматриваемой технологии, находящийся в интервале 0,50...0,65 [12].

Согласно данным, приведенным в работе [13], при стабильном горении дуги при реализации рассматриваемой технологии справедливо соотношение:

$$UI = K_{\vartheta} \cdot I_u^{1,74} \Delta^{0,17} \quad (4)$$

где $K_{\vartheta} = 6,41 \text{ В/(А}^{0,74} \cdot \text{м}^{0,17})$ – коэффициент, отражающий зависимость величины UI от силы тока I_u , задаваемого на панели управления автоматизированной установки для КВДУ, и толщины Δ слоя МКП, необходимых для поддержания устойчивого дугового разряда.

С учетом выражений (3) и (4) зависимость (2) может быть преобразована к виду:

$$t = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_{\vartheta} I_u^{1,74} \Delta^{0,17} \sqrt{c \cdot \rho}}{(4\pi \lambda T)^{3/2}} e^{\frac{-\Delta c \cdot \rho}{4\lambda T}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

При горении дуги во временном интервале ΔT наблюдается прирост температура слоя оплаиваемой МКП на величину Δt . Тогда изменение данной температуры с учетом зависимости (5) может быть описано следующим образом:

$$\Delta t = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_{\vartheta} I_u^{1,74} \Delta^{0,17} \sqrt{c \cdot \rho}}{[4\pi \lambda]^{3/2} (\Delta T)^{3/2}} e^{\frac{-\Delta c \cdot \rho}{4\lambda \Delta T}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (6)$$

или:

$$\Delta t = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_{\vartheta} I_u^{1,74} \Delta^{0,17} \sqrt{c \cdot \rho}}{[4\pi \lambda]^{3/2} e^{\frac{c \cdot \rho}{\Delta}} e^{\frac{1}{4\lambda}}} \frac{1}{(\Delta T)^{3/2} e^{\frac{1}{\Delta T}}} = \frac{\omega}{(\Delta T)^{3/2} e^{\frac{1}{\Delta T}}}, \quad (7)$$

где ω – постоянный для фиксированных значений I_u , Δ и μ коэффициент, равный:

$$\omega = \frac{2 \cdot \mu \cdot K_{\vartheta} I_u^{1,74} \Delta^{0,17} \sqrt{c \cdot \rho}}{[4\pi \lambda]^{3/2} e^{\frac{\Delta c \cdot \rho}{4\lambda}}} = 0,71 \cdot I_u^{1,74} \cdot \mu \frac{\Delta^{0,17}}{e^{0,84\Delta}}, \text{ } ^\circ\text{C}^{5/2} \cdot \text{с}^{3/2} \quad (8)$$

Продолжительность оплаивания слоя высушенной МКП обусловлена совокупным влиянием следующих основных факторов: исходной температурой слоя, его толщиной Δ , коэффициентом полезного действия μ и величиной тока I_u .

Время, необходимое для повышения температуры слоя высушенной МКП на 1°C , находится путем решения уравнения:

$$\Delta T = \sqrt[3]{\left(\frac{\omega}{\Delta t \cdot e^{\frac{1}{\Delta T}}} \right)^2}, \text{ } \text{с} \quad (9)$$

При КВДУ толщина Δ слоя высушенной МКП является заранее регламентированным параметром. На основании комплекса экспериментальных исследований и анализа научных публикаций [5-9, 12] нами обосновано оптимальное значение Δ , составляющее в среднем 2,0 мм. Также было установлено, что силу тока I_u при реализации рассматриваемой технологии рационально изменять в интервале 60...80 А [7, 9, 12]. С учётом указанных фиксированных параметров выражение (8) принимает следующий вид:

$$\omega = k_I \cdot \mu, \quad (10)$$

где k_I – комплексная константа.

Графическая интерпретация зависимости k_I от тока I_u , представлена на рис. 1.

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что длительность нагрева слоя высушенной МКП линейно пропорциональна коэффициенту полезного действия рассматриваемой технологии и величине тока I_u .

Результаты численного решения уравнения (9) для различных комбинаций токов и значений коэффициентов полезного действия показали, что среднее значение величины ΔT составляет 0,0068 с. С учётом того, что эффективная фаза процесса КВДУ занимает приблизительно 20% от общего цикла [13], это соответствует расчётной частоте вибрации угольного электрода 30 Гц. При таких условиях оптимальная скорость линейного перемещения электрода, рассчитанная с учётом геометрических

параметров оплавленной зоны (её размеров в проекции на упрочняемую поверхность) [13], лежит в диапазоне 5,5...6,0 мм/с.

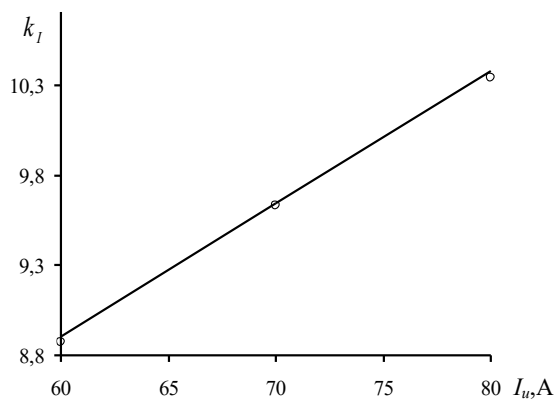


Рисунок 1 – Зависимость комплексной константы k_I от I_u

В реальных производственных условиях с учётом технологических допущений и ограничений оборудования частота вибрации электрода должна быть скорректирована в сторону снижения. Рекомендуемое значение – 25 Гц, поскольку именно такую частоту вибрации обеспечивает установка ВДГУ-2, входящая в состав автоматизированной установки для КВДУ деталей машин различного функционального назначения.

Была также проведена апробация технологии формирования металлокерамических покрытий на режимах, полученных в результате моделирования процесса нагрева оплавляемого слоя высушенной МКП. Структуры сформированных с использованием различных режимных параметров процесса покрытий показаны на рис. 2.

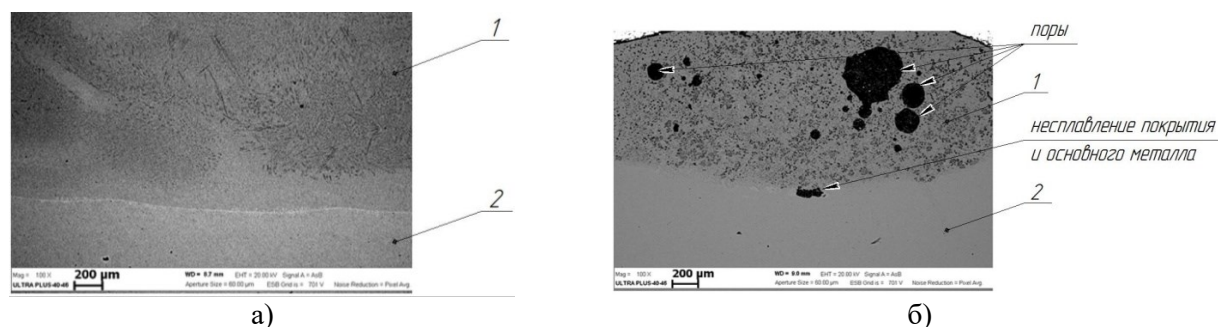


Рисунок 2 – Структуры металлокерамических покрытий, сформированных способом КВДУ при $I_u = 70$ А и скорости перемещения угольного электрода 6 мм/с (а) и 7 мм/с (б). 1 – металлокерамическое покрытие; 2 – основной металл

Проведенные экспериментальные исследования выявили наличие технологических дефектов (повышенной пористости и несплавления покрытия и основного металла) при реализации технологии КВДУ со скоростью перемещения угольного электрода 7 мм/с и более (рис. 2, б). Указанные нарушения структурной целостности покрытий обусловлены тем, что в данном диапазоне скоростей движения электрода отдельные участки слоя высушенной МКП не успевают полностью расплавиться, что и приводит к возникновению дефектов в структуре сформированных покрытий. При скоростях перемещения угольного электрода, изменяющихся в диапазоне 5,5...6,0 мм/с, подобных дефектов обнаружено не было (рис. 2, а).

Таким образом, проведенная апробация подтверждает полученные аналитические зависимости нагрева слоя высушенной МКП в процессе его оплавления при КВДУ. Это, в свою очередь, позволяет использовать их для анализа влияния основных режимных параметров процесса на характеристики формируемого металлокерамического покрытия.

С целью расширения технологических возможностей контроля качества покрытий при КВДУ и обеспечения стабильного поддержания заданных параметров (включая требуемую глубину проплавления основного металла) целесообразно внедрение специализированного оборудования с возможностью программного регулирования длительности эффективного цикла процесса. К числу перспективных решений может быть отнесена автоматизация процесса гашения дуги, а также динамическое управление частотой вибрации и скоростью перемещения угольного электрода.

Выводы. Таким образом, полученные в работе аналитические зависимости нагрева слоя высушенной МКП в процессе его оплавления при КВДУ, а также теоретически обоснованные и экспери-

ментально подтвержденные режимные параметры процесса позволяют формировать однородные металлокерамические покрытия требуемого качества способом КВДУ. При реализации рассматриваемой технологии частота вибрации угольного электрода должна составлять 25 Гц, а скорость перемещения – 5,5... 6,0 мм/с.

Список источников

1. Лялякин В.П. Развитие индустрии по восстановлению деталей для сельскохозяйственных машин в России // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18, № 2. С. 4-10.
2. Шарая О.А., Пастухов А.Г., Кравченко И.Н. Инженерия поверхности упрочненных деталей: монография. М.: ИНФРА-М, 2020. 124 с.
3. Михальченков А.М., Гуцан А.А., Гапонова В.Е. Повышение износостойкости и межремонтного ресурса плужных лемехов совмещенным способом восстановления и упрочнения // Технология металлов. 2023. № 1. С. 44-48.
4. Формирование композитных покрытий карбовибродуговым упрочнением / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, Е.В. Агеев и др. // Вестник машиностроения. 2022. № 1. С. 62-67.
5. Ресурсосберегающие восстановительно-упрочняющие технологии нанесения износостойких металлокерамических покрытий / А.В. Коломейченко, И.Н. Кравченко, Р.Ю. Соловьев и др. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 1. С. 18-22.
6. Обработка результатов экспериментальных исследований использования технологий комплексного микроплазменного упрочнения рабочих органов и деталей сельскохозяйственных машин / Н.Р. Адигамов, И.Х. Гималтдинов, И.Г. Галиев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 3 (71). С. 68-75.
7. Повышение ресурса рабочих органов плугов, имеющих лучевидный износ, карбовибродуговым упрочнением / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев и др. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 2 (38). С. 53-58.
8. Шарифуллин С.Н. Наноструктурирование износостойких покрытий рабочих органов сельскохозяйственных машин методом виброплазменной обработки // Технический сервис машин. 2022. № 2 (147). С. 104-112.
9. Исследование микротвердости и микроструктуры металлокерамических покрытий, формируемых при карбовибродуговом упрочнении / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев и др. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2025. № 1 (45). С. 47-52.
10. Стрoение и свойства металлокерамических композиционных материалов на основе TiC, полученных свободным СВС-сжатием / А.Д. Бажина, М.С. Антипов, А.С. Константинов и др. // Композиты и наноструктуры. 2025. Т. 17, № 3. С. 190-199.
11. Завьялов В.Е., Иванова И.В. Технология, оборудование и материалы сварки плавлением: учебное пособие. М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 548 с.
12. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Виноградов В.В. Повышение ресурса стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий металлокерамическими покрытиями: монография. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2018. 169 с.
13. Теоретические основы формирования качественных металлокерамических покрытий при карбовибродуговом упрочнении / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Л. Басинюк и др. // Технология металлов. 2020. № 6. С. 2-11.

Информация об авторах:

Н.В. Титов – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ogau@mail.ru.

А.В. Коломейченко – доктор технических наук, профессор, главный специалист управления перспективных технологий центра сельскохозяйственного машиностроения Государственного научного центра Российской Федерации ФГУП «НАМИ», a.kolomiychenko@nami.ru.

В.Н. Логачев – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, logvovan@mail.ru.

Н.А. Березина – доктор технических наук, профессор, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, prorector4orelsau@mail.ru.

С.А. Зайцев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, serjft@mail.ru.

Information about the authors:

N.V. Titov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Reliability and Machine Repair Department of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, ogau@mail.ru.

A.V. Kolomeichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Center of Agricultural Engineering of the Central Research and Development Automobile and Engine Institute NAMI, a.kolomiychenko@nami.ru.

V.N. Logachev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, logvovan@mail.ru.

N.A. Berezina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Digitalization, Scientific and Innovative Activities of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, prorector4orelsau@mail.ru.

S.A. Zaitsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, serjft@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 05.09.2026; одобрена после рецензирования 15.09.2026, принята к публикации 05.10.2026.

The article was submitted 05.09.2026; approved after reviewing 15.09.2026; accepted for publication 05.10.2026.

© Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Березина Н.А., Зайцев С.А.

Научная статья
УДК 637.5:004.8

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

¹Наталья Афанасьевна Вerezубова, ²Наталья Евгениевна Сакович,

¹Полина Константиновна Орчакова

¹ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Статья посвящена анализу современного состояния, возможностей и перспектив внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) на мясоперерабатывающих предприятиях с акцентом на российские отраслевые реалии. На основании обзора открытых отраслевых данных, корпоративных отчётов ведущих российских мясопереработчиков, а также научной литературы систематизированы основные направления применения ИИ: компьютерное зрение для контроля качества, предиктивное обслуживание оборудования, оптимизация рецептур и технологических режимов, прогнозирование спроса и управление цепями поставок. Выявлены ключевые барьеры, препятствующие масштабному внедрению данных технологий в отечественной мясной отрасли, - от дефицита квалифицированных кадров до недостаточной цифровой зрелости предприятий. Обоснованы рекомендации по поэтапному внедрению ИИ-решений с учётом специфики российского мясоперерабатывающего производства.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мясоперерабатывающая промышленность, компьютерное зрение, предиктивная аналитика, цифровизация, контроль качества мясной продукции, машинное обучение.

Для цитирования: Вerezубова Н.А., Сакович Н.Е., Орчакова П.К. Современные возможности и перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта на мясоперерабатывающих предприятиях // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 52-58.

Original article

CURRENT OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES AT MEAT PROCESSING PLANTS

¹Natal'ya A. Verezubova, ²Nataliya Ye. Sakovich,

¹Polina K. Orchakova

¹FGBOU in MGAVMiB - MBA named after K. N.I. N. Scryabin, Moscow, Russia

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article is devoted to the analysis of the current state, opportunities, and prospects for the implementation of artificial intelligence (AI) technologies at meat processing enterprises, with a focus on Russian industry realities. Based on a review of open industry data, corporate reports of leading Russian meat processors, and scientific literature, the main areas of AI application are systematized: _computer vision for quality control, predictive maintenance of equipment, optimization of recipes and technological modes, forecasting of demand and supply chain management. Key barriers to the large-scale implementation of these technologies in the domestic meat industry have been identified, from the shortage of qualified personnel to the insufficient digital maturity of enterprises. Recommendations for the gradual implementation of AI solutions have been substantiated, taking into account the specifics of the Russian meat processing industry.

Keywords: artificial intelligence, meat processing industry, computer vision, predictive analytics, digitalization, meat quality control, and machine learning.

For citation: Verezubova N.A., Sakovich N.E., Orchakova P.K. Current opportunities and prospects for implementation artificial intelligence technologies at meat processing plants // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No5 (117). pp. 52-58.

Введение. Мясоперерабатывающая промышленность Российской Федерации на протяжении последнего десятилетия претерпевает существенные структурные изменения. Начиная с 2014 г., после введения продовольственного эмбарго и запуска государственных программ импортозамещения, отрасль продемонстрировала значительный рост производственных мощностей. По данным Национального союза мясопереработчиков, Россия к 2023 г. фактически достигла самообеспеченности по мясу птицы и свинине, а объём производства мяса всех видов превысил 11 млн тонн в убойном весе. Крупнейшие отечественные холдинги - ГК «Черкизово», АПХ «Мираторг», ГК «Русагро» - вошли в

число значимых мировых игроков, обеспечивая не только внутренний рынок, но и наращивая экспортный потенциал.

Однако количественный рост производства неизбежно ставит вопрос о качественной трансформации управления технологическими процессами. Мясопереработка - отрасль с высокой степенью вариативности сырья (различия в породном составе, упитанности, термическом состоянии сырья), жёсткими требованиями к безопасности продукции (технические регламенты Таможенного союза ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 034/2013), а также значительной долей ручного труда на целом ряде операций - обвалке, жиловке, контроле качества. Именно эти характеристики делают мясоперерабатывающее производство одновременно сложным и перспективным объектом для внедрения технологий искусственного интеллекта [1].

Под технологиями искусственного интеллекта в контексте настоящей работы понимается совокупность методов машинного обучения (включая глубокое обучение), компьютерного зрения, обработки естественного языка, предиктивной аналитики и интеллектуальных систем поддержки принятия решений, применяемых для автоматизации, оптимизации и повышения эффективности производственных и управленческих процессов.

Глобальный контекст внедрения ИИ в пищевую промышленность формируется концепцией Индустрии 4.0, предполагающей конвергенцию физических производственных систем и киберфизических платформ. По оценкам международных аналитических агентств, рынок ИИ-решений для пищевой промышленности растёт со среднегодовым темпом порядка 40–45 %, при этом мясная отрасль рассматривается как одна из наиболее восприимчивых к данным технологиям ввиду высокой стоимости брака, значимости факторов безопасности и выраженной потребности в стандартизации операций.

В Российской Федерации стратегическую рамку для цифровизации промышленности задают национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490). Тем не менее степень проникновения ИИ-технологий в отечественную мясопереработку остаётся неравномерной: крупные холдинги реализуют пилотные и промышленные проекты, тогда как средний и малый бизнес преимущественно находится на начальных стадиях цифровой зрелости [2].

Материалы и методы. Исследование носит аналитический (обзорный) характер. Информационную базу составили: научные публикации в реферируемых изданиях за период 2018–2024 гг. (базы данных eLibrary, Scopus, Web of Science), открытые корпоративные отчёты и пресс-релизы ведущих российских мясоперерабатывающих холдингов (ГК «Черкизово», АПХ «Мираторг», ГК «Русагро»), отраслевые обзоры Национального союза мясопереработчиков и Национальной мясной ассоциации, публикации ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, а также нормативно-правовые документы, регулирующие безопасность пищевой продукции и цифровизацию промышленности в Российской Федерации.

Результаты и их обсуждение. Проведённый анализ позволил выделить шесть основных функциональных направлений, по которым технологии ИИ находят применение или имеют обоснованный потенциал применения на мясоперерабатывающих предприятиях.

Компьютерное зрение является, по данным проанализированных источников, наиболее зрелым и широко внедряемым направлением ИИ в мясной отрасли. Системы на основе свёрточных нейронных сетей способны решать следующие задачи:

- ✓ автоматическая классификация туш и отрубов по категориям качества (мраморность, цвет мышечной ткани, толщина шпика). В Австралии и США подобные системы (MEQ Probe, USDA grading vision systems) применяются на промышленном уровне уже более десяти лет. В России ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова ведёт исследования по адаптации методов мультиспектральной визуализации для объективной оценки качества отечественного мясного сырья;

- ✓ детекция поверхностных дефектов, костных включений, посторонних примесей. Системы рентгеновского контроля, дополненные алгоритмами машинного обучения, позволяют выявлять костные фрагменты размером от 1–2 мм, что критически важно для обеспечения безопасности продукции и соответствия требованиям ГОСТ и техническим регламентам;

- ✓ контроль целостности упаковки, правильности маркировки, соответствия массы порции. Данное направление активно развивается на крупных предприятиях: ГК «Черкизово» в рамках программы цифровизации своих заводов интегрировала системы машинного зрения в линии фасовки и упаковки мясной продукции.

Важно отметить, что специфика мясного сырья - неоднородность формы, цвета, текстуры - предъявляет повышенные требования к обучающим выборкам и архитектурам нейронных сетей. Классические методы цифровой обработки изображений (пороговая сегментация, анализ гистограмм)

в данной области уступают глубокому обучению, способному учитывать контекстные и текстурные признаки [3, 4].

Мясоперерабатывающее производство характеризуется интенсивной эксплуатацией оборудования в агрессивных условиях (повышенная влажность, температурные перепады, контакт с органическими средами, регулярная мойка и дезинфекция). Куттеры, волчки, шприцы, термокамеры, упаковочные автоматы подвержены износу, а внеплановые простои ведут к прямым экономическим потерям и рискам порчи сырья.

Системы предиктивного обслуживания на основе ИИ используют данные датчиков вибрации, температуры, потребления электроэнергии, акустической эмиссии для построения моделей деградации оборудования и прогнозирования отказов. Алгоритмы (Random Forest, градиентный бустинг, рекуррентные нейронные сети LSTM) обучаются на исторических данных и позволяют прогнозировать время до отказа с горизонтом от нескольких часов до нескольких недель [5, 6].

В российской практике подобные решения пока внедряются преимущественно в рамках пилотных проектов. Ряд отечественных интеграторов (например, компании, работающие на платформах «1C:ERP» и Wonderware) предлагают модули мониторинга состояния оборудования с элементами предиктивной аналитики для пищевых предприятий. АПХ «Мираторг», реализующий масштабную программу автоматизации на своих мясоперерабатывающих площадках в Брянской и Курской областях, указывает на использование систем онлайн-мониторинга технического состояния ключевого оборудования, что является необходимой инфраструктурной основой для перехода к полноценному предиктивному обслуживанию.

Составление рецептов мясных продуктов (колбасных изделий, полуфабрикатов, консервов) представляет собой многокритериальную оптимизационную задачу: необходимо обеспечить заданные органолептические характеристики, соответствие нормативным требованиям по содержанию белка, жира, влаги, соли, при минимизации себестоимости сырьевого набора. Традиционно данная задача решается технологами эмпирически либо с использованием линейного программирования.

Методы машинного обучения позволяют выйти за рамки линейных моделей, учитывая нелинейные зависимости между составом сырья, параметрами технологического процесса (температура, продолжительность куттерования, параметры термообработки) и показателями готового продукта. Нейросетевые модели, обученные на массивах данных лабораторного контроля и технологических журналов, способны прогнозировать выход готового продукта, текстурные характеристики (усилие резания, связность фарша), цветовые показатели и даже потребительскую привлекательность с точностью, недостижимой для классических регрессионных моделей [7, 8].

В контексте российских предприятий данное направление представляет особый интерес в связи с высокой вариативностью качества поступающего сырья. Колебания химического состава мясного сырья (массовая доля белка, жира, соединительной ткани) между партиями могут достигать значительных величин, что требует оперативной корректировки рецептов. ИИ-системы, интегрированные с приборами экспресс-анализа сырья (например, инфракрасными анализаторами типа FoodScan), могут автоматически адаптировать рецептурный расчёт при поступлении каждой новой партии.

Мясная продукция относится к категории скоропортящихся товаров с ограниченными сроками годности (от 3–5 суток для охлаждённых полуфабрикатов до 45–120 суток для варёных колбасных изделий в барьерных упаковках). Ошибки прогнозирования спроса ведут либо к дефициту и упущенной выручке, либо к сверхнормативным остаткам, возвратам и списаниям, что для мясной продукции особенно критично.

Алгоритмы ИИ (ансамблевые методы, нейронные сети, модели на основе трансформеров для временных рядов) позволяют учитывать множество факторов, влияющих на спрос: сезонность, праздничные периоды, ценовые промоакции, погодные условия, макроэкономические показатели, активность конкурентов. По открытым данным, ГК «Черкизово» в рамках цифровой трансформации внедрило ИИ-инструменты для прогнозирования спроса и оптимизации логистики, что позволило сократить уровень списаний и повысить точность планирования производства.

В более широком контексте управления цепями поставок ИИ-решения применяются для оптимизации маршрутов доставки с учётом температурного режима (cold chain management), управления запасами сырья и готовой продукции, координации закупок.

Требования к прослеживаемости в мясной отрасли неуклонно возрастают. Система «Меркурий» (ФГИС «ВетИС»), действующая в России с 2018 года, обеспечивает электронную ветеринарную сертификацию и прослеживаемость сырья и готовой продукции животного происхождения. Однако данная система фиксирует преимущественно логистические события (перемещение партий), тогда как внутрипроизводственная прослеживаемость (от приёма сырья через все этапы переработки до конкретной единицы готовой продукции) остаётся зоной ответственности самих предприятий.

ИИ-технологии способны значительно усилить системы прослеживаемости за счёт: автоматического распознавания и верификации маркировки на всех этапах производственной цепи; анализа данных с технологических датчиков (температура, pH, влажность) для выявления отклонений от критических контрольных точек в системе ХАССП; интеллектуального анализа рекламаций и результатов микробиологического контроля для раннего выявления систем

Перспективным направлением является интеграция ИИ-моделей прогнозирования микробиологической порчи, которые на основе данных о температурном профиле, уровне pH, активности воды (a_w) и начальной микробиологической обсеменённости способны динамически оценивать остаточный срок годности конкретной партии продукции [9, 10].

Ряд операций в мясопереработке до сих пор выполняется преимущественно вручную ввиду высокой вариативности объектов обработки. Обвалка и жиловка мяса - операции, которые требуют учёта анатомических особенностей каждой конкретной туши. Роботизированные комплексы, оснащённые системами технического зрения и ИИ-алгоритмами, способны адаптировать траекторию движения режущего инструмента к индивидуальной геометрии туши или отруба.

На мировом уровне компании JBS (Бразилия), Tyson Foods (США) инвестируют в роботизированные линии обвалки. В России ГК «Черкизово» ввела в эксплуатацию завод «Кашира» (Московская область), который позиционируется как одно из наиболее автоматизированных предприятий по переработке мяса птицы в Европе. Хотя на данном этапе основу автоматизации составляет промышленная робототехника с жёсткими программами, интеграция ИИ-модулей для адаптивного управления является логичным и уже прорабатываемым следующим шагом.

Оценка уровня цифровой зрелости российских мясоперерабатывающих предприятий.

Анализ доступных источников позволяет условно разделить российские мясоперерабатывающие предприятия на три группы по степени готовности к внедрению ИИ.

Первая группа - лидеры цифровой трансформации. К ней относятся крупнейшие вертикально интегрированные холдинги: ГК «Черкизово», АПХ «Мираторг», ГК «Русагро». Эти компании обладают значительными инвестиционными ресурсами, реализуют комплексные программы автоматизации и цифровизации, имеют собственные ИТ-подразделения или заключают стратегические партнёрства с технологическими компаниями. Уровень автоматизации базовых процессов (ERP, MES-системы, промышленная автоматика) у данных предприятий достаточно высок, что создаёт необходимую инфраструктурную основу для внедрения ИИ.

ГК «Черкизово», в частности, публично декларирует курс на цифровизацию как стратегический приоритет. Компания реализует проекты в области предиктивной аналитики, компьютерного зрения, цифровых двойников производственных процессов. Завод «Кашира» является флагманским примером глубокой автоматизации: от приёмки живой птицы до отгрузки готовой продукции процесс максимально автоматизирован, а объём генерируемых производственных данных создаёт богатую основу для применения алгоритмов машинного обучения [11].

АПХ «Мираторг» инвестирует в цифровизацию полного цикла - от управления стадом (точное животноводство с использованием IoT-датчиков) до автоматизации перерабатывающих мощностей. Комплексный подход к оцифровке данных на этапе выращивания и откорма создаёт уникальные возможности для применения ИИ уже на стадии прогнозирования качества мясного сырья по прижизненным данным.

Вторая группа - предприятия средней цифровой зрелости. К ней относится значительная часть региональных мясокомбинатов и средних по масштабу предприятий. Уровень автоматизации базовых процессов различен, системы сбора и хранения данных внедрены частично. Эти предприятия, как правило, используют отдельные элементы промышленной автоматики, но не имеют единой цифровой платформы, объединяющей технологические, лабораторные и управленческие данные. Внедрение ИИ на таких предприятиях возможно точечно - в наиболее критичных узлах (например, контроль качества на упаковке), однако требует предварительных инвестиций в цифровую инфраструктуру.

Третья группа - предприятия с низкой цифровой зрелостью. Малые мясоперерабатывающие предприятия и цеха, работающие преимущественно на локальные рынки. Уровень автоматизации минимален, значительная доля операций выполняется вручную, учёт ведётся на бумажных носителях или в базовых электронных таблицах. Для данной группы внедрение ИИ в среднесрочной перспективе малореалистично без существенной государственной поддержки или отраслевых кооперационных механизмов.

На основании проведённого анализа выделены следующие ключевые барьеры внедрения ИИ в российской мясоперерабатывающей отрасли:

Кадровый дефицит. Мясоперерабатывающая отрасль испытывает хронический дефицит инженерных и технологических кадров. Специалисты, сочетающие компетенции в области пищевых техно-

логий и ИИ / data science, на российском рынке труда практически отсутствуют. Ведущие технические университеты (МГУПП, ВГУИТ, КубГТУ) начинают включать элементы цифровых технологий в учебные программы по пищевой инженерии, однако данный процесс находится на ранних стадиях.

Стоимость внедрения и неопределённость окупаемости. Промышленные ИИ-системы (особенно комплексы технического зрения с обучаемыми нейронными сетями) требуют значительных первоначальных инвестиций. При этом экономический эффект зачастую сложно квантифицировать на этапе принятия решения, что сдерживает инвестиционную активность, особенно в условиях высокой стоимости заёмного капитала.

Качество и доступность данных. Эффективность алгоритмов машинного обучения напрямую определяется качеством и объёмом обучающих данных. На многих российских предприятиях данные технологического контроля хранятся в разрозненных системах, не стандартизированы по формату и не верифицированы. Лабораторные данные (результаты физико-химических и микробиологических исследований) нередко фиксируются в бумажных журналах и не связаны с данными технологического процесса, что делает невозможным построение сквозных предиктивных моделей [13].

Санкционное давление и доступность технологий. Ряд ведущих мировых поставщиков оборудования и ИИ-решений для пищевой промышленности (компании из стран ЕС и США) ограничили поставки в Россию. Это создаёт дополнительные вызовы, но одновременно стимулирует развитие отечественных разработок и сотрудничество с партнёрами из дружественных стран (Китай, Индия, страны ЕАЭС).

Регуляторная среда. Нормативная база в области применения ИИ в пищевой промышленности (в том числе вопросы валидации ИИ-систем контроля качества, юридическая значимость решений, принятых алгоритмом) в России пока не сформирована в полной мере. Существующие ГОСТы на методы контроля мясной продукции ориентированы на традиционные аналитические методы, и вопрос о допустимости замены или дополнения их ИИ-инструментами требует нормативного урегулирования.

Результаты проведённого анализа свидетельствуют о том, что технологии ИИ уже перешли порог экспериментального применения в мясоперерабатывающей отрасли и находятся на стадии начального промышленного внедрения, по меньшей мере в отношении отдельных функциональных направлений (прежде всего компьютерного зрения и предиктивной аналитики). При этом российская отрасль, несмотря на наличие ряда серьёзных барьеров, обладает значительным потенциалом для ускоренного освоения данных технологий.

Ряд факторов можно рассматривать как стратегические преимущества отечественной мясоперерабатывающей отрасли в контексте внедрения ИИ.

Во-первых, высокая концентрация производства. Значительная доля мясоперерабатывающих мощностей в России сосредоточена в крупных холдингах, которые обладают ресурсами для системных инвестиций в цифровизацию. Это принципиально отличает структуру российской отрасли от, например, стран ЕС, где значительную роль играют малые и средние предприятия.

Во-вторых, относительная новизна производственных мощностей. Многие крупные мясоперерабатывающие заводы в России построены или коренным образом модернизированы в последние 10–15 лет, что означает более современную инженерную инфраструктуру (сети передачи данных, контроллеры с цифровыми интерфейсами, системы АСУ ТП) по сравнению с предприятиями, эксплуатирующими оборудование 30–40-летней давности.

В-третьих, развитая экосистема отечественных ИТ-разработчиков. Россия обладает сильными компетенциями в области разработки программного обеспечения, включая направления ИИ и машинного обучения. Компании «Яндекс», «Сбер», ряд специализированных стартапов предлагают ИИ-платформы и инструменты, которые могут быть адаптированы для задач пищевой промышленности.

Тем не менее для реализации данного потенциала необходим ряд системных мер. На уровне предприятий приоритетной задачей является формирование цифровой инфраструктуры - внедрение или модернизация MES-систем, обеспечение автоматического сбора и структурированного хранения данных технологического процесса, лабораторного контроля, работы оборудования. Без этого фундамента любые ИИ-инициативы обречены оставаться локальными экспериментами.

На уровне отрасли целесообразно формирование отраслевых банков данных (разумеется, с соблюдением коммерческой конфиденциальности) для обучения ИИ-моделей. Например, размеченные базы изображений мясного сырья по категориям качества, статистика дефектов, базы данных микробиологических профилей могли бы стать общим ресурсом, снижающим порог входа для внедрения компьютерного зрения и предиктивной микробиологии.

На уровне государственной политики важно обеспечить развитие образовательных программ на стыке пищевой инженерии и цифровых технологий, поддержку пилотных проектов внедрения ИИ на предприятиях среднего масштаба (через механизмы субсидирования, грантовой поддержки), а

также разработку нормативных документов, определяющих порядок валидации и сертификации ИИ-систем, используемых в контроле качества и безопасности пищевой продукции.

Отдельного внимания заслуживает вопрос этапности внедрения. Практический опыт показывает, что наиболее успешны те проекты, которые начинаются с решения конкретной, хорошо определённой задачи с измеримым экономическим эффектом (например, снижение доли брака на линии упаковки на основе компьютерного зрения), а затем, по мере накопления компетенций и данных, масштабируются на другие участки и функции. Попытки «революционного» комплексного внедрения ИИ, как правило, наталкиваются на организационное сопротивление и технические сложности, несопоставимые с ожиданиями.

Перспективным представляется концепция цифрового двойника мясоперерабатывающего производства - виртуальной модели, воспроизводящей физические, химические и логистические процессы предприятия на основе реальных данных в режиме, близком к реальному времени. Цифровой двойник позволяет моделировать сценарии («что, если?»), оптимизировать режимы без экспериментов на реальном производстве, обучать персонал. Элементы данного подхода уже прорабатываются в ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова и отдельных крупных предприятиях [12].

Наконец, необходимо подчеркнуть, что внедрение ИИ не предполагает полного исключения человека из производственного процесса. Речь идёт о модели «человек в контуре», где ИИ-система выступает инструментом поддержки принятия решений, а финальная ответственность остаётся за квалифицированным специалистом - технологом, инженером, руководителем. Такой подход наиболее адекватен как с точки зрения текущего уровня развития технологий, так и с позиции действующей нормативно-правовой базы.

Выводы. Проведённый анализ свидетельствует о том, что технологии искусственного интеллекта обладают значительным и обоснованным потенциалом трансформации мясоперерабатывающей промышленности. Ключевыми направлениями внедрения, наиболее зрелыми с технологической точки зрения и экономически обоснованными, являются системы компьютерного зрения для контроля качества, предиктивное обслуживание технологического оборудования и ИИ-инструменты прогнозирования спроса и управления цепями поставок.

Российская мясоперерабатывающая отрасль, несмотря на наличие существенных барьеров, обладает рядом структурных преимуществ, способствующих внедрению ИИ: высокой концентрацией производства, относительно современной производственной базой, развитой национальной ИТ-экосистемой.

Для реализации данного потенциала необходимы скоординированные усилия на уровне предприятий (формирование цифровой инфраструктуры и данных), отрасли (создание совместных ресурсов, стандартов, платформ обмена опытом) и государства (образовательная, финансовая и нормативная поддержка). Поэтапный, прагматичный подход к внедрению, начинающийся с локальных проектов с измеримым результатом, представляется наиболее рациональной стратегией в текущих условиях.

Список источников

1. О безопасности мяса и мясной продукции: технический регламент Таможенного союза ТР ТС 034/2013. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://agropit.ru/files/2025/02/TP-TC-034.pdf>. - 02.04.2026.
2. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://spa.msu.ru/wp-content/uploads/3-1.pdf>. - 02.04.2026.
3. Прижизненное формирование состава и свойств животного сырья / А.Б. Лисицын, И.М. Чернуха, О.И. Лунина, Л.В. Федулова. М.: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2018. 440 с.
4. Никитина М.А. Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств: специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2020. 265 с.
5. Федулова Л.В. Теоретическая обоснованность и практическая эффективность комплексного подхода к исследованиям специализированных пищевых продуктов: специальность 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2021. 42 с.
6. Тимчук Е.Г. Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. № 3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-iskusstvennogo-intellekta-v-pischevoy-promyshlennosti>. -

01.04.2026.

7. Neural Network Analysis of Meat Quality: a Comparative Study of Forward-Forward and Back-propagation Learning Methods / N.A. Verezubova, A. Chekulaev, O. Yakovleva et al. // Smart Cities and Sustainable Regional Development (SMARTGREENS 2025), Екатеринбург, 25 сентября 2025 года. Екатеринбург: Institute of Digital Economics and Law, 2025. P. 190-196.

8. Machine Learning Methods Used in the Binarization of Parasitological Micrographs / N. Verezubova, A. Chekulaev, O. Yakovleva et al. // Smart Cities and Sustainable Regional Development (SMARTGREENS 2025), Екатеринбург, 25 сентября 2025 года. Екатеринбург: Institute of Digital Economics and Law, 2025. P. 70-75.

9. Detection of red-meat adulteration by deep spectral-spatial features in hyperspectral images / M. Al-Sarayre, M.M. Rei, W.Q. Ya, R. Klette // Journal of Imaging. 2018. Vol. 4, № 5. P. 63.

10. The Use of Kohonen's Neural Network in Clustering of Parasitological Micrographs / N. Verezubova, A. Chekulaev, O. Yakovleva et al. // Smart Cities and Sustainable Regional Development (SMARTGREENS 2025), Екатеринбург, 25 сентября 2025 года. Екатеринбург: Institute of Digital Economics and Law, 2025. P. 76-81.

11. Годовой отчёт ПАО «Группа Черкизово» за 2022 год. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://reportcollection.inion.ru/reports/download/?reportId=3451> (дата обращения: 15.03.2026).

12. Вереzubова Н.А., Вереzubова И.Н. Цифровизация предприятий мясной и молочной промышленности: от умных датчиков до цифровых двойников // Современные тенденции в социально-экономическом развитии общества: материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф., Москва, 11–12 декабря 2025 года. М.: Московский институт экономики, политики и права, 2026. С. 85-88.

13. Тихомиров М.М. Предиктивное техническое обслуживание в пищевой промышленности: обзор технологий и практик // Автоматизация в промышленности. 2021. № 8. С. 34–39.

Информация об авторах:

Н.А. Вереzubова - кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и цифровых технологий в АПК ФГОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина

Н.Е. Сакович - доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

П.К. Орчакова – студентка факультета биотехнологии и экологии ФГОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина

Information about the authors:

N.A. Verezubova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Technologies in the Agro-Industrial Complex of the Federal State Educational Institution of Higher Education MGAVMiB-MBA named after K. N.I. N. Scriabin

N.Ye. Sakovich -Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety and Environmental Engineering, Bryansk State Agrarian University.

P.K. Orchakova - student at the Faculty of Biotechnology and Ecology at the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Skryabin

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 06.09.2026, одобрена после рецензирования 11.09.2026, принята к публикации 23.09.2026.

The article was submitted 06.09.2026, approved after reviewing 11.09.2026; accepted for publication 23.09.2026.

© Вереzubова Н.А., Сакович Н.Е., Орчакова П.К.

Научная статья
УДК 637.116.5

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

¹Андрей Владимирович Волженцев, ¹Денис Игоревич Лихошерстов, ¹Юрий Алексеевич Кузнецов, ¹Наталья Александровна Березина, ²Игорь Николаевич Кравченко, ³Сергей Александрович Феськов

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина», Орел, Россия,

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия,

³ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Целью работы является разработка конструкции доильной установки и доильного стакана выжимающего принципа действия. Известные на данный момент доильные системы не в полной мере удовлетворяют физиологической особенности животных. Классические доильные аппараты приводят к травмированию мягких тканей вымени коровы. Это происходит за счет жесткой работы сосковой резины под вакуумом, повреждению кровеносных сосудов соска и как следствие последующим заболеваниям (мастит). Экспериментальные исследования проводились в научно-учебной лаборатории Орловского ГАУ. Программа включает проверку теоретических положений, определение длительности переходных фаз доения и проверку работоспособности усовершенствованного аппарата с пульсатором на основе линейного двигателя. Соотношение вакуума и давления в камерах доильного стакана регистрировали электронным измерительным прибором PulsoTest компании Westfalia Surge. Детали конструкции доильного аппарата изготовлены на 3D-принтере методом послойного наплавления: доильные стаканы – из пластика REC RELAX, сосковая резина – из эластичного материала REC Soft Flex с твердостью по Шору А70 и прочностью при растяжении 5,95 МПа. Полученная индикаторная диаграмма зафиксировала двухтактный рабочий цикл длительностью 0,621 с, состоящий из такта отжима продолжительностью 0,402 с и такта отдыха 0,219 с. Применение разработанного доильного аппарата способствовало росту молочной продуктивности коров на 6,7%, повышению производительности труда оператора в 1,2–1,3 раза за счет сокращения времени подготовительных операций, а также снижению заболеваемости вымени маститом на 14–17%.

Ключевые слова: доильный аппарат; доильный стакан; доильная установка; пульсатор; коллектор.

Для цитирования: Применение аддитивных технологий при изготовлении экспериментального доильного аппарата / А.В. Волженцев, Д.И. Лихошерстов, Ю.А. Кузнецов и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 59-64.

Original article

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURE OF AN EXPERIMENTAL MILKING DEVICE

¹Andrey V. Volzhentsev, ¹Denis I. Lihosherstov, ¹Yury A. Kuznetsov, ¹Natal'ya A. Berezina, ²Igor' N. Kravchenko, ³Sergei A. Fes'kov

¹Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia,

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia,

³Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The aim of this study is to develop a milking unit and a milking cup design based on the squeezing principle. Currently available milking systems do not fully address the physiological needs of cows. Traditional milking machines cause trauma to the soft tissues of the cow's udder. This occurs due to the harsh action of the liner under vacuum, damaging the blood vessels of the teat, and consequently leading to subsequent diseases (mastitis). Experimental studies were conducted in the research and educational laboratory of the Oryol State Agricultural University. The program included testing theoretical principles, determining the duration of transitional milking phases, and testing the performance of an improved unit with a pulsator based on a linear motor. The vacuum and pressure ratio in the milking cup chambers was recorded using a PulsoTest electronic measuring device from Westfalia Surge. The milking machine components were 3D printed using fused deposition molding (FDM): the teat cups are made of REC RELAX plastic, and the liner is made of REC Soft Flex, an elastic material with a Shore A70 hardness and a tensile strength of 5.95 MPa. The resulting indicator diagram recorded a two-stroke work cycle lasting 0.621 s, consisting of a

0.402-s extraction stroke and a 0.219-s resting stroke. The use of the developed milking machine contributed to a 6.7% increase in milk production in cows, a 1.2-1.3-fold increase in operator productivity due to a reduction in preparatory time and the elimination of machine milking, and a 14-17% decrease in the incidence of udder mastitis.

Keywords. *milking apparatus; teat cup; milking installation; pulsator; claw.*

For citation: *Application of Additive Technologies in the Manufacture of an Experimental Milking Machine / A.V. Volzhentsev, D.I. Likhoshesterov, Yu.A. Kuznetsov et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 5 (117). pp. 59–64.*

Введение. Анализ научных трудов, авторских свидетельств говорит о том, что над оптимальной конструкцией доильного аппарата выжимающего принципа работали много лет. Проектировались разнообразные конструкции таких доильных аппаратов. Однако, все разработанные доильные аппараты выжимающего принципа действия очень сложны в изготовлении, имеют громоздкую конструкцию и по этим причинам в настоящее время промышленностью не выпускаются [1, 2]. В результате проведенного исследования можно заключить, что одним из многообещающих направлений в разработке доильных аппаратов является использование волнообразного пережатия соска в конструкции, с минимальным вакуумом в подсосковой камере [3, 4]. Такой вакуум достаточен для надежного удержания доильного аппарата на вымени и эффективной транспортировки молока. Поэтому создание доильного аппарата нового поколения с отжимающим принципом действия является актуальным.

Цель работы. Целью работы является разработка конструкции доильной установки и доильного стакана выжимающего принципа действия.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в научно-учебной лаборатории кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» факультета «Агротехники и энергообеспечения» Орловского ГАУ.

Программой эксперимента предусматривалась проверка теоретических положений с целью определения длительности переходных фаз доения, а также проведения проверки работоспособности усовершенствованного доильного аппарата. В связи с этим определены следующие задачи экспериментальных исследований:

- получить осциллограммы изменения давления в межстенных камерах доильных стаканов усовершенствованного доильного аппарата;
- определить длительность переходных процессов в межстенных камерах доильных стаканов;
- проверить работоспособность усовершенствованного доильного аппарата с пульсатором на основе линейного двигателя [5, 6].

Доильный аппарат отжимающего действия можно оценить по следующим параметрам: длительность тактов отжима и отдыха, величина давления в камерах доильного стакана, частота пульсаций [7, 8].

Основным исполнительным органом в доильной установке является доильный аппарат. Он непосредственно воздействует на ткани вымени, влияет на активность процесса молокоотдачи и полноту выдаивания [9].

Разработанный доильный аппарат соответствует техническим и нормативным требованиям, что подтверждается расшифровкой индикаторных диаграмм давлений в камерах доильного стакана.

Соотношение давлений в камерах доильного стакана измерялось с помощью специализированного прибора Pulso Test Westfalia, информацию с которого передается и анализируется на ПК.



Рисунок 1 – Доильный аппарат выжимающего принципа действия
1 – электронный блок управления; 2 – доильный аппарат; 3 – молочный шланг; 4 – воздушный шланг

Собранный доильный аппарат представлен на рисунке 1 и состоит из доильного аппарата 2, молочного шланга 3, воздушного шланга 4, блока управления 1.

Результаты и их обсуждение. Разработка конструкции нового аппарата велась в направлении создания незначительного вакуума в подсосковой камере с целью транспортировки молока, а также определенного давления в межстенной камере стакана с целью недопущения травмы соска. На рисунке 2 приведена технологическая схема доильной системы с доильными аппаратами выжимающего принципа действия.

Технологическая схема доильного аппарата выжимающего принципа действия представлена на рисунке 3.

Пульсоколлектор лабораторного образца доильного аппарата выжимающего принципа представлен на рисунке 4.

Лабораторный образец стакана доильного аппарата выжимающего действия представлен на рисунке 5.

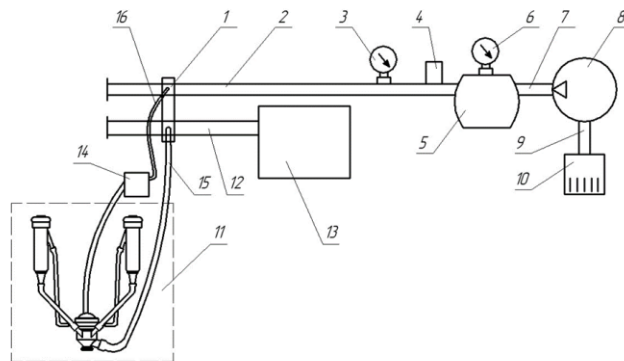


Рисунок 2 – Доильная установка с аппаратом выжимающего принципа действия

1 – соединительное устройство; 2 – магистральный трубопровод; 3, 6 – манометр; 4 – регулятор давления; 5 – ресивер; 7 – нагнетательный трубопровод; 8 – компрессор; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – фильтр-воздухоприемник; 11 – доильный аппарат; 12 – молокопровод; 13 – молокосорбник; 14 – пульсатор; 15 – молочный шланг; 16 – воздушный шланг

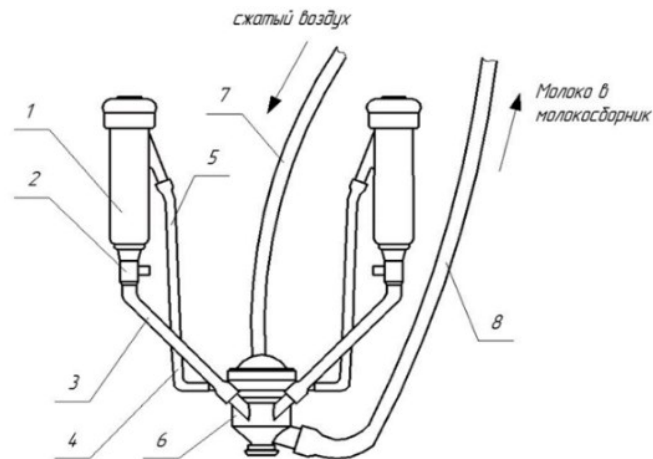


Рисунок 3 – Технологическая схема доильного аппарата выжимающего принципа действия

1 – доильный стакан (4 шт.); 2 – смотровая вставка (4 шт.); 3 – молочная трубка (4 шт.); 4 – воздушная трубка эжектора (4 шт.); 5 – воздушная трубка подключения (4 шт.); 6 – коллектор; 7 – воздушный шланг; 8 – молочный шланг

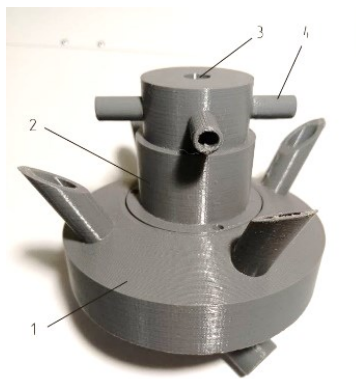


Рисунок 4 – Пульсоколлектор лабораторного образца доильного аппарата выжимающего принципа действия
1 – коллектор; 2 – пульсатор; 3 – атмосферный клапан; 4 – патрубки подсоединения воздушных шлангов

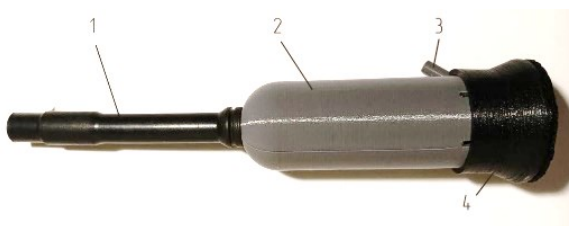


Рисунок 5 – Лабораторный образец стакана доильного аппарата выжимающего действия
1 – молочный шланг; 2 – доильный стакан; 3 – патрубок подключения воздушного шланга; 4 – сосковая резина

Детали конструкции доильного аппарата изготовлены методом послойного наплавления (FDM) на 3D принтере Vector X3. Доильные стаканы изготовлены из материала REC RELAX с диаметром нити 1,75 мм. Параметры печати: температура сопла – 230 °С, температура стола – 80 °С, обдув – 20%, диаметр сопла – 0,2 мм. Характеристики полученного изделия: плотность – 1,3 г/см³, температура эксплуатации – до +55 °С, температура размягчения – 80 °С.

Сосковая резина изготовлена из эластичного и износостойкого материала REC Soft Flex с диаметром нити филамента 1,75 мм. Параметры печати: температура сопла – 225 °С, температура стола – 60 °С, обдув – 35%, диаметр сопла – 0,2 мм. Характеристики полученного изделия: плотность – 1,16 г/см³, твердость по Шору – А70, прочность при растяжении вдоль слоев – 5,95 МПа.

Рабочий цикл экспериментального доильного аппарата представлен в виде индикаторной диаграммы по результатам измерений с помощью измерительного электронного прибора PulsoTest (рисунок 6). Данная диаграмма показывает в каждый данный момент давление воздуха в подсосковой и межстенной камерах доильного стакана.

На диаграмме отмечено время t , с, вакуум h , кПа, по осям абсцисс и ординат соответственно.

Нулевой вакуум на диаграмме проходит по оси абсцисс и равен атмосферному давлению. Вакуум в подсосковой камере h откладывался по оси ординат вниз, а в межстенной камере – вверх от нулевой линии.

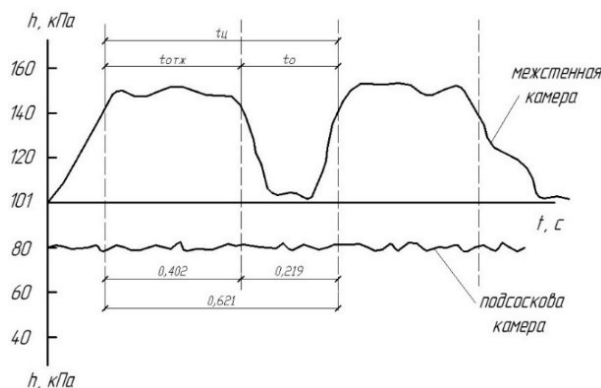


Рисунок 6 – Индикаторная диаграмма работы доильного аппарата выжимающего принципа действия

Рабочий цикл $t_{ц}$ состоит из тактов отжима $t_{отж}$ и отдыха $t_{о}$. Таким образом данный доильный аппарат является двухтактным с продолжительностью такта отжима 0,402 с и отдыха – 0,219 с, длительность цикла – 0,621 с.

Выводы.

1. Предлагаемый доильный аппарат стимулирует рефлекс молокоотдачи у коров. Рост молочной продуктивности коров составит 6,7%.
2. Сокращение времени подготовительных операций при доении экспериментальным доильным аппаратом, исключение потребности в машинном додое обеспечивают рост производительности труда оператора в 1,2... 1,3 раза.
3. Уровень заболеваемости вымени коров маститом при применении экспериментального доильного аппарата ниже на 14... 17%, чем при доении АДУ-1.

Список источников

1. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного доения // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 84-93.
2. Бондарев С.Н. Совершенствование доильного аппарата изменением вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана // Агропанорама. 2023. № 2. С. 7-12.
3. Волженцев А.В., Лихошерстов Д.И. Совершенствование конструкции доильного аппарата // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. (Орел, 03–04 декабря 2024 года). Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2024. С. 249–255.
4. К вопросу разработки доильного аппарата выдавливающего типа / И.Н. Краснов, А.Ю. Краснова, В.В. Мирошникова и др. // Донской аграрный научный вестник. 2025. № 1 (69). С. 19-33.
5. Ужик В.Ф., Кокарев П.Ю. Выжимающий доильный аппарат для коров // Вестник ВНИИ механизации животноводства. 2024. № 1. С. 67-70.
6. Яшин А.В., Бадов В.Д. Результаты экспериментальных исследований в лабораторных условиях доильного аппарата с сосковыми трубками, обеспечивающими такт сжатия с выжиманием // Электронный научный журнал. 2025. №2.
7. Westfalia Surge. Прибор проверки для доильных установок PulsoTest Syncro 1.2.1: инструкция по эксплуатации. 2020. 50 с.
8. Чехунов О.А., Мартынов Е.А. Доильный аппарат с управляемым режимом // Вестник Белгородского ГАУ. 2020. № 2. С. 78-82.
9. Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н. Разработка адаптивного доильного аппарата с механическим пульсатором // Техника и оборудование для села. 2023. № 5. С. 21-25.
10. Курак А.С., Шалак М.В., Муравьева М.И. Повышение стимулирующей способности доильного аппарата // Животноводство и ветеринарная медицина. 2017 № 1. С. 17-20.

Информация об авторах:

А.В. Волженцев – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механизации технологических процессов в агропромышленном комплексе, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, a.voljentssev@yandex.ru.

Д.И. Лихошерстов – аспирант 1 года обучения кафедры механизации технологических процессов в агропромышленном комплексе, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ivan.ustimenko00@mail.ru.

Ю.А. Кузнецов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Н.А. Березина – доктор технических наук, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности, профессор, профессор кафедры земледелия, селекции и растениеводства ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

И.Н. Кравченко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева.

С.А. Феськов – кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

A.V. Volzhentsev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, a.voljentssev@yandex.ru.

D. I. Lihosherstov – first-year PhD student, Department of Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, ivan.ustimenko00@mail.ru.

Yu.A. Kuznetsov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Reliability and Repair of Machines, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

N.A. Berezina – Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Digitalization, Research, and Innovation, Professor in the Department of Agriculture, Breeding, and Crop Production, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

I.N. Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Service of Machines and Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

S.A. Fes'kov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, 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 16.09.2026, одобрена после рецензирования 28.09.2026, принята к публикации 13.10.2026.

The article was submitted 16.09.2026, approved after reviewing 28.09.2026; accepted for publication 13.10.2026.

© Волженцев А.В., Лихошерстов Д.И., Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Кравченко И.Н., Феськов С.А.

Научная статья
УДК 331.433:624.9.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТАХ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ АПК И ПУТИ ЕЁ УЛУЧШЕНИЯ

¹Роман Владимирович Шкрабак, ¹Владимир Степанович Шкрабак,
²Евгений Николаевич Христофоров, ¹Владимир Дмитриевич Глоба,
¹Пётр Петрович Сульженко

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург – Пушкин. Россия

²Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, с. Кокино. Россия

Аннотация. Приведены краткие сведения об успехах АПК в текущей пятилетке. Отмечается роль государства в поддержке отрасли по всем основным направлениям жизнедеятельности. Уделено внимание вопросам совершенствования и развития АПК. Обращено внимание на составляющую отрасли в части стационарных объектов и их роли в структуре производства (животноводческие и птицеводческие комплексы, растениеводство, плодоовощеводство, коммунально-бытовые и социальные объекты, склады, тепличные сооружения, пункты переработки и хранения продукции, помещения диагностики, обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники и др.). Отмечена важность развития этих объектов в связи с потребностями отрасли на перспективу до 2030 года и на период до 2036 года и необходимость развития и содержания в рабочем состоянии стационарных объектов. Уделено внимание сложности проблемы в части обеспечения безопасности труда при их строительстве и ремонте. Отмечается наличие травматизма с тяжелым и смертельным исходами, что противоречит нормативно-правовой базе страны. Изложен ряд инновационных авторских решений в части превентивной профилактики источников травматизма в разнообразных видах работ строительно-ремонтного комплекса с учетом особенностей производства и жизнедеятельности АПК с его широкими и разнообразными культурами и видами работ, учитывая прямой контакт работников с биологическими объектами.

Ключевые слова: строительство и ремонты стационарных объектов АПК; состояние безопасности, инновационные пути улучшения.

Для цитирования: Анализ состояния безопасности труда при строительстве и ремонтах стационарных объектов АПК и пути их улучшения / Р.В. Шкрабак, В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 65-71.

Original article

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL SAFETY STATUS IN THE CONSTRUCTION AND REPAIR OF STATIONARY AGRICULTURAL FACILITIES AND WAYS TO IMPROVE IT

¹Roman Vladimirovich Shkrabak, ¹Vladimir Stepanovich Shkrabak, ²Yevgeni Nikolaevich Khristoforov, ¹Vladimir Dmitrievich Globa, ¹Pyotr Petrovich Sul'zhenko

¹Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg-Pushkin, Russia

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Kokino, Russia

Abstract. The paper provides a brief overview of the achievements in the agro-industrial complex during the current five-year period. It highlights the state's role in supporting the sector across all key areas of its operations. Attention is also given to issues concerning the improvement and development of the agro-industrial complex. Emphasis is placed on the industry's component of stationary facilities and their role in the production structure (livestock and poultry complexes, crop production, fruit and vegetable growing, municipal and social facilities, warehouses, greenhouses, product processing and storage facilities, diagnostic facilities, maintenance and repair facilities for agricultural machinery, etc.). The article notes the importance of developing these facilities in connection with the needs of the industry for the period up to 2030 and for the period up to 2036, as well as the need to develop and maintain stationary facilities. Attention is paid to the complexity of the problem of ensuring occupational safety during construction and repairs. The presence of severe and fatal injuries is noted, which contradicts the country's regulatory framework. A number of innovative, proprietary solutions are presented for the preventative management of injury sources in various types of construction and repair work, taking into account the specifics of production and operations in the agro-industrial complex, with its broad and diverse range of crops and types of work, and considering workers' direct contact with biological agents.

Keywords: *construction and repair of stationary agro-industrial facilities; safety status, innovative ways to improve it.*

For citation: *Analysis of occupational safety status in the construction and repair of stationary agricultural facilities and ways to improve it / R.V. Shkrabak, V.S. Shkrabak, E.N. Khristoforov et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 5 (117). pp. 65–71.*

Введение. Агропромышленный комплекс страны является базовой отраслью в части продовольственного обеспечения страны и экспортируемого продовольствия в другие страны. Его динамичное развитие в стране в последнее десятилетие позволило практически полностью обеспечить внутренние потребности населения страны и экспорт зерновых и других продовольственных культур, составивших в 2023 году сумму 45 миллиардов долларов США. Динамичному развитию отрасли способствовали особое внимание проблеме продовольствия Президента Российской Федерации [1], её правительства [2], Совета Федерации [3], Государственной думы Федерального собрания страны [4], а также плодотворный труд тружеников сельского хозяйства [5]. Изложенное и ряд других успехов в структуре ОКВЭД позволило стране в 2024 году стать четвертой экономикой мира, опередив Германию, Японию, Италию и другие страны. Очевидно, ориентирами на перспективу в этом направлении является Индия, Китай и США.

Анализ жизнедеятельности сообщества страны в части продовольственного обеспечения подтверждает правомерность созидательного курса в сфере АПК совершенствованием его материально-технической базы [6], высокой эффективности кадрового потенциала отрасли [7,8], науки и практики высоких достижений. Очевидно, что эти и новые направления интенсификации структур ОКВЭД экономики страны будут превалировать и в перспективе развития отрасли до 2030 и дальше до 2036 года с учетом пяти государственных известных программ. Как известно, в их числе: программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции сырья и продовольствия; комплексного развития сельскохозяйственных территорий; эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса страны; развитие рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации; Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства. Государственная поддержка этих программ позволила отрасли АПК достичь значимых результатов и стать маяком в отрасли (вместе с новыми программами) в достижении результатов в отрасли к 2030 году с повышением в 1,25 раза по отношению к 2020 году; увеличение экспорта продукции предполагается в 1,5 раза по сравнению с 2020 годом.

Изложенное позволяет утверждать, что достижение результативности АПК обеспечено комплексом перечисленных мероприятий с инновационными достижениями в локальных условиях в профессиональных видах деятельности почвенно-климатических зон страны в соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием ее земельного фонда. Как известно, в части земельного фонда страна отличается большим разнообразием почвенно-климатических зон. С целью профессионального использования земель для эффективного функционирования сельскохозяйственного производства с разработкой системы ведения и развития отрасли, организации производства, проведения агромелиоративных, строительных и других работ для обеспечения жизнедеятельности осуществлено районирование. В основе его сходные природные, климатические и хозяйственные условия. В соответствии с изложенным к основным таксономическим функциям районирования относятся природно-климатический пояс, провинция, а также природно-сельскохозяйственная горная область и провинции (в соответствии с «природно-сельскохозяйственным районированием земельного фонда» 1986 года). Наивысшей таксономической единицей считается природно-сельскохозяйственный пояс, характеризующийся комплексом природных условий, определяющий вид и тип сельскохозяйственного производства. Основным показателем при этом считается теплообеспеченность (сумма активных температур воздуха более 10 градусов Цельсия). В стране выделено 3 пояса по этому показателю: теплый, умеренный, холодный. Первый из названных – это субтропический пояс с суммой активных температур более 4000; это зона неорошаемого и орошаемого земледелия, а также интенсивного животноводства, птицеводства и растениеводства. Умеренный природно-хозяйственный пояс – со степными, лесными и лесостепными зонами, позволяющими реализовать интенсивное земледелие и животноводство (включая полупустынные и пустынные зоны с пастбищным животноводством и ограниченным – выборочным земледелием). Для этой зоны характерны территории с суммами активных температур от 1600 до 4000.

Для холодной тундрово-таежной природно-сельскохозяйственной зоны характерна низкая теплообеспеченность с суммой активных температур до 1600 градусов. Это зона культур защищенного и полужащищенного грунта, а также плодоовощных культур открытого грунта. Характерным является рыболовство, оленеводство, охотничий промысел. Анализ показывает, что эта зона – удел Северо-

Западного федерального округа с областями его южных границ, которые периодически обладают природными условиями умеренного природного сельскохозяйственного пояса.

Учитывая изложенное, отметим, что развитие АПК во всех названных зонах предполагает потребность в наличии, а значит строительстве стационарных хозяйственных объектов (животноводство, растениеводство, склады, тепличные объекты, структуры систем жизнедеятельности – тепло-водо-энерго-газо-канализационные системы, жилищно-коммунальные хозяйства, социальные объекты, объекты перерабатывающих отраслей АПК, мясо-молочные, мукомольные, хлебопекарные, масложировые, сахарные предприятия, комбикормовые пункты, пункты переработки вторичного сырья, посты диагностики, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники и оборудования, автогазажи, санные сараи, силосные сооружения, ремонтные мастерские и др). Как видно, потребность в стационарных объектах в отрасли АПК большая с перспективами ее роста, а значит строительства и поддержания в рабочем состоянии стационарных объектов. Известно, что строительно-ремонтные работы в целом являются высокотравмоопасными и эта отрасль производства, как и сельскохозяйственное производство, входят в пять видов наиболее травмоопасных видов ОКВЭД страны.

Целью исследований является анализ безопасности при строительстве и ремонтах стационарных объектов АПК и обоснование инновационных профилактических мероприятий.

Материалы и методы. При исследовании проблемы использовались статистические сведения о состоянии и использовании в сельскохозяйственном производстве стационарных объектов различного назначения по данным Госкомстата, их состоянии и целевом использовании по назначению в различные периоды года. Учитывались также сведения о травматизме по официальным данным Социального Фонда России, Роструда и Минтрудсоцразвития. В качестве методов использованы методы математической логики, статистические сопоставительного анализа и аналитического поиска и обоснования авторских профилактических патентных решений.

Результаты исследований. В работах по рассматриваемому направлению в 2024 году по данным Госкомстата было занято 4913000 человек; из этой численности около 6% трудились на строительно-ремонтных объектах сельскохозяйственного назначения. В связи с производственными потребностями особой социальной значимостью практически всесезонностью работ многообразием видов деятельности этот сектор экономики ОКВЭД постоянно совершенствуется по всем направлениям жизнедеятельности. В числе таких, кроме сказанного, потребность населения, природно-климатические условия и комплекс мероприятий, обеспечивающих жизнедеятельность. В числе значимых потребность в видах производств по выращиваемым культурам, животным и птицам, вспомогательных производств, инфраструктуре, жилых и административных объектах. В решении этих вопросов важна роль стационарных объектов, являющихся необходимостью в решении гаммы потребностей аграрного производства (о номенклатуре их кратко отмечено выше).

Отмечено, что характерной особенностью использования в отрасли АПК стационарных объектов является разновременность (круглогодично – склады разнообразных материально-технических ценностей, сезонно – для кратко или средневременного хранения и предпродажной подготовки урожая полей и ферм, а также разнообразного оборудования для его использования по назначению и др.). Потребность в стационарных объектах подтверждена ежегодным вводом в действие в сельском хозяйстве страны обсуждаемых объектов. Так на начало 2023 года введено: складов для минеральных удобрений, микробиологических средств и ядохимикатов около 70 тыс. тон единовременного хранения; элеваторов на почти 213 тыс. тонн единовременного хранения; комбикормовых предприятий на 2.2 тыс. тонн комбикорма в сутки; животноводческих помещений на 133.1 тыс. мест только для крупного рогатого скота; хранения картофеля, фруктов и овощей на 338 тыс. тон единовременного хранения. Практика показывает, что интенсивное развитие строительства указанных объектов и их ремонтов сопровождается травматизмом, что не в полной мере соответствует нормативно-правовой базе в части требования техносферной безопасности [9-14].

Отличительной особенностью строительства и ремонта сельскохозяйственных объектов является ряд обстоятельств. В их числе работа на высоте, использование разнообразного оборудования с механическими, электрическими приводами, а также грузоподъемных механизмов -кранопад, электропоражение при работе автокранов в зоне линии электропередач и др.

Анализом производственного травматизма при строительстве и ремонте стационарных объектов АПК установлена (по данным Социального Фонда России -СФР) динамика страховых несчастных случаев. Эта информация приведена ниже в таблице 1 в сравнении с общим количеством их в стране

Таблица 1 – динамика страховых несчастных случаев на производствах в строительстве и в стране в целом за 2019-2024 год

Страховые несчастные случаи	Годы					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
В организациях, осуществляющих строительные работы	2015	2147	2475	2761	2832	2941
Общее количество в стране	35492	28770	32151	32280	32500	33700

Данные таблицы 1 подтверждают стабильный рост страховых случаев на производствах организаций, осуществляющих строительные работы. Как видно, за обсуждаемое пятилетие число их увеличилось на 921 случай (осредненно ежегодный рост составлял 184 случая).

Таблица 2 – Динамика несчастных случаев на строительных производствах с тяжелыми и смертельными исходами за 2019-2024 годы

Виды несчастных случаев	Годы					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Тяжелые, чел	1026	914	893	1013	903	801
Смертельных, чел	374	334	339	372	402	437

Для общего количества несчастных случаев в стране за указанные годы характерна неустойчивость по годам, характер динамики колебательный.

По данным Роструда страны в 2024 году зарегистрировано 5974 несчастных случая. В их числе 1679 случаев со смертельными исходами. В этом же году имели 474 групповых несчастных случая, в том числе 324 случая со смертельным исходом. В части отраслевой принадлежности в обсуждаемом году наибольшее число производственных несчастных случаев с тяжелыми последствиями имели место на: обрабатывающих производствах 1241 случай или 24.145% от общего количества их в стране; в строительстве 801 случай или 12.9 % от общего числа таких в стране; при транспортировке и хранении – 647 случаев или 12.1%; в сельском хозяйстве, охоте, рыболовстве, рыбоводстве – 372 случая или 7.4% от общих в стране; при добыче полезных ископаемых – 362 случая или 6.1% от общего числа. Изложенная ситуация только по 2024 году неблагоприятная: но она имеет место ежегодно, отличаясь несущественно только по количественным показателям с тяжелыми последствиями (в числе последних частичная или полная утрата трудоспособности работниками с материальными, социальными и моральными последствиями для семьи, производства и страны). Такая ситуация не может считаться нормальной и требует оперативных решений гаммой профилактических мероприятий нормативно-правового, санитарно-гигиенического, инженерно-технического, медицины биологического, эргономического, организационно-технического, научного, кадрового, психофизиологического, финансового и внедренческого характера.

Касаюсь обстоятельств изложенной динамики несчастных случаев отметим значимость производственной среды в сельскохозяйственном производстве., где значительная часть ремонтно-строительных работ осуществляется на открытом воздушном пространстве практически в 75% года. Они определяются отличительными особенностями архитектурно-конструктивных решений сооружений (животноводческие, птицеводческие, складские и др.), элементами ландшафтной архитектуры и главное – потребностью локальных разнообразий производств с возможностью целевого использования. Основными составляющими производственной среды отрасли являются: многообразие типов зданий инженерно-технических сооружений со своими особенностями, технологиями и методами и средствами их реализации; разнообразием потребностей параметров микроклимата в рабочих зонах; локальными производственными вредностями, многообразием потребностей в инженерных решениях в соответствии с видами работ в целях их электромеханизации; сложностью крупных строительных объектов (особенно жилого и социального назначения); потребностью в учете элементов природной среды и др.

Анализ ситуации вынуждает владеть сведениями о причинах и источниках травматизма с целью обоснования и разработки высокоэффективных путей профилактики несчастных случаев в целом в стране и ее строительной отрасли. Анализ выполненных исследований подтверждает мнение о том, что основной причиной несчастных случаев в структурах ОКВЭД страны и ее отраслей является несоответствующее в полной мере нормативно-правовой базе страны организация производства работ. По этой причине по данным Роструда страны приходится около 23% несчастных случаев в доле

общего числа их в стране. По данным Росстата динамика причин несчастных случаев с тяжелыми последствиями за период 2020-2024 года характеризуется данными, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика погодного распределения причин несчастных случаев с тяжелыми последствиями за 2020-2024 годы в ОКВЭД страны (в процентах)

Причины несчастных случаев на производствах страны	Годы				
	2020	2021	2022	2023	2024
Неудовлетворительная организация труда	32,5	31,0	28,0	23,0	23,0
Нарушение правил дорожного движения	12,2	11,0	12,0	12,0	12,0
Нарушение работниками трудового распорядка	9,8	10,0	10,0	8,0	8,0
Нарушение технологического процесса	5,8	6,0	7,0	9,0	9,0
Прочее	39,7	52,0	44,0	48,0	48,0

Анализ данных таблицы 3 показывает, что для каждой из перечисленных там причин типичной является своя динамика. Касаясь причины «неудовлетворительной организации труда», отметим ее снижение за пятилетие практически на 9,5% (с 32,5% в 2020 году до 23% в 2024 году). Отличаются практической стабильностью причины нарушения правил дорожного движения (около 12%). Незначительна тенденция снижения нарушения работниками трудового распорядка (с 9,8% с колебаниями до 8% в 2023-2024 годах). Вызывают тревогу причины по нарушению технологического процесса (за указанное пятилетие отмечается рост в 1,35 раза); аналогичная ситуация сложилась с прочими причинами (рост с 39,7% в 2020 году до 48% в 2024 году).

Изложенным обстоятельствам способствуют нижеследующие виды несчастных случаев (по 2024 году в процентах к общему числу): падение пострадавшего – 31% (снижение с 32% в 2020 году); воздействие движущихся предметов – 20% (снижение с 25% в 2020 году); транспортные происшествия – 17% (рост с 13% в 2020 году); падение, обрушения, обвалы – 11% (снижение с 12% в 2020 году). Применительно к строительству, типичными причинами несчастных случаев с тяжелыми последствиями в организациях были в 2023 году: неудовлетворительная организация работ – 31,5%; нарушение трудовой дисциплины – 9,1%; нарушение правил дорожного движения – 8,4%, а технологического процесса – 7,9%; неприменение средств индивидуальной защиты – 6%; недостатки организации рабочих мест – 3,3%, а в подготовке работников по охране труда – 2,1%. Приведенные сведения являются вектором необходимых профилактических мероприятий в целях динамичного снижения и ликвидации названных и других причин несчастных случаев в строительстве и ремонте стационарных объектов отрасли.

Несчастные случаи с тяжелыми последствиями в организации строительства имели место при следующих обстоятельствах, типичных для строительства (в процентах от общего количества по данным Минтруда): падение с высоты – 42,6%; падение предметов – 15,6%; движущиеся предметы, механизмы – 14,2%; транспортные происшествия – 11%; воздействия электрического тока – 4%; воздействие огня – 2,1%.

Изложенная ситуация требует разработок профилактических мероприятий, способствующих устранению несчастных случаев при перечисленных обстоятельствах. В этом направлении интенсивная работа проводится трудовой охранной научно-педагогической школой Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в целях динамичного снижения и ликвидации ситуации причин, приводящих к травмам в строительстве и ремонте стационарных объектов АПК различного назначения. Работы направлены на теоретическое обоснование и разработку комплекса инновационных профилактических мероприятий нормативно-правового, организационно-технического, эргономического, инженерно-технического и микро-биологического обеспечения безопасности работ в строительстве и ремонте стационарных объектов АПК. В качестве инновационных решений по профилактике травматизма, применительно к обсуждаемой теме ниже приведено кратко несколько авторских решений.

Так в качестве повышения качества подготовки специалистов в области сельскохозяйственного строительства предложен «Интерактивный учебный кабинет по охране труда», оснащенный компьютеризированными рабочими местами обучающихся и преподавателя, а также соответствующими программами для повышения качества обучения в учебном процессе учебных заведений и структур по переподготовке кадров (патент на полезную модель РФ №106017 [15]). В целях обеспечения электробезопасности обоснован «Стенд для обучения и повышения квалификации электротехнического и электротехнологического персонала» (патент РФ №2670143 [16]) с набором программ для самообучения.

В целях обеспечения строительно-ремонтных работ в отрасли предложен «Способ определения профессиональной пригодности операторов технического средств производства» (патент РФ № 2275856 [17]).

Для сохранения работоспособности кадрового состава строительно-ремонтных работ обоснован «Способ оценки продолжительности необходимого отдыха» (патент РФ №2239350 [18]). Способ основан на продолжительности восстановления показателей функционирования организма работников.

В целях исключения падений строительных кранов (кранопадов) предложен «Башенный грузо-подъемный кран» (патент на полезную модель РФ [19]) с платформой у основания крана с дополнительным грузом, автоматически перемещающимся в противоположную сторону наклона крана, восстанавливая центр тяжести конструкции, исключая опрокидывание. Для обоснования нормативных значений параметров воздуха при покрасочных работах строительных объектов предложен «Защитный шлем» с соответствующими фильтрующими составами для обеспечения чистоты воздуха в рабочей зоне работающих (патент на полезную модель № 148879 [20]).

Перечисленные инновационные решения подтвердили свою работоспособность на основе макетных испытаний, позволяя обеспечить безопасность труда в ремонтно-строительных работ объектов АПК.

Выводы. Динамичное развитие агропромышленного производства в последнее десятилетие текущего века, учитывая его продовольственную значимость, базируется на высокопрофессиональном ориентировании руководящих и исполнительных органов страны в отрасли, обеспечив в последнее пятилетие практически полностью потребности населения в продовольствии и возможность расширения экспортных поставок в нуждающиеся страны. Весомой составляющей материально-технической базы страны являются стационарные объекты производственного, жилого, социального и другого назначения. Каждая из них является важнейшей в цепи мероприятий интенсивного развития отрасли на ближайшее десятилетие с целью повышения эффективности ее на 25% по отношению к 2020 году. Успехи отрасли и экономики страны в целом в прошедшее пятилетие обеспечили стране позицию четвертой экономики мира впервые в истории последнего и текущего веков. Это обязывает к дальнейшему и эффективному развитию в конкурентной мировой среде в связи с продовольственным обеспечением. Поэтому отрасли АПК уделяется особое внимание руководством страны, что выражается в динамичном развитии ее подотраслей (растениеводство, животноводство, птицеводство, плодоовощеводство и других направлений), несмотря на мировую конкуренцию, а также потребности улучшения эффективности составляющих техносферной безопасности (пожарной, экологической, безопасности труда, безопасности в чрезвычайных ситуациях) и других проблем. В связи с этим роль стационарных объектов перечисленных выше назначений будет возрастать. Потребность в решении составляющих техносферной безопасности очевидна и нуждается в должном внимании науки и производства в части динамичного снижения их негативных факторов на жизнедеятельность населения. Основным путем достижения эффективности работ является научное обоснование, развитие и совершенствование АПК с его составляющими в части обеспечения важнейшей конституционной составляющей страны – жизни и здоровья человека. Пути практических инновационных решений проблемы техносферной безопасности обоснованы трудовой охранной научно-педагогической школой Санкт-Петербургского ГАУ, сформировавшей в течение трети прошлого века стратегию и тактику динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК. Инновация этих решений подтверждено 260 патентами на изобретения. Работа в этом направлении интенсивно продолжается.

Список источников

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 г.: указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. №309 // СПС Гарант.
2. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная: постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2024 года №316 (с изменениями на 30.04.2025 года).
3. О прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации на 2025 год и на новый период 2026 и 2027 годов: постановление Совета Федерации федерального собрания Российской Федерации.
4. Государственные приоритетные направления законодательного обеспечения развития агропромышленного комплекса (парламентские слушания комитета Государственной Думы по аграрным вопросам 16.10.2024 г.).
5. Самофалова О. Аграрии показали чудеса роста производительности // Деловая газета «Взгляд». Экономика. 2025. Апрель.
6. Пекуровский Д.А., Концевая С.Ю. Развитие материально-технической базы отраслей агропромышленного комплекса России // Аграрная наука. 2023. № 2. С. 124-127.
7. Федеральный проект «Кадры в АПК»: постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2024 г. № 1893.
8. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы: постановление Правительства РФ от 25.08.2017 г.

9. Конституция Российской Федерации от 12.12.2023 с изменениями от 01.07.2020 г.
10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 01.08.2023 г. М. АСТ, 2023. 304 с.
11. Гражданский кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25.02.2022) // СПС «Гарант».
12. Уголовный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25.03.2022) // СПС «Гарант».
13. ГОСТ 12.0.001-89. Система стандартов безопасности труда. Основные положения. ИПК. М.: Издательство стандартов, 2022.
14. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП РФ): федер. закон № 195-ФЗ от 30.12.2001 г.
15. Интерактивный учебный кабинет по охране труда: пат. 106017 Рос. Федерация / В.С. Шкрабак и др.; заявл. 24.12.2010; опубл. 27.06.2011.
16. Стенд для обучения и повышения квалификации электротехнического и электротехнологического персонала: пат. 2670143 Рос. Федерация / В.С. Шкрабак и др.; заявл. 06.12.2017; опубл. 18.10.2018.
17. Способ определения профессиональной пригодности оператора технических средств производства: пат. 2275856 Рос. Федерация / Р.В. Шкрабак и др.; заявл. 24.08.2004; опубл. 20.11.2006.
18. Способ оценки продолжительности необходимого отдыха: пат. 2232935 Рос. Федерация / Р.В. Шкрабак и др.; заявл. 25.07.2002; опубл. 10.11.2004.
19. Башенный грузоподъемный кран: пат. 15297 Рос. Федерация / Р.В. Шкрабак и др.; заявл. 22.10.2014; опубл. 25.06.2015.
20. Защитный шлем: пат. 145879 Рос. Федерация / В.С. Шкрабак и др.; заявл. 16.01.2014; опубл. 27.09.2014.

Информация об авторах:

Р.В. Шкрабак - доцент, заведующий кафедрой «Безопасность технологических процессов и производств» Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. shkrabakrv@mail.ru

В.С. Шкрабак - д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. v.shkrabak@mail.ru

Е.Н. Христофоров – д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии Брянского государственного аграрного университета. e-mail; en-x@bk.ru

В.Д. Глоба - к.псих.н., доцент Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. globavladimir@mail.ru

П.П. Сульженко - аспирант кафедрой «Безопасность технологических процессов и производств» Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.

Information about the authors:

R.V. Shkrabak - Associate Professor, Head of the Department of "Safety of Technological Processes and Productions" Saint Petersburg State Agrarian University. shkrabakrv@mail.ru

V.S. Shkrabak - Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg State Agrarian University. v.shkrabak@mail.ru

Ye.N. Khristoforov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Life Safety and Engineering Ecology, Bryansk State Agrarian University. en-x@bk.ru

V.D. Globa - PhD in Psychology, Associate Professor at the St. Petersburg State Agrarian University. globavladimir@mail.ru

P.P. Sul'zhenko - Postgraduate Student, Department of Technological Process and Production Safety, St. Petersburg State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.08.2026, одобрена после рецензирования 11.09.2026, принята к публикации 23.09.2026.

The article was submitted 16.08.2026, approved after reviewing 11.09.2026; accepted for publication 23.09.2026.

© Шкрабак Р.В., Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Глоба В.Д., Сульженко П.П.

Научная статья
УДК 621.316 (470.333)

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Безик Валерий Александрович, ²Шелоп Михаил Александрович

¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

²ПАО «Россети Центр» - «Брянскэнерго», Брянск, Россия

Аннотация. Целью исследования является определение ключевых показателей качества электроэнергии в сельских электрических сетях Брянской области и проведение их анализа на соответствие нормативным требованиям, установленным ГОСТ 32144-2013. Для сбора данных использовался измерительный комплекс «Ресурс UF». Объём выборки составил 100 измерений, выполненных на отходящих линиях трансформаторных подстанций (ТП) напряжением 10/0,4 кВ с трансформаторами мощностью от 25 до 630 кВА. В ходе анализа полученных данных установлено систематическое несоответствие ряда показателей качества электроэнергии нормативным значениям. Наиболее часто встречающимися нарушениями являются медленные отклонения напряжения, несимметрия напряжений. Также выявлены превышения нормативных значений коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательностям. Два показателя - отклонение напряжения и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности часто выходят за рамки допустимых значений одновременно. Несмотря на все более широкое применение современных преобразовательных устройств нормативные значения по содержанию гармонических составляющих не были превышены. Выявлены ключевые причины нарушения качества электроэнергии, среди которых: устаревшая инфраструктура, значительные расстояния воздушных линий, недостаточная оснащённость оборудованием для поддержания стабильности напряжения и неудовлетворительное состояние контуров заземления. Предлагается необходимость дальнейших исследований для совершенствования методов управления качеством электроэнергии в указанных сетевых зонах.

Ключевые слова: качество электрической энергии, медленные изменения напряжения, несиноусоидальность напряжения, несимметрия напряжений, сельские электрические сети, отклонение частоты.

Для цитирования: Безик В.А., Шелоп М.А. Анализ качества электрической энергии сельских распределительных сетей Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2026. №5 (117). С. 72-77.

Original article

ANALYSIS OF ELECTRIC ENERGY QUALITY IN RURAL DISTRIBUTION NETWORKS OF THE BRYANSK REGION

Valeriy A. Bezik, Michail A. Shelop

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The aim of this research is to determine key power quality indicators in rural electrical networks of the Bryansk region and analyze them for compliance with the regulatory requirements established by GOST 32144-2013. The Resurs UF measuring complex was used to collect data. The sample size consisted of 100 measurements performed on outgoing lines of transformer substations (TS) with a voltage of 10/0.4 kV with transformers with a capacity of 25 to 630 kVA. During the analysis of the obtained data, systematic non-compliance of a number of power quality indicators with the standard values was established. The most frequently encountered violations are slow voltage deviations and voltage asymmetry. Exceedances of the standard values of the zero-sequence and negative-sequence voltage unbalance coefficients were also revealed. Two indicators - voltage deviation and zero-sequence voltage unbalance coefficient - often exceed the permissible values simultaneously. Despite the increasingly widespread use of modern converter devices, the standard values for the content of harmonic components were not exceeded. Key causes of power quality problems have been identified, including: outdated infrastructure, long overhead transmission lines, insufficient voltage stability equipment, and poor grounding circuits. Further research is needed to improve power quality management methods in these network zones.

Keywords: electric energy quality, slow voltage changes, voltage non-sinusoidality, voltage unbalance, rural electrical networks, frequency deviation.

For citation: Bezik V.A., Shelop M.A. Analysis of electric energy quality in the rural distribution networks of the Bryansk region // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. №5 (117). pp. 72-77.

Введение. Электрическая энергия является фундаментальным ресурсом, обеспечивающим функционирование всех отраслей хозяйственной деятельности и выступающим в качестве товара в отношениях между энергоснабжающими организациями и потребителями. Качество электроэнергии выступает важнейшим фактором, определяющим эффективность её использования и саму возможность нормальной эксплуатации электрооборудования потребителей. Качество электрической энергии определяется как степень соответствия совокупности её характеристик требованиям, необходимым для нормальной работы электроприёмников, установленным в нормативных документах.

Показатели качества электрической энергии (ПКЭ) - это совокупность параметров напряжения в точке передачи, количественно описывающих его отклонение от номинальной формы и величины. Они позволяют провести количественную оценку соответствия этих характеристик установленным нормам. Потребители предъявляют к ПКЭ определённые требования, поскольку их соблюдение напрямую влияет на работоспособность электроустановок, а также на безопасность обслуживающего персонала. Отклонение показателей за пределы допустимых значений может привести к серьёзным негативным последствиям, включая отказ оборудования и создание аварийных ситуаций. Поддержание качества электроэнергии на должном уровне является необходимым условием для обеспечения штатного режима работы устройств и выполнения ими заданных функций.

В Российской Федерации требования к качеству электрической энергии в сетях общего назначения переменного тока (трёхфазного и однофазного) частотой 50 Гц регламентируются межгосударственным стандартом ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». В соответствии с положениями стандарта, к основным показателям качества электрической энергии относятся:

- отклонение частоты (Δf);
- медленные изменения напряжения, оцениваемые по отрицательным ($\delta U_{(-)}$) и положительным ($\delta U_{(+)}$) отклонениям напряжения;
- колебания напряжения и фликер;
- несинусоидальность напряжения, оцениваемая по суммарному коэффициенту гармонических составляющих (k_u) и коэффициентам гармонических составляющих напряжения ($k_{u(n)}$) до 40-й гармоники;
- несимметрия напряжений в трёхфазных системах, определяемая коэффициентами несимметрии напряжений по обратной ($k_{2(u)}$) и нулевой последовательностям ($k_{0(u)}$);
- случайные события в сети, такие как прерывания напряжения, провалы напряжения, перенапряжения и импульсные напряжения.

Для расчёта и анализа отдельных показателей применяются дополнительные характеристики и методические подходы.

Цель исследования - определение ключевых показателей качества электроэнергии в сельских электрических сетях Брянской области и проведение их анализа на соответствие нормативным требованиям, установленным ГОСТ 32144-2013, формирование выводов относительно качества предоставляемой электроэнергии.

Результаты исследований и их обсуждение. Измерения проводились приборами «Ресурс UF» (измерители «Ресурс-UF2М» и «Ресурс-UF 0.1») согласно методическим рекомендациям нормативных документов (РД 153-34.0-15.501-00 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии»; ГОСТ 33073-2014. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения; ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. Дата введения 2014-01-01) и инструкции по контролю качества электроэнергии в распределительных сетях номинальным напряжением до и выше 1000 вольт. Измеренные значения сравнивались с нормативными по ГОСТ 32144 – 2013.

В течение 2024 года снимались показания на шинах подстанций 10/0,4 кВ расположенных в 14 сельских районах Брянской области. Мощности подстанций варьировались от 25 до 630 кВА.

По итогам анализа результатов исследований протоколов замеров построена гистограмма распределения отклонений основных показателей качества электроэнергии от нормативных значений по ГОСТ 32144 - 2013 (рисунок 1).

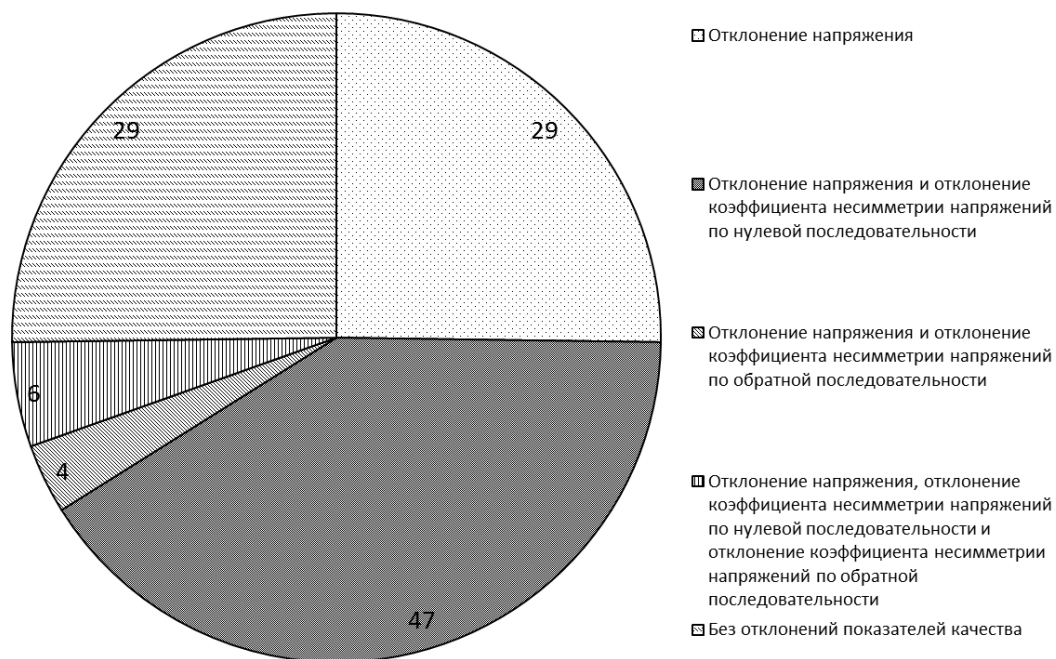


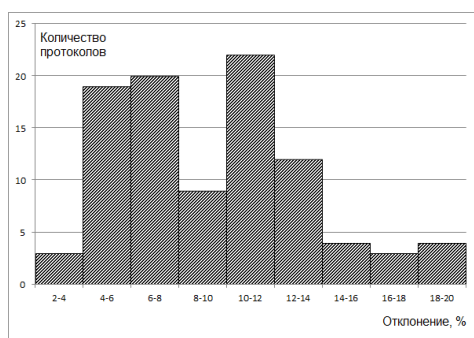
Рисунок 1 – Гистограмма распределения протоколов с отклонениями ПКЭ от нормативных значений

Распределение протоколов по видам отклонений показателей качества от общего числа протоколов составили:

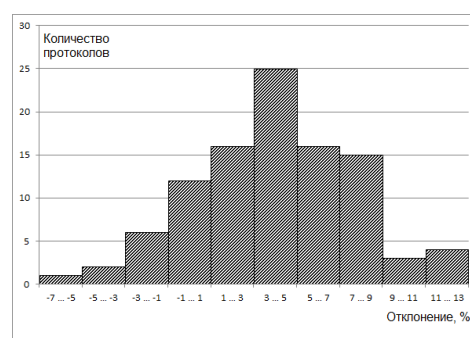
- Отклонение напряжения – 29%.
- Отклонение напряжения и отклонение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности – 47%.
- Отклонение напряжения и отклонение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности – 4%.
- Отклонение напряжения, отклонение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности и отклонение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности – 6%.
- С нормативными отклонениями показателей качества – 29%.

Суммарный коэффициент гармонических составляющих K_U , частные коэффициенты гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$ по результатам измерений соответствовали нормативным по ГОСТ 32144 - 2013. Также не выходили за рамки нормативных отклонения частоты Δf .

Для анализа результатов будем рассматривать минимальные и максимальные отклонения, что позволяет перейти от усредненных статистических данных к анализу граничных режимов работы сети. Это необходимо для обеспечения надежности электроснабжения, электромагнитной совместимости технических средств и выполнения требований ГОСТ 32144-2013, который предписывает оценивать качество энергии не по средним значениям, а по вероятностным характеристикам, включающим экстремумы выборки.



а)



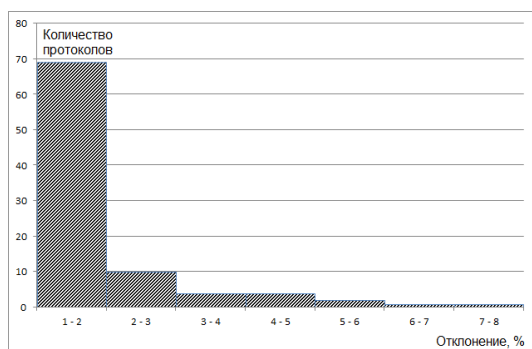
б)

Рисунок 2 – Количество протоколов с максимальными (а) и минимальными (б) значениями установившего отклонения напряжения δU_y

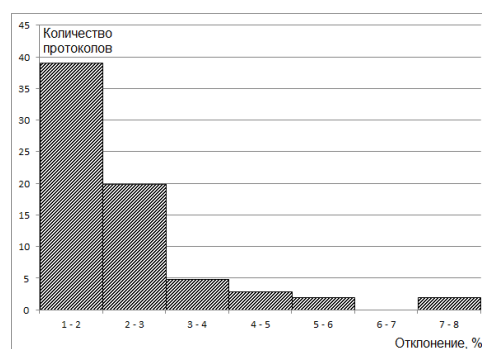
Распределение протоколов по установившимся минимальным и максимальным отклонениям напряжения показаны на рисунке 2. Большое количество протоколов с максимальными отклонениями 5-12 % может быть объяснено их возникновением при сбросе нагрузки и приближении отклонения к установленным на трансформаторных подстанциях надбавкам. Большее число протоколов с минимальным отклонением напряжения 3-5% хорошо согласуется с наибольшим допустимым падением напряжения в 5%.

Большое количество протоколов с максимальными и минимальными значениями установившего отклонения напряжения приближающихся и даже превышающих границы допустимых значений сигнализирует о необходимости регулировки напряжения под нагрузкой (РПН) трансформаторов, установки конденсаторных установок или применения активных фильтров гармоник, что неизбежно приведет к увеличению затрат.

На рисунке 3 показано распределение протоколов по максимальным и минимальным значениям коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} , а на рисунке 4 распределение по минимальных и максимальных значений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} .

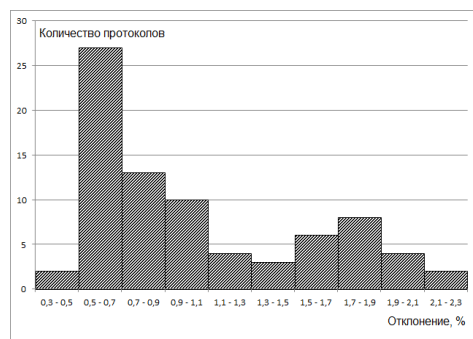


а)

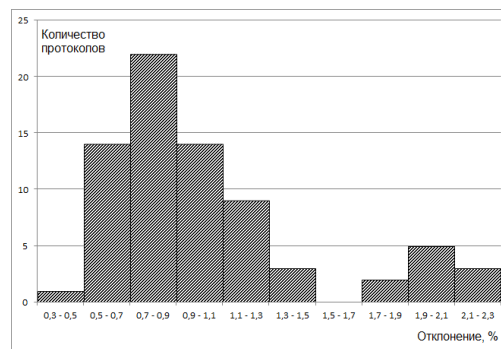


б)

Рисунок 3 – Количество протоколов с максимальными (а) и минимальными (б) значениями коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}

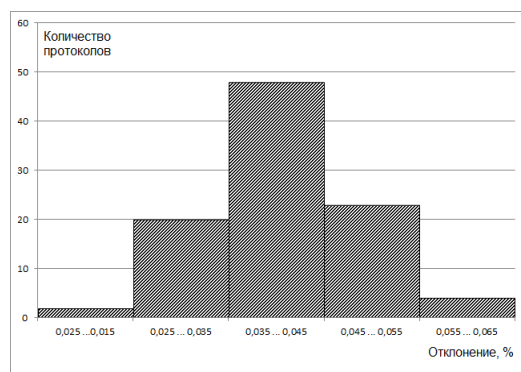


а)

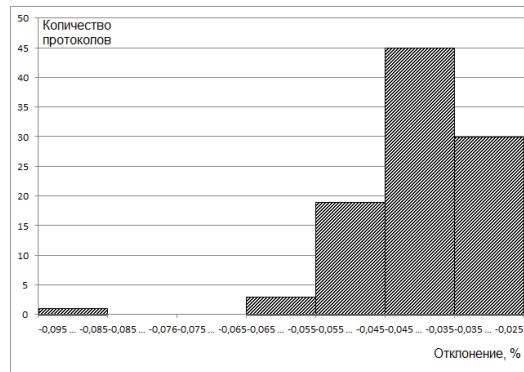


б)

Рисунок 4 – Количество протоколов с максимальными (а) и минимальными (б) значениями коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}



а)



б)

Рисунок 5 – Количество протоколов с максимальными (а) и минимальными (б) значениями отклонения частоты Δf

По результатам замеров не было зафиксировано отклонения частоты напряжения от нормативных значений, но незначительные наблюдались (рисунок 5). Эти отклонения могут быть следствием изменения режимов работы более масштабных энергосистем по сравнению с рассматриваемыми в данном исследовании.

Причины выявленных отклонений в сельских распределительных сетях Брянской области от нормативных значений следующие:

1. Изношенное или устаревшее оборудование;
2. Большая протяженность линий 0,4 кВ и вследствие этого высокое их сопротивление;
3. Отсутствие или неисправность систем регулирования напряжения (обычно ПБВ) в трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ;
4. Повышенные надбавки напряжения в линиях 6-10 кВ;
5. Превышающие нормативные значения сопротивлений контуров заземлений;
6. Наличие большого числа однофазной и изначально несимметричной нагрузки;
7. Некачественное проектирование эксплуатация сетей;
8. Прочие факторы.

Причины 2, 3 и 4 приводят к отклонениям напряжения, причины 5 и 6 – к несимметрии напряжения, а 1 и 2 влияют на все показатели качества. Малая доля, не превышающая нормативных значений, гармонических составляющих в исследуемых сетях может быть объяснена спецификой сельских территорий, в частности небольшой долей в общей нагрузке нелинейной нагрузки.

Указанные проблемы требуют дальнейшего изучения и детального анализа.

Выводы. В ходе исследования качества электрической энергии в сельских распределительных сетях Брянской области был выявлен ряд несоответствий показателей требованиям ГОСТ 32144-2013. Наиболее распространёнными нарушениями являются:

- Отклонения напряжения. Зафиксированы как отрицательные ($\delta U_{(-)}$), так и положительные ($\delta U_{(+)}$) отклонения, выходящие за пределы допустимых значений.
- Несимметрия напряжений в трёхфазных системах. Наблюдалось превышение нормативных значений коэффициентов несимметрии напряжений по обратной (K_{2U}) и нулевой (K_{0U}) последовательностям.

Несмотря на всё более широкое распространение современной преобразовательной техники, генерирующей высшие гармоники, гармонический состав напряжения в исследуемых сетях, как правило, не выходит за рамки установленных нормативов.

Отдельно следует отметить значительное количество протоколов измерений, в которых одновременно фиксируются отклонения по величине напряжения и по несимметрии. Данный факт свидетельствует о значительной доле однофазной нагрузки и о высоком сопротивлении линий электропередач, что усугубляет проблему несимметрии.

Таким образом, исследование текущего состояния указанной энергосистемы общего назначения остаётся актуальной научно-технической задачей.

Список источников

1. Ковалев В.В., Иванюга М.М., Бутовец Е.А. Исследование отклонения напряжения на работу асинхронных двигателей // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2022. С. 107-114.
2. Дияров Р.И., Валиуллина Д.М. Управление качеством электрической энергии в России. Проблемы и решения // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2025. С. 120-124.
3. Широбокова О.Е., Магон Д.С. Мониторинг и анализ показателей качества электроэнергии в условиях сельскохозяйственного производства // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. IV междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2025. С. 262-269.
4. Лакомов И.В. Особенности работы сетей при несимметричных, нелинейных и резко переменных нагрузках // Проблемы ресурсообеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, 2025. С. 367-371.
5. Исследование показателей качества электроэнергии сельскохозяйственного предприятия / О.Е. Широбокова, Ю.Е. Кисель, А.А. Ульянов, Л.А. Александрович // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 3 (109). С. 66-71.
6. Гайсин Р.Р. Показатели качества электрической энергии и предъявляемые к ним требования // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с междунар. участием науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х т. Тюмень, 2024. С. 213-215.

Информация об авторах:

В.А. Безик – кандидат технических наук, заведующий кафедрой автоматизации, физики и математики, bezikwa@mail.ru

М.А. Шелоп – Начальник восточного участка метрологии и качества электроэнергии отдела метрологии и качества электроэнергии службы релейной защиты, автоматизации, измерений и метрологии филиала ПАО «Россети Центр» - «Брянскэнерго», shelop.ma@mrsk-1.ru

Information about the authors:

V.A. Bezik - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Automation, Physics, and Mathematics. bezikwa@mail.ru.

M.A. Shelop - Head of the Eastern Section of Metrology and Power Quality of the Department of Metrology and Power Quality of the Relay Protection, Automation, Measurements, and Metrology Service of the Bryanskenergo branch of PJSC Rosseti Center. shelop.ma@mrsk-1.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 17.04.2026; одобрена после рецензирования 18.05.2026, принята к публикации 15.08.2026.

The article was submitted 17.04.2026; approved after reviewing 18.05.2026; accepted for publication 15.08.2026.

© Безик В.А., Шелоп М.А.

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).

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 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: ВТО-WTO, ФАО-FAO и т.п.).

Список источников нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Список источников оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 - 2008 для затекстовых ссылок. В Список источников 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: vestnik@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.