ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта 2007 года

Выходит один раз в два месяца

УЧРЕДИТЕЛЬ/ИЗДАТЕЛЬ:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Научный журнал

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей доступны на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU: https://elibrary.ru

Индекс журнала на сайте «Объединенного каталога «Пресса России» www.pressa-rf.ru 33361.

Журнал «Вестник Брянской ГСХА» входит в Перечень рецензируемых научных изданий (по состоянию на 22.05.2023), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),
4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

№ 3 (115)
МАЙ-ИЮНЬ 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Изучение эффективности нового инсектицида по отношению к белокрылке тепличной 3
Андреевская В.М., Измайлова Е.С., Железова С.В., Севостьянов М.А.

Отзывчивость раннеспелых гибридов кукурузы на применение в агроландшафтах микроудобрений в условиях дерново-подзолистых почв Смоленской области 10
Курятов П.А., Прудников А.Д.

Влияние систем удобрения на качество зерна ярового ячменя и экономическая целесообразность их применения 17
Пасечник Н.М., Белоус Н.М., Никифоров В.М., Смольский Е.В.

Разработка сортовой технологии производства товарной продукции и семян дайкона 24
Сычёв С.М., Сычёва И.В., Анищенко Д.И.

Динамика изменения основных агрохимических свойств почв на примере пашни Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции 30
Белоус Н.М., Смольский Е.В., Белоус И.Н., Прищеп Д.Н., Ситнов О.Д.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Комплексное воздействие доломитовой муки и пробиотика на молочную продуктивность коров 40
Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Радчиков В.Ф.

Сравнительная оценка влияния скармливания кормовой добавки лактирующим коровам на показатели молочной продуктивности и качества молока 45
Лемеш Е.А., Гулаков А.Н.

Сравнительная оценка продуктивных показателей цыплят-бройлеров кросса Росс-308 с целевыми стандартами в условиях промышленного производства 51
Рябичева А.Е.

Использование белкового концентрата в комбикормах для выращивания цыплят-бройлеров в условиях Нижнего Поволжья при высоких температурах 56
Суханов Р.А., Николаев С.И., Менякина А.Г., Водянникова В.В., Чехранова С.В.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Повышение ресурса лемехов плугов методом пайки металлокерамических пластин 64
Гончаренко В.В., Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Кравченко И.Н., Феськов С.А., Дирютин И.И.

Повышение износостойкости уплотнительных колец водоотливных установок электрохимическими сплавами на основе железа 72
Никитин А.М., Широбокова О.Е., Кисель Ю.Е., Муймаров К.В., Кисель П.Е.

No 3 (115)
MAY-JUNE 2026

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Improving tomato protection against whiteflies growing indoor 3
V.M. Andreevskaya, E.S. Izmailova, S.V. Zhelezova, M.A. Sevostyanov

Responsiveness of early-maturing corn hybrids to the use of microfertilizers in agrolandscapes in the conditions of sod-podzolist soils of the Smolensk region 10
P.A. Kuryatov, A.D. Prudnikov

Influence of fertilizer systems on quality of spring barley grains and economic feasibility of their use 17
N.M. Pasechnik, N.M. Belous, V.M. Nikiforov, E.V. Smolsky

Development of varietal technology for the production of commercial products and daikon seeds 24
S.M. Sychov, I.V. Sychova, D.I. Anishchenko

Dynamics of changes in the main agrochemical properties of soils on the example of arable land Novozybkovskaya Agricultural Experimental stations 30
N.M. Belous, E.V. Smolsky, I.N. Belous, D.N. Prischep, O.D. Sitnov

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

Complex effect of dolomite flour and probiotic on cows' milk productivity 40
L.N. Gamko, A.G. Menyakina, V.F. Radchikov

Comparative assessment of the effect of feeding a feed additive to lactating cows on milk productivity and quality 45
E.A. Lemesh, A.N. Gulakov

Comparative evaluation of productive indicators of broiler chickens of the Ross-308 cross with target standards in industrial production conditions 51
A.E. Ryabicheva

Use of protein concentrate in compound feed for growing broiler chickens in the Lower Volga region at high temperatures 56
R.A. Sukhanov, S.I. Nikolaev, A.G. Menyakina, V.V. Vodyannikova, S.V. Chekhranova

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Increasing the lifetime of plow shears by soldering metal-ceramic plates 64
V.V. Goncharenko, Y.A. Kuznetsov, N.A. Berezina, I.N. Kravchenko, S.A. Fes'kov, I.I. Diryutin

Improving the wear resistance of water treatment unit seal rings through electrochemical ferrous alloys 72
A.M. Nikitin, O.E. Shirobokova, Y.E. Kisel, K.V. Muymarov, P.E. Kisel

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

Редакционный совет:
Н.М. Белоус - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); П.Н. Балабко - д-р биол. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); В.В. Дьяченко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.Н. Евдокименко - д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФНЦ Садоводства (г. Москва); А.А. Завалин - акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва); В.А. Исайчев - д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малявко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков - д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова - д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. 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 09.06.2026.
Дата выхода в свет 23.06.2026.
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/bulletin-bgsha/
Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.
243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а.
© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2026

16+

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 - 09.06.2026.
The release date is 23.06.2026.
Free price.
Edition address: 2a Sovetskaya St., Vygonichy District, Bryansk Region, Russia, 243365
E-mail: vestnik@bgsha.com.
Website: https://www.bgsha.com/ru/bulletin-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 632.752.1:632.951

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ИНСЕКТИЦИДА ПО ОТНОШЕНИЮ К БЕЛОКРЫЛКЕ ТЕПЛИЧНОЙ

[1,2] Вероника Максимовна Андреевская, [1] Елена Сергеевна Измайлова, [1] Софья Владиславовна Железова, [1,2] Михаил Анатольевич Севостьянов
[1]ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вязёмы, Московская область, Россия
[2]ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук

Аннотация. В вегетационном опыте на культуре томата в защищённом грунте изучено защитное действие нового Препарата АЛ1 на основе циперметрина в отношении вредителя белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. Препарат использовали в дозе 0,5 г/га с периодичностью 1 раз в две недели. В качестве стандарта был использован препарат Актара, ВДГ (тиаметоксам 250 г/кг) в дозе 0,4 г/га. Учитывали все стадии развития вредителя: имаго, личинки разных возрастов и нимфы. Показано, что численность вредителя варьировала существенно на всех вариантах, поэтому в разные сроки наблюдения изучаемые препараты демонстрировали разную эффективность против разных стадий вредителя. В некоторые сроки учёта не было выявлено существенных различий между контрольным вариантом и вариантами с инсектицидами, поскольку изучаемые препараты были малоэффективны против имаго и нимф, но существенно влияли на численность личинок. По кумулятивным показателям численности всех особей белокрылки во всех стадиях развития было показано, что наиболее эффективно было применение Препарата АЛ1 без прилипателя, где численность белокрылки за весь период наблюдения снизилась на 38 % по сравнению с контрольным вариантом. Применение Препарата АЛ1+прилипатель и Актара (стандарт) также снижало численность вредителя на 25 % и 21 % соответственно. В контрольном варианте численность вредителя суммарно по всем стадиям развития была выше, чем на вариантах с инсектицидом, хотя выявленные различия не всегда статистически значимы. На основе полученных результатов можно говорить о возможности применения Препарата АЛ1 для снижения численности белокрылки на культуре томата в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: томат, белокрылка, защита растений, инсектициды, закрытый грунт.

Для цитирования. Изучение эффективности нового инсектицида по отношению к белокрылке тепличной / В.М. Андреевская, Е.С. Измайлова, С.В. Железова, М.А. Севостьянов // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 3-9.

Original article

STUDYING THE EFFICIENCY OF A NEW INSECTICIDE AGAINST THE GREENHOUSE WHITEFLY

[1,2] Veronica M. Andreevskaya, [1] Elena S. Izmailova, [1]Sof'ya V. Zhelezova, [1,2] Mikhail A. Sevost'yanov
All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshiye Vyazyomy, Russia
[2]Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. *In a vegetation experiment on tomato crops in protected ground, the protective effect of the new cypermethrin-based preparation AL1 against the pest whitefly Trialeurodes vaporariorum Westw was studied.*

The preparation was used at a dose of 0.5 g/ha once every two weeks. As a standard, the formulation Aktara, WDG (thiamethoxam 250 g/kg) was used at a dose of 0.4 g/ha. All stages of pest development were taken into account: adults, larvae of different ages and nymphs. The pest density was shown to vary considerably across all variants, and at different observation periods the tested preparations showed varying efficacy against different pest stages. In some accounting periods, significant differences were found between the control variant and the variants with insecticides, since the studied preparations were ineffective against adults and nymphs, but significantly affected the number of larvae. Based on the cumulative indicators of the number of all whitefly individuals at all stages of development, it was shown that the most effective was the use of the AL1 preparation without an adhesive, where the number of whiteflies over the entire observation

period decreased by 38% compared to the control variant. The use of AL1 with a sticker agent and Aktara (standard) also reduced pest numbers by 25 % and 21 %, respectively. In the control variant, the total number of pests across all stages of development was higher than in the variants with insecticide, although the differences identified were not always statistically significant. Based on the obtained results, it can be said that it is possible to use the AL1 preparation to reduce the number of whiteflies on tomato crops in protected ground conditions.

***Keywords**: tomato, whitefly, plant protection, insecticides, protected ground.*

***For citation.** Studying the efficiency of a new insecticide against the greenhouse whitefly/ V.M. Andreevskaya, Ye.S. Izmailova, S.V. Zhelezova, M. A. Sevost'yanov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 3 (115). pp. 3-9.*

Введение. Томат является важнейшей овощной культурой как в Российской Федерации, так и во всём мире. Посевные площади томата составляют в мире 2,04 млн га [1], в условиях теплиц и защищённого грунта 623 302 га [2]. В России основной объём товарной продукции томата выращивают в тепличных комбинатах -3,3 тыс. га. В защищенном грунте РФ выращивается 1,67 млн. тонн товарной продукции томата [3].

На протяжении всей вегетации томат повреждают разные вредители, одним из самых распространённых вредителей защищённого грунта является тепличная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. [4]. *T. vaporariorum* вредит на стадиях личинок всех возрастов и имаго. Кроме прямого вреда *T. vaporariorum* Westw является переносчиком вирусных заболеваний [5]. Появлению насекомого часто сопутствуют вспышки мозаики томата, аспермии.

При благоприятном температурно-влажностном режиме за один сезон культурооборота *T. Vaporariorum* способна дать до 12 поколений. Из-за растянутого цикла развития одно поколение накладывается на другое, что существенно усложняет борьбу с ней.

Инсектициды пока остаются наиболее надёжным и универсальным средством подавления популяций тепличной белокрылки, особенно при высоком уровне заражения выращиваемых культур. Это объясняет сохраняющийся интерес к разработке новых высокоэффективных химических средств и оптимизации схем их применения в рамках интегрированных систем защиты растений.

Целью данного исследования является изучение эффективности нового инсектицида Препарат АЛ1 по отношению к белокрылке тепличной на растениях томата в условиях защищённого грунта.

Материалы и методы. Предметом исследования было воздействие Препарата АЛ1 на численность всех стадий развития вредителя тепличная белокрылка *T.vaporariorum* Westw. - мелкое беложёлтое насекомое длиной около 2 мм. В жизненном цикле с неполным превращением насекомое проходит несколько стадий развития: яйцо, личинки нескольких последовательных возрастов, нимфа и имаго, причём нимфа - последняя личиночная стадия - окукливается внутри пупария, откуда затем вылупляется имаго (рисунок 1).

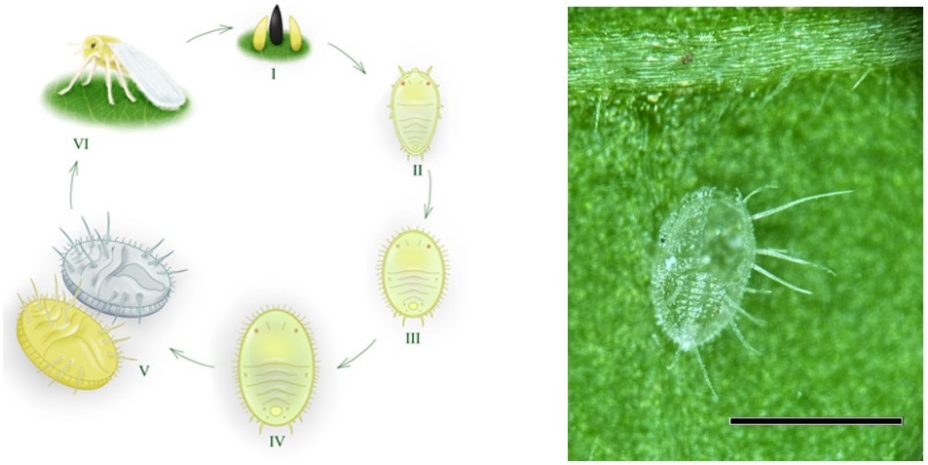


Рисунок 1 - I яйца; II личинка-бродяжка; III-IV личинки во 2-4 стадиях развития; V нимфа в пупарии; VI Имаго. Справа - фото вскрытого пупария после вылупления имаго (масштабная линия - 1 мм)

Единственной подвижной стадией развития являются бродяжки (личинки первого возраста). В этой стадии они наносят ущерб растениям, однако наибольшую опасность представляют личинки других возрастов и нимфы, которые на стадии бродяжки прикрепились к обратной стороне листовой пластинки и питаются соком флоэмы растений, вызывая физиологические изменения в тканях, приводящие к обесцвечиванию (пожелтению), увяданию и преждевременному опаданию листьев [6].

Исследования проводились с первой декады февраля по первую декаду марта 2025 года в отделе безопасности и продуктивности агроэкосистем в теплице на базе Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ). В теплице поддерживался постоянный микроклимат: температура +25 °С, влажность 70 %, суточный световой режим 16 часов свет, 8 часов темнота. В эксперименте использовался томат сорта Субарктик, повреждённый белокрылкой в фазе активного роста (от 4-5 листа до начала цветения). Учёт имаго и личинок разных возрастов проводили на всей поверхности растений с помощью визуального метода и впоследствии в лаборатории под бинокуляром [7].

За время проведения эксперимента обработки препаратами проводили 2 раза с помощью аккумуляторного опрыскивателя. Обработки проводили 3 и 25 февраля 2025 г. Использовали Препарат АЛ1 на основе циперметрина, относящегося к пиретроидам, его действие на насекомых заключается во влиянии на нервную систему, приводя к параличу. В качестве прилипателя был использован Биолипостим. В контроле обработок не было, в других вариантах проводилось опрыскивание препаратами, представленными в схеме опыта. В исследовании было 4 варианта в четырёхкратной повторности. Схема опыта: 1) Контроль без обработки; 2) Препарат АЛ1 с прилипателем; 3) Препарат АЛ1; 4) Препарат Актара, ВДГ (стандарт). Расход рабочей жидкости составил 62,5 мл на растение или 250 мл на 1 м^2 площади [8].

Учёт проводили до первой обработки и через 7,14 суток после каждой обработки. Для проведения учёта численности имаго *T. vaporariorum* использовались цветовые клеевые ловушки, для учёта количества яиц и личинок отбирали листья, по пять с повторности каждого варианта. Ловушки вывешивали над каждым вариантом, после чего через 7 суток меняли. Таким образом, учёт общей численности состоял из учёта имаго на ловушках и личинок на модельных листьях.

Статистическую обработку результатов проводили методом сравнения средних по вариантам опыта с использованием 95 % доверительных интервалов [9].

Результаты и их обсуждение. Первый учёт в начале эксперимента был проведён до обработки инсектицидами в фазу активного роста томата. Уже в первый учёт было выявлено неравномерное распределение вредителя по вариантам опыта (таблица 1), что затрудняет интерпретацию результатов о первоначальной численности вредителя. Поэтому помимо учёта по вариантам было вычислено среднее значение и доверительный интервал среднего совокупно по всем вариантам опыта и по вариантам с инсектицидами (две последние строки в таблице 1). Исходя их этих данных можно сделать вывод о том, что в первый срок учёта, несмотря на широкий разброс значений, нет статистически достоверных различий между вариантами. В последующие сроки учёта было показано, что применение инсектицидов статистически значимо снижало численность имаго белокрылки.

Таблица 1 - Численность имаго тепличной белокрылки на ловушках (среднее ± 95% ДИ) на томате в условиях защищённого грунта при применении инсектицидов согласно схеме опыта (теплица, Московская область, 2025 г.)

Вариант	Норма применения (кг/га, л/га)	Сроки наблюдения, сутки				
		до обработки	после первой обработки		после второй обработки	
			7	14	21	28
Контроль без инсектицида	-	11,7±8,1	**30,5±5,8**	65,0 ±8,6	55,0 ±2,6	**118,0±4,4**
Препарат АЛ1+ прилипатель	0,2	4,8±5,8	25,5 ± 4,2	56,8 ± 7,6	45,0 ± 9,4	88,5 ± 8,8
Препарат АЛ1	0,2	13,5±5,0	28,5±5,7	37,8 ±3,8	31,5±4,5	**52,3±8,5**
Актара, ВДГ	0,4	8,5±6,5	**20,8±3,7**	73,8 ±4,9	56,0 ± 7,5	102,3 ± 3,1
Среднее по всем вариантам		9,6 ± 5,1	26,3 ± 3,9	58,3 ± 5,0	46,9 ± 4,8	90,3 ± 5,0
Среднее по вариантам с инсектицидами		8,3 ± 4,8	24,9 ± 3,4	56,1 ± 4,1	44,1 ± 5,3	81,0 ± 5,1
$НСР_{05}$		7,8	6,9	32,1	21,8	46,0

Численность имаго белокрылки *T.vaporariorum*, оцениваемая по ловушкам, изменялась от срока к сроку, немного снижаясь после проведения обработки и восстанавливаясь спустя 14 дней после обработки. В таблице 1 приведены средние значения численности с доверительными интервалами средних и $НСР_{05}$. Как видно из таблицы, в большинстве случаев различия в численности имаго белокрылки по

вариантам опыта были несущественными. Исключение составили показания за 7 и 28 дней наблюдений, когда один из вариантов опыта существенно отличался от контроля (значимые различия по варианту и контролю показаны жирным шрифтом). В целом, после проведения обработки через 7 дней наблюдалось снижение численности белокрылки *T.vaporariorum* в вариантах с Препаратом АЛ1+прилипатель на 16,4 % и Препаратом АЛ1 на 6,5 % по сравнению с контролем. Через две недели после обработки был проведен учёт и наблюдалось снижение численности белокрылки *T.vaporariorum* в вариантах с Препаратом АЛ1+прилипатель на 12,7 % и с Препаратом АЛ1 на 42,3 % по сравнению с контролем. После проведения второй обработки был проведен учёт через неделю и наблюдалось снижение численности белокрылки *T. vaporariorum* в вариантах с Препаратом АЛ1+прилипатель на 88,5 % и с Препаратом АЛ1 на 46,1 % по сравнению с контролем. Через две недели после обработки был проведен учёт и наблюдалось снижение численности белокрылки *T. vaporariorum* в вариантах с Препаратом АЛ1+ прилипатель на 25 % и с Препаратом АЛ1 на 55,7 % по сравнению с контролем. То есть снижение численности имаго белокрылки всегда отмечалось после применения указанных препаратов, однако в связи с большим разбросом значений по индивидуальным ловушкам, различия между вариантами в большинстве случаев не были статистически достоверными.

Численность личинок белокрылки *T. vaporariorum*, оцениваемая по листьям, изменялась от срока к сроку, в целом по опыту увеличивалась, но применение инсектицидов существенно снижало численность личинок. В таблице 2 приведены средние значения численности с доверительными интервалами средних и $НСР_{05}$. Как видно из таблицы, до обработки и в первые семь дней после обработки различия в численности личинок по вариантам опыта были не существенными. Начиная с 14-го дня наблюдений численность личинок на всех вариантах с инсектицидами была существенно ниже, чем на контроле (значимые различия по вариантам и контролю показаны в таблице жирным шрифтом).

Таблица 2 - Численность личинок тепличной белокрылки на единичных листьях (среднее на лист ± 95% ДИ) на томате в условиях защищённого грунта при применении инсектицидов согласно схеме опыта (теплица, Московская область, 2025 г.)

Вариант	Норма применения (кг/га, л/га)	Сутки учёта				
		до обработки	после первой обработки		после второй обработки	
			7	14	21	28
Контроль	-	**2,8±0,7**	6,3±2,6	**22,0±5,3**	**34,8±4,8**	11,8±1,1
Препарат АЛ1 с прилипателем	0,2	2,0±1,1	7,3±2,2	**9,0±1,1**	**18,8±3,0**	**25,5±1,1**
Препарат АЛ1	0,2	**0,5±0,1**	3,0±0,5	**0,3±0,1**	**8,0±1,6**	23,0±2,6
Актара, ВДГ	0,4	1,5±1,2	6,8±2,4	12,5±2,0	**11,5±2,6**	**5,8±1,0**
Среднее по всем вариантам		1,7 ± 0,6	5,9 ± 1,5	10,9 ±1,7	18,3 ± 2,4	16,5 ± 1,2
Среднее по вариантам с инсектицидами		1,3 ± 0,6	5,7 ± 1,3	7,3 ± 0,8	12,7 ± 1,8	18,1 ± 1,6
$НСР_{05}$		1,4	4,2	11,2	9,8	19,1

На начальном этапе эксперимента численность личинок белокрылки *T.vaporariorum* была низкой и по вариантам существенно не различалась. Затем, после проведения обработки через 7 дней наблюдалось снижение численности личинок белокрылки в вариантах с Препаратом АЛ1 на 52 % по сравнению с контролем. Через две недели после обработки был проведен учёт и наблюдалось снижение численности личинок *T.vaporariorum* в вариантах с Препаратом АЛ1+прилипатель на 60 % и с Препаратом АЛ1 на 98 % по сравнению с контролем. После проведения второй обработки был проведен учёт через неделю и наблюдалось снижение численности личинок белокрылки *T. Vaporariorum* в вариантах Препаратом АЛ1 и прилипателем на 46 % и Препаратом АЛ1 на 76 % по сравнению с контролем. Через две недели после обработки был проведен учёт и наблюдалось снижение численности личинок белокрылки *T. vaporariorum* только в варианте с Препаратом Актара, ВДГ на 51 % по сравнению с контролем.

Численность нимф белокрылки *T. vaporariorum*, оцениваемая по листьям, изменялась от срока к сроку, увеличилась к 14 дню наблюдений и далее снижалась. В таблице 3 приведены средние значения численности с доверительными интервалами средних и $НСР_{05}$. Как видно из полученных данных, нет однозначного действия инсектицидов на численность нимф (значимые различия по вариантам и

контролю выделены в таблице жирным шрифтом). Так, на контрольном варианте без обработки численность нимф на 21-й день была даже ниже, чем при обработке инсектицидами. Возможно, это связано с биологическим циклом размножения вредителя и «волнами» численности нимф.

Таблица 3 - Влияние препарата А1 на численность нимф тепличной белокрылки на томате (теплица, Московская область, 2025 г.)

Вариант	Норма применения (кг/га, л/га)	Сроки учёта				
		до обработки	после первой обработки		после второй обработки	
			7 сутки	14 сутки	21 сутки	28 сутки
Контроль	-	0,0 ±0,0	**3,8±0,7**	11,5±0,4	**0,3±0,1**	2,5±0,3
Препарат АЛ1 с прилипателем	0,2	0,0 ±0,0	**4,3±0,5**	18,3 ±2,3	**5,8±1,1**	9,8 ±1,1
Препарат АЛ1	0,2	3,8 ±0,5	2,8 ±0,5	3,8 ±0,5	**0,3±0,1**	0,0±0,0
Актара, ВДГ	0,4	4,3 ±0,4	**2,0±0,1**	5,3 ±0,2	2,3 ±0,4	1,3 ±0,4
Среднее по всем вариантам		2,0 ± 0,2	3,2± 0,4	9,7 ± 0,7	2,2 ± 0,3	3,4 ± 0,4
Среднее по вариантам с инсектицидами		2,7 ± 0,3	3,0 ± 0,3	9,1 ± 0,8	2,8 ± 0,4	3,7 ± 0,1
$НСР_{05}$		4,2	2,1	14,2	5,0	9,5

Количество нимф было не равномерно на протяжении всего исследования. Первоначально на вариантах Контроль и Препарат АЛ1+прилипатель нимф обнаружено не было, однако через неделю они были зафиксированы. В варианте препарат АЛ1 почти всегда отмечалось количество особей равных контролю или меньше, так на 7 сутки на 26 %, на 14 сутки на 67 % по сравнению с контролем, а на 28 сутки учета нимф на варианте Препарат АЛ1 обнаружено не было.

Были просуммированы все данные за все сроки по количественным учётам всех стадий развития вредителя. Было показано, что кумулятивный показатель численности может служить критерием развития популяции. Так, на контроле за все сроки учета было зафиксировано 3052 особи, на варианте Препарат АЛ1+прилипатель 2304 особи, на варианте Препарат АЛ1 1887 особей и на варианте Актара (стандарт) 2397 особей (рисунок 2).

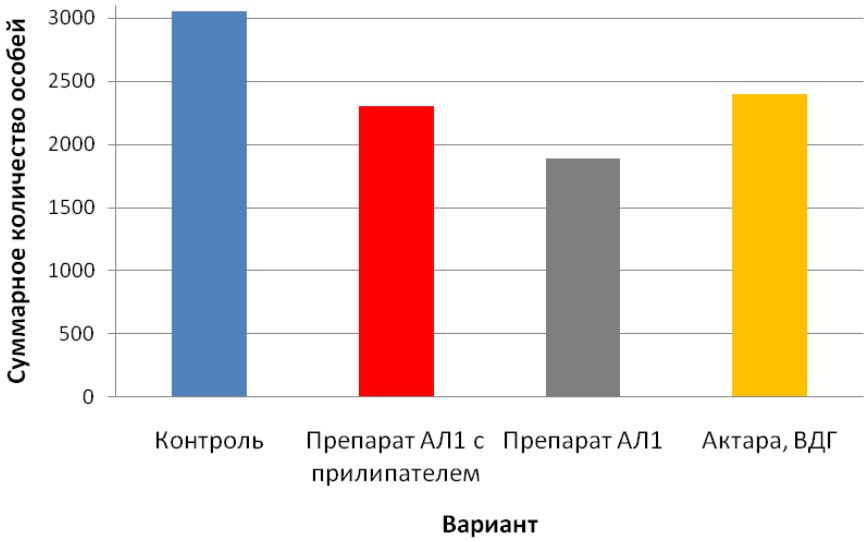


Рисунок 2 - Кумулятивная (суммарная) численность всех особей на всех стадиях развития насекомого *T. vaporariorum* в течение периода наблюдений на томате в закрытом грунтепо вариантам опыта с применением разных инсектицидов

Выводы. Численность популяции белокрылки в опыте на томатах варьировала существенно на всех вариантах, поэтому в разные сроки наблюдения изучаемые препараты демонстрировали разную эффективность. В некоторые сроки учёта не было выявлено существенных различий между контрольным вариантом и вариантами с инсектицидами. Применение инсектицидов, к сожалению, не оказывало существенного влияния на численность имаго и нимф белокрылки, но существенно влияло на числен-

ность личинок. По кумулятивным показателям численности всех особей белокрылки во всех стадиях развития было показано, что наиболее эффективно было применение Препарата АЛ1 без прилипателя - на этом варианте численность белокрылки за весь период наблюдения снизилась на 38 % по сравнению с контрольным вариантом. Применение Препарата АЛ1+прилипатель снижало численность вредителя на 25 %, а применение препарата Актара (стандарт) снижало численность белокрылки на 21 %. В контрольном варианте почти постоянно росла численность насекомых, но к концу наблюдения выявлено снижение численности, что может быть объяснено тем, что клеевые ловушки изымали на себя часть особей в стадии имаго, тем самым снижая репродуктивный потенциал популяции.

На основе полученных результатов можно говорить о возможности применения Препарата АЛ1 для снижения численности белокрылки на культуре томата в условиях закрытого грунта.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGU-2025-0006 1022041200059-8-4.1.1).

Список источников

1. Geographical distribution and molecular characterization of tomato leaf curl and its vector across the Himalayan foothills in Uttarakhand, India / G. Rakhonde et al. // Journal of Phytopathology. 2024. Т. 172, № 1. DOI: 10.1111/jph.13240.

2. Protected cultivation of vegetables in global arena: A review / N. Sabir et al. // The Indian Journal of Agricultural Sciences. 2013. Т. 83, №. 2.

3. Издание Gavrish.media: официальный сайт. – Режим доступа: URL: https://gavrishmedia.ru/gavrish/itogi-2024-ovoshti-zashtishtennogo-grunt. - 09.10.2025 г.

4. Балакирева О.С., Долженко В.И., Иванова Г.П. Биологические средства защиты томата и огурца от тепличной белокрылки Trialeurodes vaporariorum Westw. (Homoptera: Aleyrodidae) // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 58. С. 56-62.

5. БиоЗащита: официальный сайт. – Режим доступа: URL: https://bio-group.net/belokrilka-teplichnaya/. - 09.10.2025 г.

6. Еськов И.Д., Таккель Э.А., Касынкина О.М. Защита растений в цветоводстве защищенного грунта: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 110400 - Агрономия / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Вавилова, ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». Пенза: Пензенский гос. аграрный ун-т, 2013. 159 с.

7. Effects of alternative pesticides on greenhouse whitefly in protected cultivation / K. Žanić et al. // Journal of Pest Science. 2008. Т. 81, №. 3. С. 161-166.

8. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2024 год. М.: Министерство сел. хоз-ва Российской Федерации, 2024.

9. 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.М. Андреевская, младший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ р.п. Большие Вяземы, Российская Федерация, младший научный сотрудник ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация, nikaandreevskai@yandex.ru

Е.С. Измайлова, младший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ р.п. Большие Вяземы, Российская Федерация , helena-chan@mail.ru.

С.В. Железова, д. с.-х. н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ ВНИИФ р.п Большие Вяземы, Российская Федерация, soferrum@mail.ru.

М.А. Севостьянов, к.тех.н., заведующий отделом ФГБНУ ВНИИФ р.п Большие Вяземы, Российская Федерация, заведующий лабораторией ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация, cmakp@mail.ru

Information about the authors:

***V.M. Andreevskaya**, Junior researcher, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshiye Vyazyomy, Russian Federation, Junior researcher Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, nikaandreevskai@yandex.ru.*

***Ye.S. Izmailova**, Junior researcher, All-Russian Research Institute of Phytosanitary Physiology Bolshie Vyazyomy, Russian Federation, helena-chan@mail.ru.*

***S.V. Zhelezova**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bol'shie Vyazyomy, Russian Federation, soferrum@mail.ru.*

***M.A. Sevost'yanov**, Ph.D. in Engineering, Head of Department, Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazyomy, Russian Federation, Head of the laboratory Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, cmakp@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 14.11.2025, одобрена после рецензирования 11.03.2026, принята к публикации 23.04.2026.

The article was submitted 14.11.2025, approved after reviewing 11.03.2026; accepted for publication 23.04.2026.

© Андреевская В.М., Измайлова Е.С., Железова С.В., Севостьянов М.А.

Научная статья
УДК 633.15:631.445.2:631.81.095.337 (470.332)

ОТЗЫВЧИВОСТЬ РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ В АГРОЛАНШАФТАХ МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Павел Александрович Курятов, Анатолий Дмитриевич Прудников
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, Смоленская область, г. Смоленск, Россия

Аннотация. Рост производства животноводческой продукции и в первую очередь молока требует от сельскохозяйственных предприятий увеличения производства кормов, в том числе и силоса. Не вызывает сомнения тот факт, что лучшей культурой для производства силоса является кукуруза. Для получения высоких урожаев культуры требуются плодородные почвы и раннеспелые гибриды кукурузы. В Смоленской области преобладают средне- и низко окультуренные почвы с низким содержанием микроэлементов. Поэтому было решено использовать восемь комплексов микроэлементов: Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn, Биостим марки Кукуруза, Биостим марки Универсал, Биостим марки Рост, Интермаг Профи марки Кукуруза, Ультрамаг Бор, Ультрамаг Хелат марки Zn-15, которые вносили в подкормку в фазу 5-6 листьев на гибридах кукурузы Воронежский 160СВ и П7054 с ФАП 160 на фоне основного удобрения N80P48K48. В результате проведенных исследований было установлено, что комплексы микроэлементов Фертигрейн плюс марки Фолиар П и Технокель плюс марки Амино Zn повышают сохранность всходов и высоту растений на 28-40 см, увеличивают площадь листьев и фотосинтетический потенциал растений и способствуют увеличению урожайности сухого вещества гибрида Воронежский 160 СВ с 8,9 в варианте без комплексов микроэлементов до 11,6 и 11,7 т/га при применении Фертигрейн плюс марки Фолиар П и Технокель плюс марки Амино Zn и способствуют получению силоса 1 класса. Некорневая подкормка другими комплексными удобрениями не оказывала влияния на величину урожая и качество силоса.

Ключевые слова: кукуруза, силос, комплексы микроэлементов, фотосинтетический потенциал, урожайность.

Для цитирования. Курятов П.А., Прудников А.Д. Отзывчивость раннеспелых гибридов кукурузы на применение микроудобрений в агроландшафтах в условиях дерново-подзолистых почв Смоленской области // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 10-16.

Original article

RESPONSIVENESS OF EARLY-MATURING CORN HYBRIDS TO THE APPLICATION OF MICROFERTILIZERS IN AGROLANDSCAPES UNDER THE CONDITIONS OF SOD-PODZOLIC SOILS OF THE SMOLENSK REGION

Pavel A. Kuryatov, Anatoly D. Prudnikov
Smolensk State Agricultural Academy, Smolensk Region, Smolensk, Russia

Abstract *The growth of livestock production, and primarily milk production, requires agricultural enterprises to increase the production of feeds, including silage. There is no doubt that corn is the best crop for silage production. To achieve high yields, fertile soils and early-maturing corn hybrids are required. The Smolensk region has medium- and low-cultivated soils with low microelement content Therefore, it was decided to use eight microelement complexes: Fertigrain plus brand Foliar P, Teknokel plus brand Amino Zn, Biostim brand Kukuruza, Biostim brand Universal, Biostim brand Rost, Intermag Profi brand Kukuruza, Ultramag Bor, Ultramag Chelate brand Zn-15, which were added as top dressing in the 5-6 leaf phase on corn hybrids Voronezh 160SV and P7054 with FAP 160 against the background of the main fertilizer N80P48K48. As a result of the researches, it was found that the microelement complexes Fertigrain plus brand Foliar P and Teknokel plus brand Amino Zn brands increase the safety of seedlings and plant height by 28-40 cm, increase the leaf area and photosynthetic potential of plants, and contribute to an increase in the yields of dry matter of the Voronezhsky 160 SV hybrid from 8.9 in the variant without microelement complexes to 11.6 and 11.7 t/ha, when using Fertigrain plus brand Foliar P and Teknokel plus brand Amino Zn and contribute to the production of Class 1 silage. Foliar feeding with other complex fertilizers did not affect the yield or quality of the silage.*

Keywords*: corn, silage, micronutrient complexes, photosynthetic potential, yields.*

For citation. *Kuryatov P.A., Prudnikov A.D. Responsiveness of early-maturing corn hybrids to the application of microfertilizers in agrolandscapes under the conditions of sod-podzolic soils of the Smolensk region // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 10-16.*

Введение. В Смоленской области началось постепенное возрождение скотоводства. Поэтому требуется увеличение площадей, занятых важными кормовыми культурами, к числу которых относят и кукурузу. Для получения высоких урожаев силосной массы кукурузы нужны плодородные почвы, отличающиеся нейтральной или слабо кислой реакцией почвенного раствора и обеспеченные макро- и микроэлементами [1,2,3,4]. К сожалению, большая часть почв области бедна такими микроэлементами как цинк, кобальт, молибден, медь и другими. Поэтому было принято решение изучить действие комплексов микроэлементов на рост, развитие, урожайность и качество корма кукурузы.

Исследованиями многих авторов была доказана роль микроэлементов и их влияние на урожайность кукурузы [3,4]. «В работах Красноярского НИИСХ на черноземах с признаками деградации, обусловленной ветровой эрозией, перед посевом кукурузы были внесены удобрения в дозе N90P30K30 и дополнительно в баковой смеси с гербицидом была внесена некорневая подкормка удобрениями Агромастер (2 кг/га) и Нутри - Файт (1л/га). Это обеспечило повышение урожайности зеленой массы у гибрида Машук 150 МВ на 40,6%, Машук 170 МВ - на 22,3%, Катерина СВ - в 2,3 раза. В опытах Красноярского ГАУ на высокогумусированных почвах в 2021 г. обработка кукурузы РОСС 130 МВ в баковой смеси с гербицидом микроудобрениями Ультрамаг хелат цинк в дозе 1 кг/га и Ультрамаг Комби для кукурузы в дозе 1 л/га способствовала увеличению урожайности зеленой массы на 16,1%, веса початков на 14,3% [4]». Исследованиями А.С. Петровского (2023) показана роль цинка как важнейшего микроэлемента для роста и развития кукурузы [5].

Цель исследования: изучить влияние комплексов микроэлементов Щелково Агрохим на рост, развитие, урожайность раннеспелых гибридов кукурузы.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в д. Михновка Смоленского района на 2 участках разного уровня плодородия. Дерново-подзолистые почвы опытного участка 1 характеризовались следующими показателями: гумус - 2,07%; $pH_{сол}$ - 5,62; подвижный фосфор 253 и обменный калий 142 мг/кг. Содержание подвижных форм микроэлементов было следующее: B-0,95, Mn-89, Zn-1,61, Co-0,22, Cu-3,5, Mo-0,28 мг/кг. Предшествующая кукурузе культура - козлятник восточный.

Опытный участок 5 характеризовался следующими показателями: гумус - 1,80 %, $pH_{сол}$ - 5,0; подвижный фосфор 112 и обменный калий 68 мг/кг. Содержание подвижных форм микроэлементов в почве опытного участка № 5 следующее: B- 0.35; Mn-74; Zn-1.27; Co-0.17; Cu-2,6; Mo-0.06 мг/кг. Предшествующая культура - однолетние травы.

Опыт двухфакторный. Фактор А - гибриды кукурузы - Воронежский 160 СВ (ФАО 160) и П 7054 (ФАО 160). Фактор В - комплексы макро- и микроудобрений: Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn, Биостим марки Кукуруза, Биостим марки Универсал, Биостим марки Рост, Ультрамаг Бор, Ультрамаг Хелат марки Zn-15. В контрольном варианте вносили N80P40K40. Размещение вариантов - методом рандомизированных блоков. Повторность в опытах 4-кратная. Площадь учетной делянки - 50 $м^2$. Посев кукурузы осуществлялся: в 2016 году - 12 мая, в 2017 году - 17 мая, в 2018 году - 10 мая. Норма высева 80 тыс. зерен на га, ширина междурядий 70 см.

Агротехника в опытах. Осенью проводилась зяблевая вспашка на глубину пахотного слоя. Весной проводилось 1-2 обработки культиватором КПС-4. Под культивацию вносили азофоску в дозе N48P48K48. Для борьбы с сорняками проводили обработку посевов кукурузы гербицидом МайсТер Пауэр в фазу 4 листьев кукурузы ручным ранцевым опрыскивателем в дозе 1,25 л/га. Опыты проводились путем применения комплексов микроудобрений в виде некорневой подкормки кукурузы в фазу 5-6 листьев в дозе 0,8-1,0 л/га. Контрольный вариант обрабатывался водой. Затем в фазу 6-8 листьев проводили подкормку аммиачной селитрой N32. Кукуруза росла и развивалась до наступления фазы восковой спелости, после её убирали на силос, скашивая кукурузу на высоте 6-10 см.

Погодные условия по годам сильно различались. В 2016 году погода была благоприятной для роста и развития кукурузы. Температура воздуха и осадки были в норме за исключением августа месяца, когда выпало 42 мм осадков.

В 2017 году в период появления всходов наблюдался заморозок 4 июня (- 2^0C) приведший к частичному изреживанию всходов кукурузы. Осадки распределялись неравномерно, в августе выпало 150 мм, что удлинило период вегетации кукурузы.

В 2018 году начало вегетации было достаточно засушливым, избыток осадков в три с лишним раза превышающий норму наблюдался в июле месяце, но он не оказал существенного влияния на созревание гибридов кукурузы, температура была близка к норме.

Полевые и лабораторные исследования проводились по общепринятым методикам. Агрохимический анализ почвы проводился в слое 0-20 см в начале вегетационного периода с определением: гумуса по Тюрину; pH солевой вытяжки - потенциометрическим методом, гидролитическая кислотность по Каппену с потенциометрическим окончанием; сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу; подвижный фосфор и калий по Кирсанову А.Г; цинк по методу Н.К. Крупского и А.М.

Александрова, медь и марганец по Я.В. Пейве и Г.Н. Ринькису, бор - по Бергеру и Труогу, кобальт - по Пейве и Ринькису, молибден - по Григгу; площадь листьев - по методу Бабицкого и Бадичко; фотосинтетический потенциал посевов расчетным методом; густота стояния травостоя - методом учётных площадок; высота растений - методом многократных измерений; урожайность - сплошным методом. Статистическую обработку урожайных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985), статистическую обработку данных - по программе Stadia.

Результаты и их обсуждение. На рост и развитие кукурузы в Смоленской области заметное влияние оказывает температура воздуха и почвы в период формирования всходов.

Регрессионный анализ показал, что продолжительность всходов растений зависит от температуры воздуха и почвы. Более тесную связь между показателями температуры воздуха и продолжительностью периода с момента посевов до появления всходов отмечена у гибрида Воронежский 160 СВ.

$$Y_1 = 22{,}58 - 0{,}58x;\ r = 0{,}88 \pm 0{,}05 \quad (1)$$

У гибрида П7054 в 2017 году отмечено большее замедление с появлением всходов. Регрессионное уравнение, описывающее зависимость скорости прорастания от температуры выглядит так:

$$Y_2 = 29{,}04 - 0{,}94x;\ r = 0{,}78 \pm 0.07 \quad (2)$$

Где *x* - температура, °С, y1 - продолжительность периода от посева до всходов (в сутках) у гибрида Воронежский 160 СВ, y2 - у П 7054.

Рост побегов кукурузы в высоту зависел в основном от температурного фона. В 2016 году погодные условия были достаточно благоприятными для роста кукурузы. До обработки посевов кукурузы комплексами макро- и микроудобрений растения росли одинаково во всех вариантах опыта.

В фазу выметывания высота зависела от обработки кукурузы комплексами микроудобрений. Было отмечено замедление темпов развития на 1-2 дня в вариантах Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn и Биостим марки Рост у обоих гибридов кукурузы. У гибрида П 7054 отмечено более раннее наступление фаз выметывание, цветение, молочной и восковой спелости. Замедление темпов развития увязывается с увеличением массы растений и урожайности кукурузы.

Таблица 1 - Высота растений кукурузы в зависимости от комплексов микроудобрений

№	Препарат	Высота главного побега, см					
		2016		2017		2018	
		выметывание	восковая спелость	выметывание	восковая спелость	выметывание	восковая спелость
Воронежский 160 СВ							
1	Контроль (N80H48K48)	181	214	149	202	151	197
2	Фертигрейн плюс марки Фолиар П	202	242	168	237	185	233
3	Технокель плюс марки Амино Zn	209	250	164	238	179	237
4	Биостим марки Кукуруза	176	216	148	199	153	201
5	Биостим марки Универсал	185	220	146	202	155	194
6	Биостим марки Рост	199	235	160	219	167	215
7	Интермаг Профи марки Кукуруза	181	212	147	202	151	196
8	Ультрамаг Бор	187	215	148	203	160	194
9	Ультрамаг Хелат марки Zn-15	184	216	149	201	152	192
П 7054							
1	Контроль (N80H48K48)	182	201	149	198	147	197
2	Фертигрейн плюс марки Фолиар П	201	226	168	228	182	216
3	Технокель плюс марки Амино Zn	203	220	167	219	180	214
4	Биостим марки Кукуруза	175	200	150	199	147	191
5	Биостим марки Универсал	171	199	151	198	149	187
6	Биостим марки Рост	185	214	160	211	160	210
7	Интермаг Профи марки Кукуруза	174	198	150	195	146	194
8	Ультрамаг Бор	176	200	152	194	147	189
9	Ультрамаг Хелат марки Zn-15	173	199	151	198	151	190
$НСР_{05}$ гибридов		-	12	-	15	-	12
$НСР_{05}$ комплексов удобрений		-	10	-	11	-	10

В таблице 1 приведены данные о высоте растений кукурузы в фазы выметывания и восковой спелости. Препараты Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn и Биостим марки Рост увеличивали высоту растений. Ясно, что микроэлементы цинк, кобальт оказались очень востребованы растениями кукурузы и достоверно повышали высоту растений. Положительное действие Фертигрейн плюс марки Фолиар П и Технокель плюс марки Амино Zn проявилось на обоих гибридах кукурузы: Воронежский 160 СВ и П 7054.

Действие других препаратов практически не проявлялось. Использование препарата Биостим марки Универсал также не дало ожидаемого эффекта. Видимо, однократное внесение препарата Биостим марки Универсал оказалось недостаточно для активации ростовых процессов.

Применение Интармаг Профи марки Кукуруза также не оказало существенного влияния на рост растений кукурузы. На эффективность Интермаг Профи Кукуруза могла сказаться более ранняя по сравнению с требуемым сроком обработка

Использование Ультрамаг Бор не оказало заметного влияния на рост растений кукурузы. Причиной низкой эффективности микроудобрения могло стать среднее содержание бора в данной почве. Применение Ультрамаг Хелат марки Zn-15 не оказало положительного действия на рост растений кукурузы в высоту.

Изменение высоты растений и количества побегов кукурузы к уборке оказало заметное влияние на площадь листьев.

Важно подчеркнуть, что показатель площади листьев показал большую устойчивость гибрида Воронежский 160 СВ к неблагоприятным условиям среды обитания и на бедных малогумусных кислых почвах.

Необходимо подчеркнуть, что гибриды кукурузы под влиянием Технокель плюс марки Амино Zn, Фертигрейн плюс марки Фолиар П и Биостим марки Рост на два - три дня позже формировали максимальную площадь листьев.

В монографии В.Ф. Мальцева и М.К. Каюмова [6] справедливо отмечается, что объективным показателем, позволяющим сопоставлять возможность использования солнечной энергии посевами, различающимися по условиям выращивания, является величина фотосинтетического потенциала (ФП). Этот показатель учитывает размеры площади листьев и продолжительность их работы. Показатели величины фотосинтетического потенциала приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы в зависимости от применяемых препаратов, тыс. м^2/га в сутки

Вариант	Препарат	Год исследования			
		2016	2017	2018	в среднем
Воронежский 160 СВ					
1	Контроль (N80H48K48)	2146,5	1865,5	2005,9	2005,9
2	Фертигрейн плюс марки Фолиар П	2448,5	2028,4	2149,2	2208,8
3	Технокель плюс марки Амино Zn	2456,5	2073,6	2190,3	2240,1
4	Биостим марки Кукуруза	2122,0	1829,2	2008,9	1986,8
5	Биостим марки Универсал	2181,0	1814,9	2030,1	2008,7
6	Биостим марки Рост	2310,7	1939,5	2134,7	2128,3
7	Интермаг Профи марки Кукуруза	2138,8	1845,5	2071,3	2018,5
8	Ультрамаг Бор	2138,2	1882,6	2092,0	2037,6
9	Ультрамаг Хелат марки Zn-15	2146,7	1863,4	2064,3	2024,8
П 7709					
1	Контроль (N80H48K48)	2198,0	1717,6	1990,1	1968,6
2	Фертигрейн плюс марки Фолиар П	2488,4	1987,5	2127,0	2200,9
3	Технокель плюс марки Амино Zn	2509,0	1959,9	2110,1	2193,0
4	Биостим марки Кукуруза	2193,2	1757,7	1979,7	1976,9
5	Биостим марки Универсал	2194,9	1731,9	1980,0	1968,9
6	Биостим марки Рост	2351,4	1899,4	2041,2	2097,3
7	Интермаг Профи марки Кукуруза	2159,8	1791,0	1948,9	1966,7
8	Ультрамаг Бор	2156,5	1765,8	1984,7	1969,0
9	Ультрамаг Хелат марки Zn-15	2187,7	1721,4	1993,1	1967,4
$НСР_{05}$ гибридов		101.3	86.5	89.9	81.2
$НСР_{05}$ комплексов удобрений		80.4	69.7	70.4	67.7

Анализ приведенных данных показывает, что в 2016 году получены наибольшие показатели фотосинтетического потенциала по всем вариантам опыта. Самые высокие показатели ФП были в вариантах Технокель плюс марки Амино Zn - 2509,0 и Фертигрейн плюс марки Фолиар П- 2488,4 тыс. м^2/га* сутки у гибрида П 7054. Немного уступал вариант Биостим марки Рост - 2351,4. Гибрид Воронежский 160 СВ несколько уступал по величине ФП гибриду П 7054, различия были небольшими.

2017 год характеризовался не только самой холодной погодой в начале роста и развития кукурузы, но и самыми низкими величинами ФП для всех вариантов опыта. Наиболее высокие показатели были в вариантах Технокель плюс марки Амино Zn - 2073,6 и Фертигрейн плюс марки Фолиар П - 2028,4 тыс. м^2 сутки у гибрида Воронежский 160 СВ. Затем следовали эти же варианты у гибрида П 7054, а затем и все остальные варианты.

В 2018 году результаты ФП превосходили по величине данные 2017 года. Но закономерности 2017 года сохранились, то есть преимущества имели препараты Технокель плюс марки Амино Zn, Фертигрейн плюс марки Фолиар П и Биостим марки Рост у обоих изучаемых гибридов. Остальные варианты мало отличались по величине от контрольного варианта.

В таблице 3 приведена урожайность сухого вещества гибридов кукурузы.

Таблица 3 - Урожайность сухого вещества гибридов кукурузы в зависимости от используемых макро- и микроэлементов, т/га

Препарат	Урожайность сухого вещества (т/га)			
	2016	2017	2018	2016-2018 гг.
Воронежский 160 СВ				
Контроль (N80H48K48)	10,3	7,7	8,8	8,9
Фертигрейн плюс марки Фолиар П	12,2	10,2	12,4	11,6
Технокель плюс марки Амино Zn	12,9	10,1	12,1	11,7
Биостим марки Кукуруза	10,3	7,2	8,3	8,6
Биостим марки Универсал	10,0	6,8	7,7	8,2
Биостим марки Рост	11,3	9,1	11,5	10,6
Интермаг Профи марки Кукуруза	10,8	8,2	9,9	9,6
Ультрамаг Бор	11,5	7,4	9,7	9,5
Ультрамаг Хелат марки Zn-15	10,8	7,7	9,8	9,4
П 7054				
Контроль (N80H48K48)	9,1	6,0	7,9	7,7
Фертигрейн плюс марки Фолиар П	11,4	7,1	8,8	9,1
Технокель плюс марки Амино Zn	11,9	8,6	11,3	10,6
Биостим марки Кукуруза	10,4	6,7	7,6	8,2
Биостим марки Универсал	10,2	7,0	8,0	8,4
Биостим марки Рост	10,9	7,3	7,9	8,7
Интермаг Профи марки Кукуруза	10,9	7,2	7,5	8,5
Ультрамаг Бор	10,4	6,3	7,0	7,9
Ультрамаг Хелат марки Zn-15	9,5	5,5	6,8	7,3
$НСР_{05}$ гибридов	0,8	0,7	0,9	0,8
$НСР_{05}$ комплексов удобрений	0,9	0,8	1,0	0,9
$НСР_{05}$ ч.р.	1,6	1,4	1,7	1,5

Содержание сухого вещества практически во всех вариантах превышало 28,5%. По годам оно заметно различалось. В 2016 году более низким содержание сухого вещества было в вариантах Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn и Биостим марки Рост у обоих гибридов кукурузы.

В 2017 году содержание сухого вещества немного снизилось, несмотря на позднюю уборку. Однако снова можно отметить меньшее содержание сухого вещества в этих же вариантах. В 2018 году наблюдался небольшой прирост в содержании сухого вещества во всех вариантах опыта, но и здесь можно отметить более низкое содержание сухого вещества в вариантах Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn и Биостим марки Росту обоих гибридов кукурузы.

По показателям урожайности сухого вещества можно определять те приемы и препараты, которые способны дать ожидаемый результат. В 2016 году получен самый высокий сбор корма. Преимущество по сбору сухого вещества имел гибрид Воронежский 160 СВ, который превосходил гибрид П 7054 на 1,20 т/га. В этот год максимальный урожай сухого вещества собран в варианте Технокель плюс марки Амино Zn - 12,9 т/га. Превышал по урожайности контрольный вариант Фертигрейн плюс марки Фолиар П на 1,9 т/га, Ультрамаг Бор - на 1,2 и Биостим марки Рост - на 1,0 т/га.

Неблагоприятные погодные условия 2017 года снизили урожайность гибрида Воронежский 160 СВ на 36,4%, у гибрида П 7054 - более чем в 1,5 раза. Нельзя исключать здесь воздействие низко плодородной почвы. В этих условиях урожайность сухого вещества гибрида Воронежский 160 СВ повышали подкормки Фертигрейн плюс марки Фолиар П на 2,5 т/га, Технокель плюс марки Амино Zn - на 2,4 и Биостим марки Рост - на 1,4 т/га. Гибрид П 7054 имел более низкую урожайность. Наибольшее увеличение величины урожая отмечено в варианте Технокель плюс марки Амино Zn - на 2,6 т/га, достоверно превышали урожайность Биостим марки Рост - на 1,3 т/га, Интермаг Профи марки Кукуруза - на 1,2, Фертигрейн плюс марки Фолиар П- на 1,1 и Биостим марки Универсал - на 1,0 т/га сухого вещества.

Последующий год оказался более благоприятным для культуры. У гибрида Воронежский 160 СВ в контрольном варианте она повысилась на 11,1%. Достоверно превысили контроль варианты с внесением Фертигрейн плюс марки Фолиар П - на 3,6 т/га, Технокель плюс марки Амино Zn - на 3,1, Биостим марки Рост - на 2,7, Интермаг Профи марки Кукуруза - на 1,1, Ультромаг Хелат марки Zn-15 - на 1,0 т/га.

Достоверное увеличение урожайности у гибрида Воронежского 160 СВ обеспечивали подкормки Технокель плюс марки Амино Zn - на 2,7 т/га, Фертигрейн плюс марки Фолиар П - на 2,6 и Биостим марки Рост - на 1,6 т/га.

У гибрида П 7054 достоверные прибавки урожайности сухого вещества давали Технокель плюс марки Амино Zn - на 2,9 т/га, Фертигрейн плюс марки Фолиар П - 1,4, Биостим марки Рост - на 1,0 т/га.

Корреляционный анализ показал наличие связи между площадью листьев и величиной урожайности сухого вещества, описываемой уравнением параболы.

В 2016 году эта зависимость выглядела так:

$$У = 14,95 - 0,5136x + 0,01051\ X^2, \text{ при } R = 0.56 \pm 0,057, \text{ где:} \quad (3)$$

X -площадь листьев в тысячах м^2 на 1 га, У- урожайность сухого вещества, т/га; R - коэффициент корреляции, отражающий тесноту связи между величинами.

Установлена зависимость между фотосинтетическим потенциалом и величиной урожайности сухого вещества:

$$У = 42,06 + 0,0459Z - 0.00000614Z^2, \text{ при } R = 0.567 \pm 0.054. \text{ где:} \quad (4)$$

Z- величина фотосинтетического потенциала.

В 2017 году теснота связи между величиной максимальной площадью листьев и урожайностью сухого вещества возросла:

$$У = 1,21X - 0,009902X^2 - 21,38, \text{ при } R = 0,812 \pm 0,052 \quad (5)$$

Более тесная связь установлена между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью сухого вещества:

$$У = 3,427 - 0,006013Z + 0.000005296Z2, \text{ при } R = 0.853 \pm 0.017 \quad (6).$$

В 2018 году установлена тесная зависимость между площадью листьев и урожайностью сухого вещества:

$$У = 0,5745X^2 - 39,82X + 697,9, \text{ при } R = 0.766 \pm 0.162 \quad (7)$$

Зависимость между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью сухого вещества была более тесной:

$$У=189,9 - 0,1969Z + 0,00005296Z^2, \text{ при } R = 0.885 \pm 0.011 \quad (8)$$

Зависимость между средневзвешенной площадью листьев и урожайностью практически не проявляется:

$$У = 144,5 - 4,016X + 0,009627X^2, \text{ при } R = 0.244 \pm 0.636 \quad (9)$$

Между тем зависимость между средневзвешенным фотосинтетическим потенциалом и средневзвешенной урожайностью сухого вещества была тесной:

$$У = 0,04331Z - 0.0000076Z^2 - 67.57, \text{ при } R = 0.874 \pm 0.076 \quad (10)$$

Выводы.

Комплексные микроэлементы Фертигрейн плюс марки Фолиар П, Технокель плюс марки Амино Zn и Биостим марки Рост при однократном применении увеличивали высоту растений Воронежский 160СВ на 36,37 и 18 см, гибрида П 7054 - на 19,17 и 13 см. Площадь листьев гибридов кукурузы возрастала в фазу молочной спелости у гибрида Воронежский 160 СВ на 2,6, 2,8 и 2,0 тысячи м^2 на 1 га, у гибрида П 7054 - на 2,8, 2,8 и 1,9 тысячи м^2 на 1 га.

Максимальная величина фотосинтетического потенциала была достигнута у гибрида Воронежский 160СВ в вариантах с применением комплексов микроэлементов Технокель плюс марки Амино Zn и Фертигрейн плюс марки Фолиар П. В этих же вариантах был получен максимальный сбор сухого вещества кукурузы на силос: 11,7 и 11,6 т/га. В контрольном варианте при внесении N80P48K48 урожайность составляла 8,9 т/га.

Установлена тесная регрессионная зависимость между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью сухого вещества.

Список источников

1. Эффективное применение минеральных удобрений компании «Фосагро-регион» в агроценозах кукурузы на серых лесных почвах Брянской области / В.В Мамеев, О.А. Нестеренко, А.В. Дронов и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2. С. 14-21.

2. Наливайко Т.А., Ториков В.Е. Эффективность внесения органо-минеральных удобрений на посевах кукурузы // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2. С. 24-30.

3. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Агрохимические и экологические основы адаптивного земледелия. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 228 с.

4. Бопп В.П., Васильев А.А. Современные технологии возделывания кукурузы. Красноярск, 2021. 69 с.

5. Петровский А.С. Специальные удобрения. Щелково, 2023. 160 с.

Информация об авторах.

П. А. Курятов - аспирант кафедры агрономии, садоводства, селекции, семеноводства и землеустройства ФГБОУ ВО Смоленской ГСХА

А.Д. Прудников - доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрономии, садоводства, селекции, семеноводства и землеустройства ФГБОУ ВО Смоленской ГСХА.

Information about the authors.

P. A. Kuryatov *- Postgraduate student at the Department of Agronomy, Horticulture, Breeding, Seed Production, and Land Management at the Smolensk State Agricultural Academy.*

A.D. Prudnikov *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Agronomy, Horticulture, Breeding, Seed Production, and Land Management at the Smolensk State Agricultural Academy.*

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные, несли равный вклад в эту научную работу и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data presented, contributed equally to this research, and bear equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 28.02.2026, одобрена после рецензирования 15.03.2026, принята к публикации 16.04.2026.

The article was submitted 28.02.2026, approved after reviewing 15.03.2026, accepted for publication 16.04.2026.

© Курятов П.А., Прудников А.Д.

Научная статья
УДК 631.81:633.16

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Наталья Михайловна Пасечник, Николай Максимович Белоус,
Владимир Михайлович Никифоров, Евгений Владимирович Смольский
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты трёхлетних полевых исследований по изучению влияния различных систем удобрения на качество зерна ярового ячменя сорта Грэйс и экономическая целесообразность применения этих систем. Исследования выполнены на серых лесных почвах Брянской области в 2022-2024 гг. Почва - серая лесная среднесуглинистая. Предшественник - картофель. Срок посева - 1 декада мая. Норма высева - 5,0 млн. всхожих семян на гектар. В опыте изучали 12 вариантов, включающих внесение возрастающих доз минерального удобрения (N30P30K30, N60P60K60, N90P90K90, N120P120K120, N180P180K180) и их сочетание с двукратной листовой подкормкой Хелатным комплексом (ХК). Площадь под опытом - 450 м2, опытной делянки - 37,5 м2, учётной - 25 м2. Повторность трёхкратная, размещение делянок - систематическое. Установлено, что внесение основного минерального удобрения способствует повышению содержания белка в зерне от 10,80% (N30P30K30+ХК) до 13,23% (N180P180K180+ХК) по сравнению с вариантами без применения (9,83 и 9,97%). Экономический анализ выявил, что максимальный уровень рентабельности (157,23%) достигнут в контрольном варианте при цене реализации зерна 17 тыс. руб./т, однако наиболее целесообразным является применение системы удобрения N60P60K60+ХК. Её использование обеспечивает получение урожайности зерна на уровне 3,32 т/га с высокими качественными показателями (белок 11,13%, крахмал 59,27%, клетчатка 7,90%) при оптимальных экономических параметрах производства (чистый доход 28444,54 руб./га, рентабельность 101,60%). Применение завышенных доз удобрения (N180P180K180) экономически нецелесообразно из-за высокой себестоимости продукции и отрицательных показателей рентабельности при низких ценах реализации продукции.

Ключевые слова: система удобрения, доза удобрения, основное удобрение, листовая подкормка, яровой ячмень, качество зерна, экономическая эффективность.

Для цитирования. Влияние систем удобрения на качество зерна ярового ячменя и экономическая целесообразность их применения / Н.М. Пасечник, Н.М. Белоус, В.М. Никифоров, Е.В. Смольский // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 17-23.

Original article

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS ON GRAIN QUALITY OF SPRING BARLEY AND ECONOMIC FEASIBILITY OF THEIR APPLICATION

Natal'ya M. Pasechnik, Nikolay M. Belous, Vladimir M. Nikiforov, Yevgeny V. Smol'sky
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *The article presents the results of three-year field researches to study the effect of various fertilizer systems on the spring barley grain quality of the variety Grace and the economic feasibility of using these systems. The researches were carried out on gray forest soils of the Bryansk region in 2022-2024. The soil is gray forest medium clay. The predecessor is potatoes. The sowing period is the first decade of May. The seeding rate is 5.0 million germinating seeds per hectare. 12 options were studied in the experiment, including the applcation of increasing mineral fertilizer doses (N30P30K30, N60P60K60, N90P90K90, N120P120K120, N180P180K180) and their combination with a double leaf-feeding dressing with a chelate complex (CC). The area under the experiment is 450 m2, the experimental plot - 37.5 m2, the accounting one - 25 m^2. The repetition is three-fold and the placement of plots is systematic.The application of the basic mineral fertilizer was found to increase the grain protein content from 10.80% (N30P30K30+CC) to 13.23% (N180P180K180+CC) compared to the variants without application (9.83 and 9.97%). The economic analysis revealed that the maximum profitability level (157.23%) was achieved in the control variant with a grain sales price of 17 thousand rubles/ton, however, the most expedient is the application of the N60P60K60+CC fertilizer system. Its use provides grain yields at the level of 3.32 t/ha with high quality indicators (protein 11.13%, starch 59.27%, fiber 7.90%) with optimal economic parameters of production (net income 28444.54 rubles/ha, profitability 101.60%). The application of increasing mineral fertilizer doses (N180P180K180) is economically inexpedient due to the high cost of production and negative profitability indicators at low sales prices of products.*

Keywords: *fertilizer system, fertilizer dose, basic fertilizer, leaf-feeding dressing, spring barley, grain quality, economic efficiency.*

For citation. *Influence of fertilizer systems on grain quality of spring barley and economic feasibility of their application / N.M. Pasechnik, N.M. Belous, V.M. Nikiforov, Ye.V. Smol'sky // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 3 (115). pp. 17-23.*

Введение. Яровой ячмень является одной из ключевых зернофуражных культур в Российской Федерации. Он играет важную роль в обеспечении животноводства полноценными кормами, а также для пищевой и пивоваренной промышленности. Наряду с урожайностью большое значение имеет качество зерна, которое определяется комплексом биохимических показателей.

Многочисленные исследования учёных свидетельствуют о том, что минеральные удобрения являются важнейшим фактором повышения урожайности и качества зерна ярового ячменя [1-3]. В проведённых исследованиях на дерново-подзолистых почвах Пермского края выявлено, что наибольшая урожайность ячменя (2,95-3,28 т/га) получена при внесении минерального удобрения в дозе N90P90K90, при этом содержание белка в зерне достигало 12,0-12,7% [4]. В исследованиях на серых лесных почвах Республики Татарстан установлено, что фактор «удобрение» определяет 44,8% вариабельности содержания сырого протеина в зерне ярового ячменя, что свидетельствует о значительной роли минерального питания в формировании белковости зерна [5].

Ряд учёных отмечают высокую эффективность применения листовых подкормок хелатного микроудобрения при возделывании ячменя на пивоваренные цели [6]. Так в исследованиях на серых лесных почвах Брянской области установлено, что внесение минерального удобрения в дозе N30-60P78-156K78-156 с трёхкратной некорневой подкормкой позволило получить урожайность зерна ярового ячменя 3,6-4,9 т/га с содержанием белка 8,5-11,3%, что соответствует 1 и 2 классу пивоваренного ячменя [7]. В похожих проведённых исследованиях на чернозёмах Тамбовской области определено, что применение хелатного микроудобрения Мегамикс на фоне традиционного минерального удобрения способствовало повышению урожайности зерна к контролю на 2,1 т/га (88%) с содержанием белка в зерне 11,07-11,72%, что соответствует требованиям ГОСТ для пивоваренного ячменя [8].

Таким образом, оптимизация минерального питания ярового ячменя, включающая применение, как традиционного макроудобрения, так и листовых подкормок хелатного микроудобрения является эффективным приёмом повышения урожайности и качества зерна. Вместе с тем, остаются недостаточно изученными вопросы экономической целесообразности применения возрастающих доз минерального удобрения и их сочетания с листовыми подкормками.

Цель исследования - оценка влияния возрастающих доз минерального удобрения и их сочетания с листовой подкормкой Хелатным комплексом на качество зерна ярового ячменя сорта Грэйс и экономическое обоснование применения изучаемых систем удобрения.

Материалы и методы исследования. Исследования по изучению влияния систем удобрения на качество зерна ярового ячменя и экономическая целесообразность их применения выполнены на опытном поле Брянского ГАУ в 2022-2024 гг. Почва - серая лесная среднесуглинистая. Объект исследования - среднеспелый сорт ярового ячменя Грэйс. Предшественник - картофель. Срок посева - 1 декада мая. Норма высева - 5,0 млн. всхожих семян на гектар.

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 проводилась
N0P0K0+ХК	не вносили	не вносили	3,0+3,0
N30P30K30	115,4	53,7	не проводилась
N30P30K30+ХК	115,4	53,7	3,0+3,0
N60P60K60	230,8	107,3	не проводилась
N60P60K60+ХК	230,8	107,3	3,0+3,0
N90P90K90	346,2	161,0	не проводилась
N90P90K90+ХК	346,2	161,0	3,0+3,0
N120P120K120	461,5	214,7	не проводилась
N120P120K120+ХК	461,5	214,7	3,0+3,0
N180P180K180	692,3	322,0	не проводилась
N180P180K180+ХК	692,3	322,0	3,0+3,0

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.

Используемый в опыте микроудобрение «Хелатный комплекс» представляет собой жидкое комплексное микроудобрение, включает в себя микроэлементы (Cu, Zn, Co, Mo, B, Mn) на фоне макроэлементов (N, K, P, S, Mg). Содержание микро- и макроэлементов в препарате разработано на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ с учётом анализа данных по аналогичным препаратам как зарубежных, так и отечественных производителей, а так же потребности ярового ячменя в элементах питания. Азот содержится в амидной форме. В качестве хелатирующего компонента использована янтарная кислота, способствующая усилению энергетического обмена, активному росту и развитию корневой системы. Элементный состав микроудобрения «Хелатный комплекс» представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Элементный состав микроудобрения «Хелатный комплекс», вносимого в фазу кущения и фазу выхода в трубку

Показатель / Фаза развития	Содержание макро- и микроэлементов, г/л										
	$N_{общ}$	P_2O_5	K_2O	SO_3	MgO	Mn	Cu	Zn	B	Mo	Co
Кущение	82	82	82	30	19	0,5	0,24	0,17	0,13	0,06	0,03
Выход в трубку	-	82	82	30	19	0,5	0,24	0,17	0,13	0,06	0,03

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 м^2, опытной делянки - 37,5 м^2, учётной - 25 м^2. Повторность трёхкратная, размещение делянок - систематическое.

Результаты и их обсуждение. Биохимический состав зерна ярового ячменя является определяющим фактором его кормовой и технологической ценности. Согласно ГОСТ Р 53900-2010. «Ячмень кормовой. Технические условия», содержание белка в зерне ячменя для фуражных целей 1-2 класса должно составлять не менее 12%, а согласно ГОСТ 5060-2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия», для пивоваренных целей - не более 12%. При этом зерно ячменя должно характеризоваться высокой крахмалистостью (более 58%). В результате установлено, что минеральные удобрения способствовали повышению содержания белка в зерне ярового ячменя (табл. 3).

Таблица 3 - Биохимические показатели качества зерна ярового ячменя (сред. за 2022-2024 гг.)

Показатель / Вариант	Белок, %	Крахмал, %	Клетчатка, %
N0P0K0 (контроль)	9,97	59,50	8,00
N0P0K0+ХК	9,83	59,77	8,00
N30P30K30	10,83	59,87	8,03
N30P30K30+ХК	10,80	58,93	8,07
N60P60K60	11,53	59,43	7,93
N60P60K60+ХК	11,13	59,27	7,90
N90P90K90	11,83	59,37	7,97
N90P90K90+ХК	11,87	59,50	8,03
N120P120K120	12,20	59,33	8,10
N120P120K120+ХК	12,37	59,07	8,20
N180P180K180	12,90	59,23	8,13
N180P180K180+ХК	13,23	59,20	8,17
$НСР_{05}$	0,55	1,96	0,34

Наименьшие значения данного показателя зафиксированы в вариантах без внесения основного удобрения: в контрольном варианте (N0P0K0) - 9,97%, в варианте с двукратной листовой подкормкой Хелатным комплексом - 9,83%. При этом незначительное снижение содержания белка на 0,14% может быть обусловлено эффектом разбавления вследствие повышения урожайности на фоне применения микроудобрения.

Внесение минерального удобрения в возрастающих дозах обеспечивало увеличение содержания белка в зерне. Так, в варианте N30P30K30 содержание белка составило 10,83%, что на 0,86% выше контрольного варианта. Дальнейшее увеличение дозы удобрения до N60P60K60 повысило белковость зерна до 11,53% (+1,56% к контролю), а при внесении N90P90K90 до 11,83% (+1,86% к контролю). Максимальные значения по содержанию белка от применяемых систем удобрения без листовых подкормок отмечены при внесении основного удобрения в дозе N120P120K120 (12,20%) и N180P180K180 (12,90%), что превышает контроль на 2,23 и 2,93% соответственно.

Применение листовых подкормок на фоне высоких доз минерального удобрения способствовало несущественному дополнительному увеличению содержания белка в зерне. Наибольший эффект от листовой подкормки отмечен в варианте с внесением основного удобрения в дозе N180P180K180 - содержание белка увеличилось с 12,90 до 13,23% (на 0,33%). В варианте с внесением N120P120K120 прибавка составила 0,17%, в варианте N90P90K90 - всего 0,04%. При внесении низких доз удобрения (N60P60K60 и N30P30K30) белковость зерна сокращалась на 0,40 и 0,03% соответственно.

Важно отметить, что содержание белка в вариантах с 9 по 12, где применяли дозы N120P120K120 и N180P180K180, а также их сочетания с листовыми подкормками, превышает верхнюю границу требований ГОСТ 5060-2021 для пивоваренного ячменя (12%), что делает данное зерно малопригодным для пивоваренной промышленности из-за риска получения белкового помутнения пива. Однако для кормовых целей высокое содержание белка является положительным фактором, повышающим питательную ценность зерна.

Полученное зерно ярового ячменя во всех вариантах опыта отличается высокой крахмалистостью от 58,93 до 59,87%. При этом отмечена несущественная разность между максимальным и минимальным значениями (0,94% при уровне $НСР_{05}$=1,96). Анализ полученных данных выявил обратную зависимость между содержанием белка и крахмала: при увеличении доз минерального удобрения и повышении содержания белка в зерне наблюдается тенденция к снижению содержания крахмала.

Содержание клетчатки в зерне находилось в пределах 7,90-8,20% и также не имело существенных различий по вариантам опыта ($НСР_{05}$=0.34). Наименьшее содержание клетчатки отмечено в вариантах с применением доз N60P60K60 (7,90 и 7,93%), наибольшее - в вариантах с максимальными дозами удобрения N120P120K120 и N180P180K180 (8,10- 8,20%).

Экономическую эффективность применения систем удобрения оценивали при двух уровнях цен реализации зерна - 12,0 тыс. руб./т (для продовольственного зерна) и 17,0 тыс. руб./т (для пивоваренного) (табл. 4).

Зерно, полученное во всех вариантах опыта, соответствует требованиям ГОСТ 28672-2019 для продовольственного зерна ячменя. **При цене реализации 12,0 тыс. руб./т** рентабельность производства зерна изменяется в пределах от -15,36% (N180P180K180) до 81,58% (контроль). При этом наибольший чистый доход (11844,54 руб./га) получен в варианте N60P60K60+ХК с уровнем рентабельности 42,31 %.

В контрольном варианте при данном уровне цен получен чистый доход на уровне 10674,51 руб./га, в варианте с внесением основного удобрения N30P30K30 на 7,48 руб./га ниже (10667,03 руб./га), однако контрольный вариант имеет преимущество за счёт отсутствия затрат на удобрения.

Применение доз удобрения N90P90K90 и N120P120K120, а также их сочетания с листовыми подкормками Хелатным комплексом понизило чистый доход до уровня 6380,93-6809,68 руб./га и 3260,22-4455,45 руб./га соответственно, а показатель рентабельности в этих вариантах снизился до 7,68-18,10%.

Отрицательные показатели рентабельности (-15,36% и -10,40%) отмечены в вариантах N180P180K180 и N180P180K180+ХК, что обусловлено высокими производственными затратами 56141,16-58797,80 руб./га, связанными с приобретением и внесением минерального удобрения. Убыток при этом составил от 6117,80 до 8621,16 руб./га.

При цене реализации зерна 17,0 тыс. руб./га экономическая ситуация меняется. Во всех вариантах опыта зафиксирована положительная рентабельность от 19,91 % (N180P180K180) до 157,23% (контроль). Наибольший чистый доход (28444,54 руб./га) отмечен при внесении N60P60K60 совместно с двукратной обработкой Хелатным комплексом. Рентабельность производства зерна в этом варианте составила 101,60%. Высокие показатели рентабельности также зафиксированы в вариантах N30P30K30+ХК (103,57%), N30P30K30 (114,84%) и N0P0K0+ХК (134,89%).

Таблица 4 - Показатели экономической эффективности

Показатель / Вариант	Урожайность зерна, т/га	Стоимость продукции, руб/га	Производственные затраты, руб/га	Себестоимость 1 т продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
Цена реализации зерна, 12 тыс. руб/т						
N0P0K0 (контроль)	1,98	23760	13085,49	6608,83	10674,51	81,58
N0P0K0+ХК	2,13	25560	15415,44	7237,30	10144,56	65,81
N30P30K30	2,61	31320	20652,97	7913,02	10667,03	51,65
N30P30K30+ХК	2,75	33000	22964,70	8350,80	10035,30	43,70
N60P60K60	3,07	36840	27995,46	9119,04	8844,54	31,59
N60P60K60+ХК	3,32	39840	27995,46	8432,37	11844,54	42,31
N90P90K90	3,47	41640	35259,07	10161,12	6380,93	18,10
N90P90K90+ХК	3,71	44520	37710,32	10164,51	6809,68	18,06
N120P120K120	3,81	45720	42459,78	11144,30	3260,22	7,68
N120P120K120+ХК	4,12	49440	44984,55	10918,58	4455,45	9,90
N180P180K180	3,96	47520	56141,16	14177,06	-8621,16	-15,36
N180P180K180+ХК	4,39	52680	58797,80	13393,58	-6117,80	-10,40
Цена реализации зерна, 17 тыс. руб/т						
N0P0K0 (контроль)	1,98	33660	13085,49	6608,83	20574,51	157,23
N0P0K0+ХК	2,13	36210	15415,44	7237,30	20794,56	134,89
N30P30K30	2,61	44370	20652,97	7913,02	23717,03	114,84
N30P30K30+ХК	2,75	46750	22964,70	8350,80	23785,30	103,57
N60P60K60	3,07	52190	27995,46	9119,04	24194,54	86,42
N60P60K60+ХК	3,32	56440	27995,46	8432,37	28444,54	101,60
N90P90K90	3,47	58990	35259,07	10161,12	23730,93	67,30
N90P90K90+ХК	3,71	63070	37710,32	10164,51	25359,68	67,25
N120P120K120	3,81	64770	42459,78	11144,30	22310,22	52,54
N120P120K120+ХК	4,12	70040	44984,55	10918,58	25055,45	55,70
N180P180K180	3,96	67320	56141,16	14177,06	11178,84	19,91
N180P180K180+ХК	4,39	74630	58797,80	13393,58	15832,20	26,93

Сравнительный анализ вариантов с листовыми подкормками и без них свидетельствует, что применение Хелатного комплекса экономически оправдано при внесении доз минерального удобрения N60P60K60 и выше. Прирост чистого дохода от дополнительного использования листовых подкормок в варианте N90P90K90+ХК составил 1628,75 руб./га, в варианте N120P120K120+ХК - 2745,23 руб./га, в варианте N60P60K60+ХК - 4250,00 руб./га и в варианте N180P180K180+ХК - 4653,36 руб./га. Однако зерно, полученное в вариантах с дозами N120P120K120 и N180P180K180, а также их сочетаний с листовыми подкормками не соответствует ГОСТ 5060-2021 для пивоваренного ячменя по содержанию белка, а соответственно по данной цене не может реализовываться.

Таким образом, с экономической точки зрения наиболее целесообразным является применение системы удобрения N60P60K60+ХК. Её использование обеспечивает получение урожайности зерна на уровне 3,32 т/га с высокими качественными показателями (белок 11,13%, крахмал 59,27%, клетчатка 7,90%) при оптимальных экономических параметрах производства. Данная система удобрения позволяет получить зерно, пригодное как для продовольственных, так и для пивоваренных целей и обеспечивает максимальную адаптивность к колебаниям рыночных цен на зерно.

Заключение. Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение минерального удобрения в возрастающих дозах от N30P30K30 до N180P180K180 способствует повышению содержания белка в зерне ярового ячменя сорта Грэйс с 9,97% до 12,90%.

Дополнительное использование листовых подкормок Хелатным комплексом в вариантах с внесением доз N90P90K90, N120P120K120 и N180P180K180 увеличивает содержание белка в зерне на 0,04…0,17…0,33%. При меньших дозах основного минерального удобрения белковость снижается на 0,03-0,40%, что может быть обусловлено эффектом разбавления вследствие повышения урожайности на фоне применения микроудобрения.

2. Экономическая эффективность производства зерна ячменя зависит от уровня цен реализации. При цене 12,0 тыс. руб./т рентабельность варьирует от -15,36 до 81,58%, при цене 17,0 тыс. руб./т - от 19,91 до 157,23%.

Отрицательные показатели рентабельности при реализации зерна 12,0 тыс. руб./т (-15,36% и -10,40%) отмечены в вариантах N180P180K180 и N180P180K180+ХК, что обусловлено высокими производственными затратами (56141,16-58797,80 руб./га), связанными с приобретением и внесением минерального удобрения. Убыток при этом составил от 6117,80 до 8621,16 руб./га. При цене реализации 17,0 тыс. руб./т в этих вариантах зафиксированы положительные показатели рентабельности (19,91 и 26,93%), однако полученное зерно не соответствует ГОСТ 5060-2021 для пивоваренного ячменя по содержанию белка, а соответственно по данной цене не может реализовываться. Это свидетельствует об экономической нецелесообразности использования высоких доз минерального удобрения.

3. Оптимальной системой удобрения, обеспечивающей баланс между урожайностью зерна, качеством продукции и экономической эффективностью является N60P60K60 в сочетании с двукратной листовой подкормкой Хелатным комплексом, что позволяет при цене реализации 17,0 тыс. руб./т получить чистый доход 28444,54 руб./га при рентабельности 101,60%.

Список источников

1. Комплексное использование микробиологических и минеральных удобрений в агроценозах яровых зерновых культур / Д.В. Виноградов, А.А. Соколов, Е.И. Лупова и др. // Вестник КрасГАУ. 2025. № 1 (214). С. 3-11.

2. Урожайность ярового ячменя в зависимости от метеорологических факторов и фона питания / П.А. Постников, В.В. Попова, О.В. Васина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39, № 2. С. 19-24.

3. Эффективность применения микроэлементов при возделывании зерновых культур в длительных опытах на дерново-подзолистой почве / Н.А. Кирпичников, С.П. Бижан, Л.Н. Холомьева, Е.Н. Старостина // Агрохимия. 2025. № 6. С. 20-25.

4. Олехов В.Р., Тетерлев И.С. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и показатели качества зерна ячменя // Пермский аграрный вестник. 2019. № 4 (28). С. 59-65.

5. Содержание сырого протеина в зерне сортов ярового ячменя / В.И. Блохин, И.Ю. Никифорова, И.С. Ганиева и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 2 (50). С. 88-96.

6. Оценка влияния микробиологического биоудобрения на урожайность и качество зерна ярового ячменя в условиях склоновых ландшафтов / И.И. Михайленко, О.Д. Мещеряков, О.Е. Нерубенко и др. // Аграрная Россия. 2025. № 3. С. 39-42.

7. Сальникова И.А., Мельникова О.В. Биологическая урожайность и качество зерна сортов ячменя в зависимости от применяемых биопрепаратов // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 6 (88). С. 3-8.

8. Микроэлементное удобрение Мегамикс на ячмене в условиях Тамбовской области / О.М. Иванова, С.А. Ерофеев, С.В. Ветрова, М.Р. Макаров // Сахарная свекла. 2021. № 7. С. 27-30.

Информация об авторах:

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

Н.М. Белоус - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

В.М. Никифоров - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.В. Смольский - доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

N.M. Pasechnik *- Post-graduate Student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, hataxa_pas@mail.ru.*

N.M. Belous *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.*

V.M. Nikiforov *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.*

Ye.V. Smol'sky *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University*

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные, несли равный вклад в эту научную работу и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data presented, contributed equally to this research, and bear equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 03.03.2026, одобрена после рецензирования 10.04.2026, принята к публикации 26.04.2026.

The article was submitted 03.03.2026, approved after reviewing 10.04.2026, accepted for publication 26.04.2026.

© Пасечник Н.М., Белоус Н.М., Никифоров В.М., Смольский Е.В.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 635.17:631.526.32

РАЗРАБОТКА СОРТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ И СЕМЯН ДАЙКОНА

Сергей Михайлович Сычёв, Ирина Васильевна Сычёва, Дина Игоревна Анищенко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В условиях современного овощеводства важное значение имеет расширение ассортимента культур, способных формировать стабильную урожайность, обладать высокой пищевой ценностью и успешно адаптироваться к различным почвенно-климатическим условиям России. Одной из таких перспективных культур является дайкон, отличающийся коротким вегетационным периодом, высокими вкусовыми качествами, ценным биохимическим составом и возможностью использования как для получения товарной продукции, так и для организации семеноводства. Несмотря на рост интереса к данной культуре в последние десятилетия, вопросы разработки сортовой технологии возделывания дайкона в юго-западной части Центрального региона России изучены недостаточно. Установлено, что при выращивании дайкона на семенные цели оптимальной является схема посева 70×20 см, соответствующая площади питания 0,14 м². При посеве в третьей декаде июля урожайность корнеплодов сортообразцов дайкона изменялась от 1,6 до 3,15 кг/м², при этом наибольший показатель отмечен у сорта Дубинушка. Более высокая семенная продуктивность и биологическая урожайность семян выявлены у сортов Клык слона, Миясиге и Миновасе. Биохимический анализ показал, что корнеплоды дайкона характеризуются содержанием витамина С на уровне 12,08-17,83 мг/100 г, растворимых сахаров - 2,9-5,0 %, сухого вещества - 6,0-8,0 %. Активность ^{137}Cs во всех исследуемых образцах находилась значительно ниже допустимого уровня, что подтверждает безопасность полученной продукции. Результаты исследований позволяют рекомендовать дайкон как перспективную овощную культуру для возделывания в юго-западной части Центрального региона России. Полученные данные могут быть использованы при разработке научно обоснованных технологических приёмов производства товарных корнеплодов и семенного материала с учётом сортовых особенностей культуры.

Ключевые слова: дайкон, разработка сортовой технологии, сроки посева, густота стояния, семенная продуктивность, всхожесть, биохимический состав.

Для цитирования. Сычёв С.М., Сычёва И.В., Анищенко Д.И. Разработка сортовой технологии производства товарной продукции и семян дайкона // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 24-29.

Original article

DEVELOPMENT OF VARIETAL TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF MARKETABLE PRODUCTS AND DAIKON SEEDS

Sergey M. Sychyov, Irina V. Sychyova, Dina I. Anishchenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *In the context of modern vegetable growing, it is important to expand the range of crops that can form stable yields, have high nutritional value and successfully adapt to various soil and climatic conditions of Russia. One of such promising crosp is daikon, which is distinguished by its short growing season, excellent taste, valuable biochemical composition, and the possibility of using it both for obtaining marketable products and for organizing seed production. Despite growing interest in this crop in recent decades, development of varietal technology for cultivating daikon in the southwestern part of the Central region of Russia has not been sufficiently studied. It has been established that a 70 x 20 cm planting pattern, corresponding to a growing area of 0.14 m², is optimal for growing daikon for seed. When sown in the third tenday period of July, the root yields of daikon varieties ranged from 1.6 to 3.15 kg/m², while the highest indicator was observed in the variety Dubinushka. The higher seed productivity and biological seed yields were observed in the varieties Klyk Slona, Miyasiga, and Minovasa. A biochemical analysis revealed that daikon roots contain 12.08-17.83 mg/100 g of vitamin C, 2.9-5.0% of soluble sugars, and 6.0-8.0% of dry matter. The ^{13}Cs activity in all samples tested was significantly below the permissible level, confirming the safety of the resulting products. The research results allow us to recommend daikon as a promising vegetable crop for cultivation in the southwestern part of the Central Region of Russia. The obtained data can be used in the*

development of scientifically based technological methods for the production of marketable root crops and seed material, taking into account the varietal characteristics of the crop.

Keywords: *daikon, development of varietal technology, sowing dates, density of crop standing, seed productivity, germination, biochemical composition.*

For citation. *Sychyov S.M., Sychyova I.V., Anishchenko D.I. Development of varietal technology for production of marketable products and daikon seeds // Vestnik of Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 24-29.*

Введение. В условиях современного сельского хозяйства особую актуальность приобретает расширение ассортимента овощных культур, способных давать высокие урожаи в различных климатических зонах России. Одним из перспективных видов для возделывания является дайкон, который отличается высокими вкусовыми качествами, богатым биохимическим составом и относительно коротким вегетационным периодом [1-5].

Хотя культура дайкона на протяжении длительного времени широко возделывается в различных странах мира, в Российской Федерации устойчивое увеличение интереса к её выращиванию наблюдается сравнительно недавно - преимущественно в последние десятилетия. В настоящее время данная культура успешно культивируется в южных регионах страны, на территории Дальнего Востока, а также в ряде других регионов Российской Федерации. Вместе с тем для юго-западной части Центрального региона России вопросы разработки и совершенствования сортовых технологий производства товарной продукции и семенного материала дайкона остаются недостаточно изученными и требуют дальнейших научных исследований [6,7,8].

Цель проведённых исследований заключалась в разработке сортовой технологии возделывания дайкона, обеспечивающей получение товарной продукции и семенного материала в условиях юго-западной части Центрального региона России.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие исследовательские задачи:

- провести оценку влияния различных сроков посева и густоты размещения растений на показатели урожайности и семенную продуктивность дайкона;
- выявить особенности организации семеноводства дайкона в условиях рассматриваемой почвенно-климатической зоны;
- определить биохимические показатели корнеплодов, включая содержание витамина С (мг/100 г), растворимых сахаров (%), сухого вещества (%), а также уровень активности ^137Cs (Бк/кг) в сортообразцах дайкона и редьки.

Исследование указанной проблемы имеет важное практическое значение, поскольку позволяет решить ряд задач, связанных с расширением ассортимента возделываемых овощных культур в юго-западной части Центрального региона России. Кроме того, результаты подобных исследований создают предпосылки для получения стабильных и высоких урожаев корнеплодов, характеризующихся ценными пищевыми свойствами, при сравнительно коротком вегетационном периоде. Также это способствует разработке научно обоснованных рекомендаций по технологии возделывания и организации семеноводства дайкона с учётом специфики местных почвенно-климатических условий [9,10,11].

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования проводились в 2019-2021 гг. на базе стационарного полевого опыта и в Центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Полевые работы осуществлялись в весенне-летний вегетационный период.

В качестве объектов исследования использовались сортообразцы дайкона (Саша, Дубинушка, Миновасе, Миясиге, Клык слона), а также редьки (Зимняя круглая чёрная, Маргеланская).

Полевые опыты закладывались на опытных участках, подготовленных в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания овощных культур. Площадь учётной делянки составляла 5-7 м². Эксперимент проводился при четырёхкратной повторности, размещение делянок - систематическое.

Постановка полевых опытов осуществлялась в соответствии с требованиями методики проведения исследований в селекции и семеноводстве овощных культур (ОСТИ 6-71-78), а также с использованием рекомендаций, изложенных в специализированной научной литературе. При разработке методики учитывались особенности биологии дайкона, близкие к биологическим характеристикам редьки европейской (Литвинов С.С., 2011). В ходе проведения эксперимента выполнялись фенологические и сопутствующие наблюдения за ростом и развитием растений.

Морфологическая оценка растений проводилась с применением методических рекомендаций Международного союза по охране новых сортов растений (UPOV). Математическая обработка полу-

ченных результатов осуществлялась по методике Б.А. Доспехова (1985) с использованием общепринятых статистических методов анализа экспериментальных данных.

Результаты и их обсуждение. В процессе проведённых исследований была комплексно изучена технология возделывания дайкона при различных сроках посева и разной густоте размещения растений. Особое внимание уделялось анализу показателей урожайности, а также оценке семенных качеств культуры. Полученные результаты определяют научную новизну исследования и подтверждают его практическую значимость для условий юго-западной части Центрального региона России.

Таблица 1 - Распределение семян овощных культур редично-редисной группы по порядкам ветвления при схеме посева 70×20 см (2019-2021 гг.)

Культура, сорт	Кол-во стручков на растении, шт.		Семенная продуктивность растения, г		Масса 1000 семян, г		Всхожесть %		Биологическая урожайность, кг/га
	Ветвей 1 порядка	Ветвей 2 порядка	Ветвей 1 порядка	Ветвей 2 порядка	Ветвей 1 порядка	Ветвей 2 порядка	Ветвей 1 порядка	Ветвей 2 порядка	
Дайкон									
Саша	289	364	7,47	9,46	8,33	7,57	92	97	1364
Дубинушка	273	247	9,82	8,58	8,61	8,45	88	88	1472
Миновасе	342	322	17,45	17,03	8,76	8,24	91	88	1655
Миясиге	375	405	22,36	23,57	12,5	13,2	94	96	2159
Клык слона	426	498	26,07	26,83	10,6	11,0	95	93	2539
Редька									
Зимняя круглая чёрная	162	234	7,23	9,53	7,35	7,02	95	92	1407
Маргеланская	146	173	8,33	8,94	7,06	6,74	93	93	587

Результаты проведённых исследований показали, что при возделывании дайкона на семенные цели оптимальной является площадь питания растений 0,14 м², что соответствует схеме размещения 70×20 см. Установлено, что при посеве в конце апреля (первый срок посева) все изучаемые сорта после завершения формирования корнеплодов переходили к генеративным фазам развития, включая стеблевание, цветение и последующее плодоношение.

Согласно данным таблицы 1, у более скороспелых сортов отмечалось меньшее количество стручков на ветвях первого порядка, тогда как у позднеспелых форм данный показатель был выше. При этом семенная продуктивность растений напрямую зависела от степени ветвления, в частности от числа ветвей первого и второго порядков.

Следует отметить, что масса 1000 семян не всегда определяется количеством сформировавшихся стручков на растении. Анализ данных таблицы показывает, что у более раннеспелых сортов и культур наблюдается более высокая масса 1000 семян. Это свидетельствует о том, что семена таких сортов отличаются лучшей выполненностью и большей полновесностью, тогда как у позднеспелых форм чаще формируется большее количество щуплых или недозревших семян.

Показатели массы 1000 семян тесно связаны с уровнем всхожести. При увеличении данного показателя, как правило, отмечается и более высокая лабораторная всхожесть. Так, у сортов Миясиге, Миновасе, Клык слона и Саша была зафиксирована как более высокая масса 1000 семян, так и повышенные показатели всхожести. Для этих же сортообразцов отмечена более высокая биологическая урожайность, которая варьировала в пределах 1364-2539 кг/га. Биологическая урожайность редьки оказалась близкой к показателям, полученным для дайкона, что обусловлено сходством биологических особенностей этих культур и применяемых агротехнических приёмов их возделывания.

Урожайность является одним из ключевых показателей при изучении культуры и оценке перспектив её внедрения в производственную практику. Проведённые исследования в условиях Брянской области показали, что изучаемые сортообразцы были высеяны в конце июля, когда продолжительность светового дня превышала 16 часов. Учёт урожайности проводился с опытных делянок площадью 5 м².

Таблица 2 - Урожайность коллекции сортообразцов дайкона при посеве в III-й декаде июля по схеме 70×20 см (2019-2021 гг.)

Сорт	Вес корнеплодов с ботвой, кг	Вес корнеплодов кг	Количество корнеплодов, шт.	Урожайность, кг/м^2
Саша	10,5	7,8	40	1,6
Дубинушка	17,8	15,6	38	3,15
Миновасе	12,8	11,6	46	2,32
Миясиге	12,8	11,6	44	2,31
Клык слона	13,5	12,2	47	2,43
НСР		2,512		

Анализируя показатели таблицы 2, можно сделать вывод, что наибольший вес корнеплодов с ботвой у сортообразца Дубинушка (17,8 кг), наименьший у сортообразца Саша (10,5 кг). Вес корнеплодов (без ботвы) от 7,8 кг (сортообразец Саша) до 15,6 кг (сортообразец Дубинушка).

Количество корнеплодов на делянке от 38 шт. (сортообразец Дубинушка) до 47 шт. (сортообразец Клык слона).

Средняя урожайность по изучаемым сортообразцам варьировала от 1,6 до 3,15 кг/м^2.

Для юго-западной части Центрального региона России культура дайкона представляет значительный интерес и обладает высокой актуальностью. Это связано с тем, что ассортимент возделываемых овощных культур в данной зоне ограничен и недостаточно разнообразен. Введение дайкона в структуру овощеводства региона позволяет в сравнительно короткий вегетационный период получать высокие урожаи корнеплодов, отличающихся ценными пищевыми качествами и повышенным содержанием витаминов, в том числе витамина С (табл. 3).

Таблица 3 - Содержание витамина С в сортообразцах дайкона и редьки

Сортообразец	Витамин С, мг/100 г			Хср
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Дайкон				
Саша	17,24	17,77	5,28	13,43
Дубинушка	19,53	18,12	15,84	17,83
Миноваси	14,08	15,13	7,04	12,08
Миясиге	16,72	17,24	14,08	16,01
Клык слона	10,91	10,38	17,60	12,96
Редька				
Зимняя круглая черная	14,78	14,25	14,08	14,37
Маргеланская	10,38	11,40	29,92	17,23

Содержание витамина С в корнеплодах изучаемых культур от 12,08 мг/100 г до 17,83 мг/100 г. Наибольшее содержание выявлено у сортообразцов дайкона Миясиге (16,01 мг/100 г) и Дубинушка (17,83 мг/100 г). Максимальный показатель по витамину С среди редек был выявлен у сорта Маргеланская (17,23 мг/100 г).

Таблица 4 - Содержание растворимых сахаров в сортообразцах дайкона и редьки

Сортообразец	Растворимые сахара, %			Хср
	2019 г.	2020г.	2021 г.	
Дайкон				
Саша	2,2	3,5	3,1	2,9
Дубинушка	5,0	3,2	4,2	4,1
Миноваси	4,5	4,0	4,1	4,2
Миясиге	6,4	4,3	4,5	5,0
Клык слона	5,4	4,0	5,0	4,8
Редька				
Зимняя круглая черная	7,2	6,0	6,8	6,6
Маргеланская	4,3	4,9	4,8	4,6

По результатам биохимического анализа установлено, что уровень содержания растворимых сахаров в корнеплодах изучаемых культур изменялся в пределах от 2,9 до 6,6 %. Среди сортообразцов дайкона наибольшие значения данного показателя отмечены у сортов Миясиге (5,0 %) и Клык слона (4,8 %). В то же время среди образцов редьки наиболее высокий уровень растворимых сахаров зафиксирован у сорта Зимняя круглая чёрная, где он составил 6,6 % (табл. 4).

Таблица 5 - Содержание сухого вещества в сортообразцах дайкона и редьки

Сортообразец	Сухое вещество, %			Хср
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Дайкон				
Саша	7,0	5,8	5,2	6,0
Дубинушка	6,9	5,8	6,7	6,4
Миноваси	7,2	7,4	6,9	7,1
Миясиге	9,5	7,7	6,9	8,0
Клык слона	7,6	7,8	7,3	7,5
Редька				
Зимняя круглая черная	12,0	11,2	6,7	9,9
Маргеланская	6,9	8,0	7,7	7,5

Проведённые исследования показали, что уровень сухого вещества в корнеплодах изучаемых культур изменялся в пределах от 6,0 до 9,9 %. Наиболее высокий показатель отмечен у сорта редьки Зимняя круглая чёрная, где содержание сухого вещества достигало 9,9 %. Среди образцов дайкона максимальное значение данного показателя зарегистрировано у сорта Миясиге - 8,0 % (табл. 5).

Таблица 6 - Активность ^{137}Cs в сортообразцах дайкона и редьки.

Сортообразец	Активность ^{137}Cs, Бк/кг		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Дайкон			
Саша	0,00±5,99	0,00±6,49	3,32±5,32
Дубинушка	0,48±6,66	0,00±5,69	1,80±6,02
Миноваси	0,00±6,51	4,23±6,73	1,82±4,35
Миясиге	0,00±4,24	4,24±8,09	2,45±8,48
Клык слона	0,00±6,07	2,60±6,63	0,00±4,77
Редька			
Зимняя круглая черная	0,00±5,95	0,00±5,03	0,00±4,46
Маргеланская	2,62±6,63	0,00±3,51	5,23±5,43

Согласно техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), допустимый уровень радионуклида цезия-137 для овощей и корнеплодов составляет **80 Бк/кг.** В исследуемых сортообразцах активность ^{137}Cs находилась ниже уровня ПДК (табл. 6).

Выводы.

Установлено, что в условиях юго-западной части Центрального региона России культура дайкона может успешно возделываться и представляет интерес для расширения ассортимента овощных культур региона. При выращивании на семенные цели оптимальной является площадь питания растений 0,14 м² (схема посева 70×20 см), обеспечивающая формирование генеративных органов и высокую семенную продуктивность растений.

Определено, что урожайность корнеплодов изучаемых сортообразцов дайкона при посеве в третьей декаде июля варьировала от 1,6 до 3,15 кг/м², при этом наибольший показатель отмечен у сорта Дубинушка. Более высокие значения семенной продуктивности и биологической урожайности семян выявлены у сортов Клык слона, Миясиге и Миновасе.

Биохимический анализ корнеплодов показал, что сортообразцы дайкона характеризуются высоким содержанием витамина С (12,08-17,83 мг/100 г), растворимых сахаров (2,9-5,0 %) и сухого вещества (6,0-9,9 %). Активность радионуклида ^{137}Cs во всех исследованных образцах находилась ниже допустимых значений, что подтверждает безопасность продукции и её пригодность для потребления.

Список источников

1. Аллашова М.Т. Технология и биологические результаты выращивания растений дайкон (Raphanus sativus subsp. acanthiformis) в условиях Каракалпакстана // Теория и практика современной науки. 2022. № 10 (88). С. 34-37.

2. Гальченко Е.И., Серегина И.И., Елисеева О.В. Технологии выращивания редьки Дайкон при использовании биорегуляторов роста // Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии: материалы 56-й Всерос. науч. практ. конф. с междунар. участием молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов, посвящ. 150-летию со дня рождения академика Константина Каэтановича Гедройца (ВНИИА) / под ред. А.А. Завалина. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2023. С. 50-53.

3. Пугач Д.А. Дайкон как фитомелиорант почвы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 5-6 (92). С. 163-166.

4. Пугач Д.А., Дробышев А.П. Формирование основных элементов структуры урожая дайкона в зависимости от технологии возделывания и климатических условий на Алтае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 6 (224). С. 26-31.

5. Сычёв С.М., Сычёва И.В. Дайкон в Нечерноземье России / под ред. В.Е. Торикова. Брянск: Брянская ГСХА, 2010. 139 с.

6. Калинина А.А. Глушаков С.Н. Дайкон перспективная овощная культура для Смоленской области // Современные экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. материалов междунар. науч. конф., Смоленск, 18 мая 2021 года. Т. 1. Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021. С. 75-78.

7. Немтинов В.И. Методика селекции и семеноводства дайкона в Крыму // Овощи России. 2019. № 2. С. 27-30.

8. Совершенствование технологии первичного семеноводства позднеспелых форм редек (редька чёрная, лоба, дайкон) осеннего срока созревания в Нечернозёмной зоне РФ [Электронный ресурс] / А.А. Миронов, М.В. Воробьёв, Э.Р. Мурзина и др. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59). – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_546.pdf.

9. Скорина В.В., Жуцзе Д. Оценка взаимосвязей между основными морфобиологическими признаками интродуцированных сортов дайкона // Овощи России. 2025. № 3. С. 26-29.

10. Степанов А.Ф., Лементович С.В. Особенности формирования урожая корнеплодов сортами и гибридами дайкона при разных сроках посева // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 3 (43). С. 44-51.

11. Акрамов У., Садридиннов Ф. Подбор сортообразцов дайкона для выращивания при летнем сроке посева // Академические исследования в современной науке. 2024. Т. 3, № 31. С. 100-104.

Информация об авторах:

С.М. Сычёв - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sichev_65@mail.ru.

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

Д.И. Анищенко - аспирант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, dinaaniska2002@yandex.ru.

Information about the authors:

S.M. Sychyov - *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, sichev_65@mail.ru.*

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

D.I. Anishchenko - *PhD student, Bryansk State Agrarian University, dinaaniska2002@yandex.ru.*

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 13.03.2026, одобрена после рецензирования 09.04.2026, принята к публикации 13.05.2026.

The article was submitted 13.03.2026, approved after reviewing 09.04.2026, accepted for publication 13.05.2026.

© Сычёв С.М., Сычёва И.В., Анищенко Д.И.

Научная статья
УДК 001.89:631.452

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ПАШНИ НОВОЗЫБКОВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ

[1]Николай Максимович Белоус, [1]Евгений Владимирович Смольский,
[1]Игорь Николаевич Белоус, [1,2]Дмитрий Николаевич Прищеп
[1,2]Олег Дмитриевич Ситнов

[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», Брянская область, Опытная станция, Россия

Аннотация. Проведён анализ и интерпретация изменения основных агрохимических свойств почвы пашни за период 1993-2023 годы. Результаты определения динамики плодородия дерново-подзолистой почвы пашни опытных полей Новозыбковской СХОС выявили, что средневзвешенный показатель обменной кислотности снизился на 0,55 единицы. Зафиксирована положительная динамика фосфатного режима: средневзвешенная концентрация подвижных фосфатов в пахотном слое возросла на 64 мг/кг. Обследованные почвы по градациям подвижного фосфора классифицируются как высокообеспеченные. Наблюдается негативная динамика калийного состояния: средневзвешенное содержание подвижного калия сократилось на 77 мг/кг. Средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном горизонте составляет 1,65 %, что на 0,04 % ниже значения, зафиксированного в 2017 году. Полученные данные свидетельствуют о неоднозначном характере изменения плодородия пашни: при улучшении фосфатного режима сохраняются проблемы, связанные со снижением обеспеченности почв подвижным калием и органическим веществом. Это указывает на необходимость корректировки системы удобрения, усиления роли органических удобрений и применения агротехнических приёмов, направленных на стабилизацию гумусового состояния дерново-подзолистых почв. Расчётное значение интегрального индекса окультуренности пашни составляет 0,71 условных единиц, что свидетельствует о повышенном уровне её агрогенной трансформации. Средняя плотность загрязнения пахотных почв радионуклидом ^{137}Cs уменьшилась на 55,1 % - с 584,6 до 321,9 кБк/м². Наблюдалось снижение мощности дозы гамма-излучения на 33,5 % - с 34,2 мкР/ч в 1993 г. до 22,0 мкР/ч в настоящее время. Динамика радиационных показателей подтверждает постепенное снижение радиологической нагрузки на агроландшафты, однако сохраняющаяся плотность загрязнения требует дальнейшего мониторинга и учёта при ведении сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, гумус, элементы питания, кислотность, вариация, радиоактивное загрязнение.

Для цитирования. Динамика изменения основных агрохимических свойств почв на примере пашни Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции / Н.М. Белоус, Е.В. Смольский, И.Н. Белоус, и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 30-39.

Original article

DYNAMICS OF CHANGES IN THE MAIN AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS ON THE EXAMPLE OF ARABLE LAND OF NOVOZYBKOV AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION

Nikolai M. Belous[1], Yevgeniy V. Smol'sky[1], Igor' N. Belous[1],
Dmitry N. Prishchep[1,2], Oleg D. Sitnov[1,2]

[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia
[2]Novozybkovs Agricultural Experimental Station - the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute», Bryansk Region, Experimental Station, Russia

Abstract. *An analysis and interpretation of changes in the main agrochemical properties of arable lands was conducted for the period 1993-2023. The results of determining the fertility dynamics of sod-podzolic arable soil in the experimental fields of the Novozybkov Agricultural Experimental Station revealed that the weighted average exchangeable acidity decreased by 0.55 units. A positive dynamics in the phosphate regime was recorded: the weighted average concentration of mobile phosphates in the arable layer increased by 64 mg/kg. The surveyed soils are classified as highly supplied according to the gradations*

of mobile phosphorus. The negative dynamics in the potassium status were observed: the weighted average content of mobile potassium decreased by 77 mg/kg. The weighted average content of organic matter in the arable horizon is 1.65%, which is 0.04% lower than the value recorded in 2017. The obtained data indicate an ambiguous nature of changes in arable land fertility: even with the improvement of the phosphate regime, problems associated with the reduction in the supply of soils with mobile potassium and organic matter remain. This indicates the need to adjust the fertilization system, enhance the role of organic fertilizers, and apply agrotechnical techniques aimed at stabilizing the humus state of sod-podzolic soils. The calculated value of the integral index of arable land cultivation is 0.71 conventional units, indicating an increased level of its agrogenic transformation. The average contamination density of arable lands with the radionuclide ^{137}Cs decreased by 55.1% - from 584.6 to 321.9 kBq/m². A decrease in the gamma radiation dose rate of 33.5% was observed - from 34.2 μR/h in 1993 to 22.0 μR/h today. The dynamics of radiation indicators confirms a gradual reduction in the radiological load on agricultural landscapes; however, the persistent density of contamination requires further monitoring and accounting in agricultural production.

***Keywords**: sod-podzolic soil, humus, nutrients, acidity, variation, radioactive contamination.*

***For citation.** Dynamics of changes in the main agrochemical properties of soils on the example of arable land of Novozybkov Agricultural Experimental Station / N.M. Belous, Ye.V. Smol'sky, I.N. Belous, et al. // Vestnik of Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 30-39.*

Введение. Воспроизводство и прирост почвенного плодородия в современном агроландшафте требуют системного подхода, интегрирующего агротехнические, мелиоративные и фитосанитарные мероприятия. Наиболее эффективной основой для разработки таких мер служат проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия, базирующиеся на данных долгосрочного мониторинга состояния пахотных земель. Ключевым инструментом данного мониторинга выступает регулярное агрохимическое и эколого-токсикологическое обследование, охватывающее всю площадь сельскохозяйственных угодий [1].

Кислотность почвы является критически важным параметром для агроэкологического состояния пахотных земель. Её регулирование - ключевой аспект в создании оптимальных условий для эффективного минерального питания растений, активности почвенной микрофлоры и, как следствие, формирования урожая.

Эффективное функционирование корневой системы большинства культурных растений и связанных с ней микроорганизмов достигается в условиях, близких к нейтральной реакции почвенной среды. Кислотно-основной баланс служит системным фактором, определяющим биодоступность элементов питания (азота, фосфора, калия, микроэлементов), ферментативную активность и физико-химические характеристики почвы. При этом пороговые значения pH, оптимальные для конкретного вида, носят адаптивный характер и варьируются в зависимости от почвенных условий. В частности, на высокогумусированных и легких по гранулометрическому составу почвах наблюдается смещение благоприятного диапазона кислотности в сторону слабокислых значений [2].

Известкование почв с кислой реакцией среды ведет не только к росту продуктивности агроценозов и сопутствующему увеличению потребности растений в калии, но и существенно трансформирует калийный режим вследствие модификации катионного состава почвенного раствора, в частности, соотношений K:Ca и K:Mg.

Органические удобрения, а также отдельные типы минеральных удобрений, в данном случае могут оказывать разнонаправленное действие. Обогащая почву органическим веществом, можно увеличить ее емкость поглощения и буферность, что уменьшает угнетающее воздействие высокой концентрации H^+ - ионов. В то же время длительное применение азотных и калийных минеральных удобрений часто является фактором прогрессирующего подкисления, которое оказывает отрицательное воздействие на плодородие почв.

Известкование выступает ключевым фактором, обеспечивающим результативное использование удобрений на почвах с кислой реакцией. На произвесткованных почвах эффективность как минеральных, так и органических удобрений существенно повышается, что приводит к значительному росту урожайности возделываемых культур [3-5].

Известкование является критически важным фактором в системе управления плодородием, обеспечивающим не только нейтрализацию почвенной кислотности и рост урожайности, но и снижение коэффициента перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию [4].

Цель исследований - определение динамики изменения плодородия дерново-подзолистой почвы пашни опытных полей Новозыбковской СХОС и интерпретация полученных данных.

Материалы и методы исследования. В рамках данного исследования был проведён анализ многолетней (30-летней) динамики основных агрохимических параметров почв на территории Ново-

зыбковской сельскохозяйственной опытной станции (филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»). Полученные данные позволили не только оценить направленность почвенных процессов в условиях длительного агрогенного использования, но и разработать научно обоснованный комплекс мероприятий.

Почвенно-агрохимическое обследование было проведено на территории Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции (филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») в течении туров обследования сотрудниками Брянского филиала ФГБУ «РосАгрохимслужба».

Отбор почвенных проб проводился согласно действующему ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб».

В почвенных образцах, по общепринятым методикам определяли: обменную кислотность, органическое вещество, подвижные формы фосфора и калия. Оценку обеспеченности почв элементами питания проводили согласно методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения.

Статистическую обработку полученных результатов проводили по методике опытного дела Б.А. Доспехова [6].

Результаты и их обсуждение. По данным комплексного агрохимического мониторинга структура пахотных угодий общей площадью 402 га характеризуется неоднородностью реакции почвенной среды. Доля почв с кислой реакцией составляет 178 га (44%), в то время как нейтральные и близкие к нейтральным почвы занимают 135 га (34%) и 89 га (22%) соответственно (табл. 1).

Оценка динамики кислотно-щелочных свойств пахотных угодий указывает на рост средневзвешенного значения водородного показателя (pH_{KCL}) в 2023 году относительно 2017 года. На данный момент этот параметр достиг 5,67, что соответствует области, пограничной с нейтральной реакцией среды. За шестилетний интервал доля земель с агрономически благоприятным уровнем кислотности возросла, охватив 244 гектара, или 56% от общей площади обследованной пашни.

Анализ результатов агрохимического мониторинга за тридцатилетний период (в сопоставлении с 1993 годом) выявляет противоположную долгосрочную тенденцию. Площадь сильнокислых почв расширилась на 109 гектаров, что составляет прирост в 15%. Увеличилась также площадь земель со слабокислой реакцией (на 30 га), в то время как фонд нейтральных почв сократился на 203 гектара. Средневзвешенная величина pH за этот срок снизилась на 0,55 единицы. Противодействие данной деградационной динамике в текущих условиях ограничено ввиду критически недостаточного внесения органических удобрений и практически полного прекращения практики известкования кислых почв.

Таблица 1 - Распределение почв пашни по обменной кислотности

Год	Группа кислотности, ед.						Нуждаются в известковании	Не нуждаются в известковании	Средневзвешенная величина, ед.
	I - очень сильнокислая, < 4,0	II - сильнокислая, 4,1-4,5	III - среднекислая, 4,6-5,0	IV - слабокислая, 5,1-5,5	V - близко к нейтральной, 5,6-6,0	VI - нейтральная, > 6,0			
2023	-	61/15	-	117/29	89/22	135/34	178/44	224/56	5,67
2017	-	30/7	102/24	106/25	135/32	51/12	237/56	186/44	5,48
2009	-	55/13	127/30	85/20	89/21	68/16	266/63	157/37	5,26
2003	-	-	-	63/15	152/36	207/49	63/15	360/85	5,94
1998	-	-	4/1	63/15	85/20	271/64	68/16	355/84	6,04
1993	-	-	8/2	8/2	59/14	338/80	25/6	398/94	6,22
Среднее за годы исследования									***5,77***
Коэффициент вариации, %									***6,3***

Примечание: числитель - площадь, га; знаменатель - % от общей площади.

Установили, что коэффициент вариации средневзвешенной величины обменной кислотности за период наблюдений находился на уровне 6,3%, что говорит о незначительной изменчивости показателя в динамике.

Для коррекции кислотного баланса почв требуется внесение известковых удобрение. Рекомендуемые дозы дифференцированы в зависимости от принадлежности почвы к агрохимической группе: для почв II и IV групп - 6,0-8,0 т/га, для почв V и VI групп - 4,0-5,0 т/га.

Процедура известкования должна проводиться циклически с интервалом один раз в 5 лет в рамках конкретных севооборотов. Окончательный расчёт нормы внесения требует дополнительного учёта структуры посевов: преобладание кальциефобных культур (более 5,7) или кальциефильных культур (менее 5,7).

Роль фосфора в физиологии растений отличается исключительной многогранностью. Адекватное обеспечение данной формой минерального питания приводит к существенной прибавке урожая сельскохозяйственных культур и заметному улучшению его качественных характеристик. Фосфор способствует усилению зимостойкости многолетних и озимых культур, а также интенсифицирует процессы роста и сокращает период вегетации. Так, при достаточном фосфорном питании сроки созревания зерновых могут сокращаться на 5-6 суток, что приобретает критическое значение для зон рискованного земледелия с коротким безморозным периодом. Оптимальный фосфорный режим положительно сказывается на морфогенезе корневой системы: стимулируется ее ветвление и происходит более глубокое проникновение в почву. Это, в свою очередь, улучшает доступ растений к почвенной влаге и элементам питания, что является ключевым адаптивным преимуществом в условиях дефицита влаги. Биологическая значимость фосфора сопоставима с ролью азота, поскольку он является обязательным структурным компонентом ключевых органелл клетки, включая ее ядро, и входит в состав жизненно важных органических соединений [7, 8].

Анализ результатов долгосрочных агрохимических мониторинговых исследований и данных полевых экспериментов позволил установить агрономически оптимальный диапазон содержания подвижных фосфатов для дерново-подзолистых почв в условиях севооборота. Данный показатель находится в пределах 200-300 мг усвояемого фосфора (в пересчете на P_2O_5) на килограмм почвы (метод Кирсанова) [9].

Достаточная обеспеченность растений фосфором стимулирует формирование более развитой корневой системы, а также положительно влияет на активность фотосинтеза. Для поддержания бездефицитного баланса данного элемента в почве на заданном оптимальном уровне, внесение фосфорных удобрений должно осуществляться по компенсационному принципу. Норма их применения рассчитывается, исходя из двух ключевых параметров: величины планового выноса фосфора с урожаем основной культуры и количества фосфатов, внесённых ранее под культуру-предшественник в севообороте [8, 9].

Потенциальное плодородие пахотных земель во многом лимитируется концентрацией доступных фосфатов. Дерново-подзолистые почвы исторически формировались на бедных этим элементом почвообразующих породах. В связи с этим первоочередной агротехнической задачей при их сельскохозяйственном освоении и вовлечении в интенсивное использование становится создание устойчивого содержания фосфатов в пахотном слое.

Согласно данным мониторинга агрохимических показателей, средневзвешенная концентрация подвижных фосфатных соединений в обследованной пашне достигает 295 мг/кг. Согласно действующей классификации (табл. 2), данный уровень соответствует категории очень высокого содержания фосфора (в пересчете на P_2O_5). Распределение площадей по группам обеспеченности характеризуется следующими показателями: на долю почв с высокой концентрацией фосфора приходится 138 гектаров (34% от общей площади), а с очень высокой - 264 гектара (66%).

За тридцатилетний период мониторинга было отмечено, что площадь земель с высоким уровнем содержания фосфора возросла на 130 га, в то время как площадь с очень высоким уровнем, напротив, сократилась на 151 га. Данные изменения сопровождались увеличением средневзвешенной концентрации фосфора в пахотном слое на 64 мг/кг.

Установили, что коэффициент вариации средневзвешенной величины содержания подвижного фосфора за период наблюдений находился на уровне 11,7%, что говорит о средней изменчивости показателя в динамике.

Оптимизация калийного питания растений является стратегической задачей современного растениеводства, направленной на поддержание почвенного плодородия и реализацию генетического потенциала урожайности растений.

Таблица 2 - Распределение почв пашни по содержанию подвижного фосфора

Год	Группа по содержанию подвижного фосфора, мг/кг						Пониженное содержание	Оптимальное содержание	Средневзвешенное содержание, мг/кг
	I - очень низкое < 25	II - низкое 26-50	III - среднее 51-100	IV - повышенное 101-150	V - высокое 151-250	VI - очень высокое > 250			
2023	-	-	-	-	138 / 34	264 / 66	-	402 / 100	295
2017	-	-	-	-	21 / 5	402 / 95	-	423 / 100	313
2009	-	-	-	-	199 / 47	224 / 53	-	423 / 100	237
2003	-	-	-	-	93 / 22	330 / 78	-	423 / 100	245
1998	-	-	-	-	34 / 8	389 / 92	-	423 / 100	250
1993	-	-	-	-	8 / 2	415 / 98	-	423 / 100	251
Среднее за годы исследования									***265***
Коэффициент вариации, %									***11,7***

Примечание: числитель - площадь, га; знаменатель - % от общей площади.

Как ключевой макроэлемент, калий выполняет в растительном организме фундаментальные функции, связанные с ионным балансом, транспортом веществ и энергетическим обменом. Уровень содержания его подвижных (обменных) форм в пахотном слое коррелирует с показателями агрохимической окультуренности территории. Дефицит доступного калия наиболее остро проявляется на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, где применение калийных удобрений обеспечивает максимальную агрономическую и экономическую эффективность. Ключевое агрохимическое значение калия заключается в его способности модулировать широкий спектр физиолого-биохимических процессов. Это обеспечивает не только прямой рост сельскохозяйственной продуктивности, но и формирует системную устойчивость агрофитоценозов. Усиливая клеточный тургор и регулируя работу устьичного аппарата, калий повышает засухо- и морозоустойчивость растений, что критически важно для успешной перезимовки озимых культур. Вместе с этим он выступает как важный фактор фитосанитарного благополучия, снижая восприимчивость растений к патогенам в течение всего вегетационного цикла и в послеуборочный период. На метаболическом уровне достаточная обеспеченность калием активизирует процессы фотосинтеза и транслокации углеводов, интенсифицирует синтез органических кислот и положительно влияет на синтез белков, определяя качество получаемой продукции.

Анализ динамики изменения содержания обменного калия в почве выявил, что количество почв с очень низким содержание подвижного калия уменьшилось до 107 га (27%) по отношению 2017 года 118 га (28%) (табл. 3).

Динамика обеспеченности пахотных земель обменным калием характеризуется выраженной деградационной тенденцией. За рассматриваемый период произошла интенсивная деградация калийного фонда: площадь земель с дефицитной обеспеченностью (низкое содержание K_2O) увеличилась на 98 га, достигнув 271 га (67% от общей площади против 41% в 2017 г.). Наблюдается критическое сокращение площадей со средним и повышенным уровнями содержания калия - соответственно с 98 до 24 га и с 34 до 0 га. Полное исчезновение участков с повышенным содержанием K_2O (IV группа) указывает на отсутствие эффективного пополнения этого элемента в агроценозах.

Результаты ретроспективного анализа тридцатилетнего периода агрохимического мониторинга почв выявили выраженную негативную динамику в распределении пахотных угодий по градациям содержания подвижного калия. Установлена тенденция к увеличению площадей с критически низкой обеспеченностью: прирост почв с очень низким содержанием элемента составил 107 га, а с низким - 224 га. Параллельно зафиксировано сокращение на 132 га площадей, относящихся к категории средней

обеспеченности. Наиболее тревожным результатом исследований является полное исчезновение из структуры землепользования почв с повышенным и высоким уровнями содержания подвижного калия.

Таблица 3 - Распределение почв пашни по содержанию подвижного калия

Год	Группа по содержанию подвижного калия, мг/кг						Пониженное содержание	Оптимальное содержание	Средневзвешенное содержание, мг/кг
	I -очень низкое, < 40	II - низкое, 41-80	III - среднее, 81-120	IV - повышенное, 121-170	V - высокое, 171-200	VI - очень высокое, > 200			
2023	107 / 27	271 / 67	24 / 6	-	-	-	402 / 100	-	50
2017	118 / 28	173 / 41	98 / 23	34 / 8	-	-	389 / 92	34 / 8	64
2009	102 / 24	224 / 53	97 / 23	-	-	-	423 / 100	-	64
2003	76 / 18	165 / 39	72 / 17	102 / 24	8 / 2	-	313 / 74	110 / 26	85
1998	72 / 17	152 / 36	59 / 14	123 / 29	17 / 4	-	283 / 67	140 / 33	88
1993	-	47 / 11	156 / 37	173 / 41	47 / 11	-	203 / 48	220 / 52	127
Среднее за годы исследования									***80***
Коэффициент вариации, %									***34,2***

Примечание: числитель - площадь, га; знаменатель - % от общей площади.

Средневзвешенное содержание обменного калия в почве за 30 лет уменьшилось на 77 мг/кг.

Установили, что коэффициент вариации средневзвешенной величины содержания подвижного калия за период наблюдений находился на уровне 34,2%, что говорит о значительной изменчивости показателя в динамике.

В современный период наблюдается значительное сокращение объемов внесения калийных удобрений. Данная тенденция, на фоне изначально низкой буферной емкости и слабой поглотительной способности дерново-подзолистых почв легкого (песчаного) гранулометрического состава, привела к выраженной деградации их калийного насыщения и снижению уровня обеспеченности растений доступными формами этого элемента.

В контексте радиоэкологической реабилитации агроландшафтов, загрязненных радионуклидами, регулирование калийного питания приобретает важнейшее значение. Внесение калийных удобрений рассматривается как ключевой агрохимический метод, эффективно снижающий коэффициент перехода техногенного ^{137}Cs из почвенного комплекса в сельскохозяйственные культуры за счет механизма ионной конкуренции и блокирования процессов его корневого поглощения.

Органическое вещество почвы, будучи ключевым фактором её потенциального плодородия, в современной парадигме агрохимии рассматривается как фундаментальный фактор устойчивости и плодородия почвенной системы в рамках биосферных процессов.

Органическое вещество выступает системным регулятором почвенного режима питания, оказывая на него полифункциональное воздействие. Прямой эффект реализуется за счёт его роли как источника биогенных элементов в процессах минерализации, а косвенный - через модификацию физико-химических и гидрофизических свойств почв. В почвах с высоким содержанием органического вещества наблюдается минимизация потери питательных элементов за пределы почвенного профиля, что снижает риск контаминации сопряжённых экологических сред, интенсифицируется микробиологическая активность.

Обладая высокой комплексообразующей способностью, органическое вещество во многом определяет ёмкость катионного обмена почвенного поглощающего комплекса. Именно с органическим веществом сопряжено формирование агрономически ценной структуры и повышение общей влагоёмкости почв. Уменьшение содержания органического вещества имеет прямые количественные

последствия: снижение содержания органики на 1% относительно оптимального уровня приводит к статистически значимому падению продуктивности зерновых культур в диапазоне 0.5-1.0 т/га [1].

По результатам исследований средневзвешенная величина содержания органического вещества в пахотном слое составила 1,65%. По отношению к 2017 году уменьшение составило 0,04% (табл.4).

Таблица 4 - Распределение почв пашни по содержанию органического вещества

Обеспеченность почв органическим веществом	2017 год			2023 год		
	содержание органического вещества, %	площадь, га	%	содержание органического вещества, %	площадь, га	%
Очень низкая	менее 1,09	-	-	-	-	-
Низкая	1,1-1,39	42	10	1,10-1,09	52	13
Средняя	1,4-1,79	224	53	1,40-1,79	232	58
Повышенная	1,8-2,39	157	37	1,80-2,40	118	29
Высокая	более 2,4	-	-	более 2,4	-	-
Всего пашни	-	423	100	-	402	100
Средневзвешенный показатель	1,69			1,65		

Пространственная неоднородность содержания органического вещества: Распределение пахотных земель по уровню гумусированности носит выраженный контрастный характер. Максимальные площади приходятся на почвы со средним содержанием органического вещества (1,40-1,79%), занимающие 232 га. Участки с повышенным содержанием (1,80-2,40%) локализованы на 118 га, в то время как наихудшие показатели (1,10-1,39%) диагностированы на минимальной площади в 52 га.

Данные за пятилетний период свидетельствуют об отрицательной динамике запасов гумуса. Произошло увеличение на 10 га площади земель с низким значением данного показателя. Одновременно сократились площади участков со средней (на 8 га) и повышенной (на 39 га) обеспеченностью органическим веществом, что указывает на общую тенденцию к дегумификации.

Расчётное значение интегрального индекса окультуренности составило 0,71 балла, что согласно классификации, соответствует высокой степени окультуренности почв (табл. 5). Следует отметить, что достижение столь высокого значения индекса обусловлено не сбалансированным развитием всех параметров плодородия, а значительными показателями содержания подвижных форм фосфора (295 мг/кг), что даже выше, чем агрохимический оптимумом (260 мг/кг).

Существует прямая корреляционная зависимость между степенью агрогенной трансформации почв (окультуренностью) и продуктивным потенциалом возделываемых фитоценозов. Уровень данного показателя служит надежным прогностическим критерием для оценки потенциальной урожайности.

Формирование устойчивого агрономического потенциала почв, обеспечивающего как рост урожайности, так и воспроизводство почвенного плодородия, базируется на комплексе взаимосвязанных мероприятий. К ним относятся: оптимизация структуры севооборотов с введением пропашных культур; внесение органических и минеральных удобрений, рассчитанное на формирование положительного баланса основных макро- и микроэлементов; применение повышенных доз калийных удобрений; а также химическая мелиорация (известкование) кислых почв. Системная реализация этих мер предопределяет улучшение комплекса агрохимических свойств почв.

Таблица 5 - Комплексная агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв лёгкого гранулометрического состава

Год / Показатель	2017	2023	2017	2023	2017	2023
	фактическая средневзвешенная величина		оптимальный уровень		индекс окультуренности	
pH_{KCL}, ед.	5,48	5,67	6,00	6,0	0,91	0,94
P_2O_5, мг/кг почвы	413	295	260	260	1,59	1,13
K_2O, мг/кг почвы	64	50	220	220	0,29	0,23
Органическое вещество, %	1,69	1,65	3,00	3,00	0,56	0,55
Индекс плодородия	-		-		0,84	0,71

Разработка системы применения удобрений должна основываться на принципе дифференцированного возмещения выноса элементов питания. На почвах с высокой исходной обеспеченностью

фосфором и калием (более 200 мг/кг подвижных форм) целесообразно применять стратегию полного или частичного возмещения выноса с урожаем. В то же время на почвах с дефицитом калия (менее 200 мг/кг) необходима тактика повышенного возмещения (на 120-150%), направленная на преодоление лимитирующего фактора и интенсификацию продукционного процесса.

В структуре почвенного плодородия ключевыми контрольными точками, требующими приоритетного мониторинга и регулирования, выступают показатели содержания органического вещества и калийный режим. Применение азотных удобрений должно осуществляться строго в дозах, рассчитанных исходя из планируемой урожайности, что позволяет минимизировать экологические риски и оптимизировать экономические затраты.

Несмотря на значительный временной интервал (39 лет), прошедший после катастрофы на Чернобыльской АЭС, проблема радиоактивного загрязнения агроэкосистем Российской Федерации сохраняет свою остроту. Масштабы загрязнения остаются существенными: в зоне с плотностью загрязнения изотопом цезия-137 выше 37 кБк/м² суммарная площадь пострадавших земель составляет порядка 150 тыс. км² [10, 11].

Вследствие аварии на Чернобыльской АЭС территория Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции была вовлечена в зону интенсивного радиоактивного воздействия. Весь комплекс её пахотных, луговых и других угодий подвергся контаминации долгоживущими радионуклидами, что кардинально изменило условия ведения агроэкологических исследований и потребовало переориентации научной программы на проблемы радиоэкологии и реабилитации загрязнённых земель [12] (табл. 6).

Согласно данным первичного радиологического мониторинга, проведенного Брянским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба», на начальную дату учета (01.01.1993 г.) площадь пахотных земель, подлежащих обследованию, составляла 423 га. Стартовые средневзвешенные значения характеризовались значительной плотностью загрязнения -584,6 кБк/м² с сопутствующим уровнем гамма-фона 34,2 мкР/ч.

За тридцатилетний период наблюдений зафиксирована выраженная позитивная динамика. Показатель плотности загрязнения пашни снизился на 50,8%, достигнув величины 287,1 кБк/м². Параллельно отмечается снижение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения с 34,2 до 22,0 мкР/ч.

Таблица 6 - Динамика радиологических показателей почв пашни

Плотность загрязнения ^{137}Cs, кБк/м^2	Год					
	1993	1998	2003	2009	2017	2023
до 37	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
37-185	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
185-555	154	192	244	411	423	100*
	36,4	45,4	57,7	97,2	100	100
555-1480	269	231	179	12	-	-
	63,6	54,6	42,3	2,8	-	-
свыше 1480	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Итого	423	423	423	423	423	-
	100	100	100	100	100	-
Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs, кБк/м^2	584,6	392,2	514,3	366,3	321,9	287,1
Уровень гамма-фона, мкР/ч	34,2	30,1	27,5	20,0	22,7	22

Примечание: числитель - площадь, га; знаменатель - % от общей площади. *В 2023 году в рамках государственного задания обследовано только 100 га на содержание ^{137}Cs в почве.

Пространственная структура загрязнения также претерпела существенные изменения. В настоящее время сформировался массив площадью 100 га, где плотность загрязнения цезием-137 стабилизировалась в диапазоне 185-555 кБк/м².

Наблюдаемая редукция активности ^{137}Cs в почвенном профиле обусловлена совокупным действием двух ключевых факторов: физического распада радионуклида (период полураспада ~30 лет) и его биогеохимического изъятия из агроэкосистемы посредством выноса с урожаем сельскохозяйственных культур.

Заключение. За тридцатилетний период наблюдений установлен выраженный тренд к закислению почвенного покрова. Средневзвешенный показатель кислотности (pH_{KCl}) снизился на 0,55 единиц. На данный момент доля почв с кислой реакцией среды составляет 178 га, в то время как участки с оптимальным кислотно-щелочным балансом занимают 824 га.

Зафиксирована положительная динамика фосфатного режима. Средневзвешенная концентрация подвижных фосфатов в пахотном слое возросла на 64 мг/кг. В общей сложности 402 га пашни характеризуются высоким и очень высоким содержанием данного элемента. Все обследованные почвы по градациям подвижного фосфора классифицируются как высокообеспеченные.

Наблюдается негативная динамика калийного состояния. Средневзвешенное содержание подвижного калия сократилось на 77 мг/кг. По результатам анализа, все почвенные контуры соответствуют категориям очень низкой, низкой и средней обеспеченности калием (K_2O).

Анализ гумусового состояния показал, что среднее содержание органического вещества в пахотном горизонте составляет 1,65%. В сравнении с 2017 годом зафиксировано незначительное снижение данного показателя на 0,04%.

Расчетное значение интегрального индекса окультуренности пашни достигло 0,71 условных единиц, что свидетельствует о повышенном уровне её агрогенной трансформации почв.

За три десятилетия наблюдений отмечена существенная редукция радиоактивного загрязнения. Средняя плотность загрязнения пахотных почв радионуклидом ^{137}Cs уменьшилась на 55,1% - с 584,6 до 321,9 кБк/м².

Параллельно с уменьшением плотности загрязнения зафиксировано снижение мощности дозы гамма-излучения на 33,5% - с 34,2 мкР/ч (1993 г.) до 22,0 мкР/ч.

Список источников

1. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние почв Центрально-Черноземного района: монография. Белгород: КОНСТАНТА-принт, 2023. 323 с.

2. Агрохимия: классический университетский учебник для стран СНГ / В.Г. Минеев, В.Г. Сычёв, Г.П. Гамзиков и др. М.: Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с.

3. Налиухин А.Н. Изменение агрохимических свойств и микроценоза дерново-подзолистой почвы при применении удобрений и известкования // Плодородие. 2021. № 5 (122). С. 44-48.

4. Аканова Н.И. Эффективность известкования, как фактор плодородия почв и охраны окружающей среды // Плодородие. 2023. № 3 (132). С. 5-9.

5. Системы удобрения озимой ржи в условиях радиоактивного загрязнения почв: монография / И.Н. Белоус, Г.П. Малявко, В.Ф. Шаповалов и др. М.: РУСАЙНС, 2023. 302 с.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

7. Титова В.И. К вопросу о рациональном использовании почв с очень высоким содержанием фосфора в интенсивном земледелии // Плодородие. 2017. № 1. С. 2-6.

8. Овчаренко М.М. Фосфор и его содержание в системе «почва-растение-удобрение» // Агрохимический вестник. 2023. № 3. С. 3-5.

9. Кирпичников Н.А. Технологические приемы повышения эффективности фосфорных удобрений на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья (по данным длительных полевых опытов) // Агрохимия. 2018. № 1. С. 61-71.

10. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий: монография / под ред. Н.И. Санжаровой, С.В. Фесенко. М.: РАН, 2018. 278 с.

11. Влияние органоминерального комплекса Гумитон и удобрения ФосАгро NPK на продуктивность и накопление ^{137}Cs растениями овса на дерново-подзолистой почве и черноземе / К.В. Петров, С.П. Арышева, Н.Г. Иванкин и др. // Агрохимический вестник. 2025. № 4. С. 72-77.

12. Белоус Н.М. Продуктивность, плодородие, реабилитация почв: монография. М.: Русайнс, 2025. 416 с.

Информация об авторах

Н.М. Белоус - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.В. Смольский - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

И.Н. Белоус - доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Д.Н. Прищеп - аспирант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

О.Д. Ситнов - аспирант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса».

Information about the authors

N.M. Belous *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.*

Ye.V. Smol'sky *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University*

I.N. Belous *- Doctor of Agricultural Sciences, Bryansk State Agrarian University.*

D.N. Prishchep *– Postgraduate student, Bryansk State Agrarian University, Novozybkov Agricultural Experimental Station - Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.*

O.D. Sitnov *- Postgraduate student, Bryansk State Agrarian University, Novozybkov Agricultural Experimental Station - Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.*

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

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

Статья поступила в редакцию 19.03.2026; одобрена после рецензирования 15.04.2026, принята к публикации 15.05.2026.

The article was submitted 19.03.2026; approved after reviewing 15.04.2026; accepted for publication 15.05.2026.

© Белоус Н.М., Смольский Е.В., Белоус И.Н., Прищеп Д.Н., Ситнов О.Д.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

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

Научная статья
УДК 636.22/.28.087.7

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОЛОМИТОВОЙ МУКИ И ПРОБИОТИКА НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ

[1]Леонид Никифорович Гамко, [1]Анна Георгиевна Менякина, [2]Василий Федорович Радчиков
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Беларусь

Аннотация. Исследования проведены на двух группах коров по 10 голов в каждой. Животные контрольной группы получали основной рацион, коровам опытной группы дополнительно скармливали пробиотик «РуминПро ТМР» в постоянной дозировке 10 г на голову в сутки и доломитовую муку в возрастающих дозах: в двух периодах (по 20 суток) - по 50 и 100 г и в третьем периоде (30 суток) - 120 г на голову в сутки по учетным периодам опыта. Продолжительность скармливания кормовых добавок составила 70 суток. Результаты указывают, что комплексное использование пробиотической и минеральной добавки в указанных дозировках и по рекомендуемой схеме включения к основному рациону лактирующих коров способствовало увеличению среднесуточного удоя за учетный период на 4,23% в сравнении с контрольной группой. Включение в рацион доломитовой муки и пробиотика не вызвало резких сдвигов в общей концентрации сухих обезжиренных веществ молока, но обеспечило направленное улучшение наиболее экономически значимых компонентов - жира и белка. Достоверное изменение установлено по массовой доле жира в молоке, которое в опытной группе было выше на 0,5 процентного пункта, что непременно отразилось в достоверно большем показателе - выход молочного жира - на 19,0% выше контроля. Отмечена положительная тенденция увеличения массовой доли белка в молоке опытных коров - на 0,11 процентного пункта, что отразилось в достоверном увеличении показателя - выход молочного белка - на 8,0% выше контроля. Повышение выхода жира и белка отражает улучшение пищевой и технологической ценности молока.

Ключевые слова: лактирующие коровы, минеральная добавка, продуктивность, выход жира, выход белка.

Для цитирования. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Радчиков В.Ф. Комплексное воздействие доломитовой муки и пробиотика на молочную продуктивность коров // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 40-44.

Original article

COMPLEX EFFECT OF DOLOMITE FLOUR AND PROBIOTIC ON MILK PRODUCTIVITY OF COWS

[1]Leonid N. Gamko, [1]Anna G. Menyakina, [2]Vasily F. Radchikov
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Russia
[2]RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry", Zhodino, Belarus

Abstract. *The researches were conducted on two groups of 10 cows each. The animals in the control group received a basic diet, while the cows in the experimental group were additionally fed the probiotic "RuminPro TMR" at a constant dosage of 10 g per head per day and dolomite flour in increasing doses: 50 and 100 g in two periods (20 days each) and 120 g per head per day in the third period (30 days) according to the experimental recording periods. The duration of feeding the feed additives was 70 days. The results indicate that the combined use of the probiotic and mineral additive at the specified dosages and according to the recommended schedule for inclusion in the basic diet of lactating cows contributed to an increase in the average daily milk yield during the recording period by 4.23% compared to the control group. The inclusion of dolomite flour and the probiotic in the diet did not result in dramatic changes in the total dry matter content of milk, but did provide a targeted improvement in the most economically significant components-fat*

and protein. A significant change was observed in the fat content of milk, which was 0.5 percentage points higher in the experimental group, resulting in a significantly higher milk fat yield-19.0% higher than the control. A positive trend was noted in the protein content of milk in the experimental cows-by 0.11 percentage points-resulting in a significant increase in milk protein yield-8.0% higher than the control. The increased fat and protein yield reflects improved nutritional and technological value of milk.

Keywords: *lactating cows, mineral additive, productivity, fat yield, protein yield.*

For citation. *Gamko L.N., Menyakina A.G., Radchikov V.F. Complex effect of dolomite flour and probiotic on milk productivity of cows // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 3 (115). pp. 40-44.*

Введение. Продуктивность лактирующих коров в большой степени определяется уровнем поступления доступной физиологически полезной энергии, которая извлекается в процессе переваривания и усвоения нутриентов рациона. Кроме того, в период пика лактации важно определять оптимальную структуру кормосмесей, соблюдать в них соотношение грубых, сочных и концентрированных кормов для коров различного уровня продуктивности [1,2].

В начале и середине лактации у коров остается высокая потребность в минеральных веществах, которую невозможно восполнить только за счет кормов, из которых готовится кормосмесь. В этой связи в рационы животных включают кормовые добавки различного генеза, которые восполняют недостаток в рационах нормирующихся веществ, в том числе и минеральных, которые выполняют важную физиологическую роль в организме животных. Молочная продуктивность лактирующих коров определяется не только генетическим потенциалом животных, но и степенью соответствия рациона их физиологическим потребностям по энергии, протеину, минеральным веществам и биологически активным компонентам. В условиях интенсивного молочного скотоводства особое значение приобретает полноценность кормосмесей, поскольку даже незначительный дефицит минеральных элементов или нарушение рубцового пищеварения может ограничивать реализацию продуктивного потенциала животных. Наиболее напряженным периодом обмена веществ у коров является начало и середина лактации, когда потребность организма в кальции, магнии, фосфоре и других элементах возрастает в связи с активным синтезом молока, молочного жира и белка. При этом традиционные корма, входящие в состав основного рациона, не всегда обеспечивают оптимальное поступление доступных минеральных веществ, что требует применения дополнительных кормовых средств минерального происхождения [3-5].

Одним из перспективных источников кальция и магния является доломитовая мука, которая может использоваться в кормлении жвачных животных как компонент, способствующий нормализации минерального обмена и поддержанию физиологического состояния организма.

Помимо минеральных компонентов рациона, значение которых трудно переоценить в кормлении лактирующих коров, важное значение в коррекции использования питательных веществ имеет использование кормовых добавок пробиотического действия за счет их роли в повышении рубцовой ферментации нутриентов кормосмеси. Известно, что пробиотики улучшая микробный пейзаж рубца и кишечника, позитивно воздействуют на пищеварительные и в целом на обменные процессы в организме [6-8].

В доступной открытой печати недостаточно освещен вопрос о комплексном использовании кормовых добавок разного генеза. Потому, данный вопрос актуален, поскольку их возможный синергический или взаимодополняющий эффект может сказаться на оптимизации процесса пищеварения и биотрансформации питательных веществ рациона.

Цель исследования - изучить влияние комплексного скармливания разных доз доломитовой муки и пробиотика «РуминПро ТМР» на продуктивность коров и некоторые показатели качества молока.

Материал и методы исследований. Исследования были проведены в соответствии с требованиями классической методики [9,10]. В качестве объекта исследований были выбраны коровы симментальской породы, содержащиеся в хозяйстве Злынковского района Брянской области, которых методом сбалансированных групп отобрали для проведения научно-хозяйственного опыта и разделили на две группы. Поголовье коров, как в контрольной, так и в опытной группе составило 10 голов. Схема научно - хозяйственного опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1- Схема опыта

Группа	Условия кормления и период скармливания кормовых добавок
I - контрольная	ОР (основной рацион)
II - опытная	ОР +10 г /гол/сут. «РуминПро ТМР» + 50 г доломитовой муки в сутки на голову - первый учетный период - 20 дней
	ОР +10 г /гол/сут. «РуминПро ТМР» +100 г доломитовой муки в сутки на голову - второй учетный период - 20 дней
	ОР +10 г /гол/сут. «РуминПро ТМР» +120 г доломитовой муки в сутки на голову - третий учетный период - 30 дней

Продолжительность скармливания кормовых добавок составила 70 суток. При этом научно-хозяйственный опыт для скармливания доломитовой муки был разделен на 3 периода - первые два периода по 20 дней и третий период продолжительностью 30 дней (с нарастающей дозировкой) и неизменной дозировкой пробиотической добавки «РуминПро ТМР».

По результатам контрольных ежемесячных доек изучали влияние кормовых добавок на изменение уровня молочной продуктивности коров и качество молока, которое определяли в аккредитованной лаборатории на сертифицированном оборудовании по методике Крусь Г.Н. [10], используя жирометр-бутирометр и фотометр фотоэлектрический. Энергетическую ценность молока определяли расчетным путем по энергетической ценности белка и жира.

Результаты исследований.

В сутки с рационом коровы получали 28,7 кг кормосмеси. Концентрация основных питательных веществ 1 кг сухого вещества кормосмеси составляла: обменной энергии - 89 МДЖ, переваримого протеина - 80,0 г, сырого жира - 31,4 г, сырой клетчатки- 230,1 г, сахара - 34,8 г, кальция - 9,0 г, фосфора - 4,30г, витамина Д - 126,3 МЕ. Данная концентрация питательных веществ, поступившая из кормосмеси, не в полной мере обеспечила получение планируемой молочной продуктивности. Продуктивность лактирующих коров при комплексном скармливании разных доз доломитовой муки с пробиотиком в период опыта приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели молочной продуктивности и некоторые качественные характеристики молока под влиянием минеральной и пробиотической добавок

Показатель	Группа	
	I - контрольная	II - опытная
Удой за период опыта от коровы, кг	956,7	997,2
Среднесуточный удой, кг	10,63 ± 1,50	11,08 ±1,08
% к контролю	100,0	104,23
Массовая доля жира, %	4,0 ± 0,21	4,5 ± 0,11*
Массовая доля белка, %	3,01 ± 0,15	3,12 ± 0,14
СОМО (сухой обезжиренный молочный остаток), %	8,63 ± 0,29	8,65 ± 0,39
Выход молочного жира, кг	38,27 ± 0,62	45,57 ± 0,77 ***
Выход молочного белка, кг	28,80 ± 0,15	31,11 ± 0,46 **
Энергетическая ценность, МДЖ	2,06	2,40
Затраты ЭКЕ на 1 кг молока	1,25	1,21

Включение в рацион лактирующих коров опытной группы доломитовой муки в возрастающих дозах 50, 100 и 120 г на голову в сутки совместно с пробиотиком «РуминПро ТМР» оказало положительное влияние на молочную продуктивность и отдельные качественные показатели молока. Удой за период опыта в контрольной группе составил 956,7 кг, тогда как в опытной группе - 997,2 кг, что выше на 40,5 кг. Среднесуточный удой увеличился с 10,63 до 11,08 кг, или на 4,23% к контролю. Несмотря на то, что прирост среднесуточного удоя был умеренным, его следует рассматривать как физиологически значимый, поскольку он сопровождался одновременным улучшением состава молока и снижением затрат ЭКЕ на 1 кг продукции.

Наиболее выраженное изменение установлено по массовой доле жира: в контрольной группе она составляла 4,0%, а в опытной - 4,5%, то есть была выше на 0,5 процентного пункта. Данный по-

казатель отмечен как достоверный, что указывает на устойчивое влияние применяемой кормовой схемы на липидный компонент молока. С физиологической точки зрения это может быть связано с более благоприятными условиями рубцовой ферментации, повышением образования предшественников молочного жира, прежде всего ацетата и бутирата, а также с участием магния в ферментативных реакциях обмена веществ.

Массовая доля белка в молоке опытных коров составила 3,12% против 3,01% в контроле, то есть была выше на 0,11 процентного пункта. Хотя в таблице этот показатель не обозначен как достоверный, тенденция к повышению белковомолочности заслуживает внимания. Синтез молочного белка тесно связан с уровнем доступной энергии, поступлением аминокислот в тонкий кишечник и активностью микробного белкового синтеза в рубце. Пробиотическая добавка в данном случае могла способствовать стабилизации рубцового микробиоценоза и более эффективному использованию питательных веществ кормосмеси. Современные научные источники по применению прямых микробных добавок у молочного скота подтверждают, что пробиотический эффект реализуется через изменение микробного сообщества, ферментационных процессов и общей эффективности пищеварения.

Содержание СОМО практически не изменилось: 8,63% в контрольной группе и 8,65% в опытной. Это свидетельствует о том, что применение доломитовой муки и пробиотика не вызвало резких сдвигов в общей концентрации сухих обезжиренных веществ молока, но обеспечило направленное улучшение наиболее экономически значимых компонентов - жира и белка. Особенно показательны расчетные данные по выходу молочного жира и белка. Выход молочного жира был достоверно больше на 19,1 %. Выход молочного белка также достоверно стал больше на 8,0%.

Такое сочетание результатов имеет важное производственное значение. Повышение выхода жира и белка отражает не только увеличение валового удоя, но и улучшение пищевой и технологической ценности молока. Для переработки молока именно содержание и валовой выход жира и белка определяют сыропригодность, выход молочных продуктов и экономическую эффективность производства. В опытной группе энергетическая ценность молока составила 2,40 МДж против 2,06 МДж в контроле, что выше на 16,5% . Этот прирост логично связан прежде всего с увеличением массовой доли жира, поскольку жир является наиболее энергоемким компонентом молока.

Показатель затрат ЭКЕ на синтез 1 кг молока в опытной группе снизился на 3,2%. Это указывает на повышение эффективности трансформации питательных веществ рациона в молочную продукцию. Вероятным механизмом такого эффекта является сочетанное действие минерального и пробиотического компонентов: доломитовая мука могла улучшать обеспеченность животных кальцием и магнием, а пробиотик - поддерживать более стабильную микробную ферментацию и использование органического вещества рациона. Такой эффект, по нашему мнению, можно объяснять не прямым «стимулированием лактации», а оптимизацией условий обмена веществ, рубцового пищеварения и синтеза компонентов молока.

Вывод. Комплексное использование доломитовой муки и пробиотика «РуминПро ТМР» оказало положительное влияние на продуктивное действие рациона. Наиболее выраженный эффект проявился не столько в резком увеличении удоя, сколько в повышении качества молока, увеличении выхода молочного жира и белка, росте энергетической ценности молока и снижении кормовых затрат на единицу продукции. Это делает изучаемую комплексную схему использования кормовых добавок, перспективной для хозяйств, ориентированных на повышение не только валового производства молока, но и его компонентного состава.

Список источников

1. Лемеш Е.А., Гулаков А.Н. Повышение продуктивности и качества молока дойных коров за счет использования в составе рациона пробиотической кормовой добавки // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2025. № 1 (32). С. 107-111.

2. Технология приготовления кормосмесей и скармливания их лактирующим коровам / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2 (90). С. 54-60.

3. Сичкар Н.В., Каешова И.В., Ляшенко В.В. Эффективность использования кормовых пробиотиков в рационах лактирующих коров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 208-214.

4. Корректировка рациона и молочная продуктивность новотельных коров / К.Р. Бабухадия, А.В. Бурмага, Ю.Б. Курков и др. // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17, № 4. С. 76 84.

5. Молочная продуктивность коров при повышенном уровне потребления питательных веществ и энергии / В.Е. Подольников, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 47-52.

6. Влияние минерального гранулированного комплекса на молочную продуктивность и качественные показатели молока / С.И. Николаев, А.А. Ранделин, Н.М. Костомахин и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 7 (192). С. 33 42.

7. Соколова Е.И., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Эффективность применения сорбирующих добавок в рационах дойных коров в зоне радиоактивного загрязнения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 150-154.

8. Николаева О.Н. Иммуномодулирующий потенциал пробиотиков // Ветеринарный врач. 2023. № 3. С. 45-51.

9. Афанасьева Ю.Г. Пробиотики альтернатива кормовым антибиотикам / Ю.Г. Афанасьева, Е.Р. Корбмахер, Е.В. Колодина и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (220). С. 45-51.

10. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве / И.В. Малявко Л.Н. Гамко, В.А. Малявко и др. СПб.: Лань, 2022.180 с.

Информация об авторах:

Л.Н. Гамко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продукции 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@yandex.ru.

В.Ф. Радчиков - доктор сельскохозяйственных наук, профессор РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Беларусь

Information about the authors:

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

A.G. Menyakina *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Nutrition, Private Animal Science and Processing of Livestock Products Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru*

V.F. Radchikov *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus*

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 12.03.2026, одобрена после рецензирования 21.03.2026, принята к публикации 28.04.2026.

The article was submitted 12.03.2026, approved after reviewing 21.03.2026, accepted for publication 28.04.2026.

© Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Радчиков В.Ф.

Научная статья
УДК 636.22/.28.087.7:636.034

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКАРМЛИВАНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ЛАКТИРУЮЩИМ КОРОВАМ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА МОЛОКА

Елена Александровна Лемеш, **Андрей Николаевич Гулаков**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Проведена сравнительная оценка изменений молочной продуктивности и отдельных физико-химических показателей молока коров голштинской породы при введении в базовый рацион с концентратной его частью кормовой добавки «БетаКорм» в дозировке 150 г на голову в сутки. Питательная ценность добавки включает массовую долю сухого вещества в количестве 62-64%, сахара 5-7%, белка 25,7%, энергетическая ценность составляет 9,42 МДж. Учёт молочной продуктивности выполняли по результатам контрольных доек; качество молока оценивали по показателям: массовая доля жира и массовая доля белка, содержание сухих веществ и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), уровень лактозы, плотность и кислотность. Все изучаемые показатели измеряли на приборе анализаторе «Лактан 1-4» в лабораторных условиях. У коров опытной группы отмечено увеличение среднесуточного удоя на 0,5 кг (на 1,6%) и валового надоя на 133 кг (на 1,5%) по сравнению с контролем за учетный период (30 дней). Отмечено увеличение массовой доли жира на 0,14 п.п., содержания сухого вещества - на 1,18 п.п., СОМО - на 0,8 п.п., при неизменном уровне белка (3,2%). Плотность молока в обеих группах превышала минимально нормируемые значения, а титруемая кислотность соответствовала диапазону, принятому для сырого коровьего молока. Полученные данные свидетельствуют о направленном влиянии добавки на повышение энергетической и технологической ценности молока преимущественно за счёт увеличения жирности и суммарных сухих веществ, при сохранении белкового компонента. Применение кормовой добавки на четвёртом месяце лактации позволяет заметно замедлить снижение удоев: в опытной группе темп падения составил 6,32 % против 8,29 % в контрольной.

Ключевые слова: кормовая добавка, лактирующие коровы, молочная продуктивность, жирность молока, рацион кормления.

Для цитирования. Лемеш Е.А., Гулаков А.Н. Сравнительная оценка влияния скармливания кормовой добавки лактирующим коровам на показатели молочной продуктивности и качества молока // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 45-50.

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECT OF FEEDING A FEED ADDITIVE TO LACTATING COWS ON MILK PRODUCTIVITY AND QUALITY

Yelena A. Lemesh, Andrey N. Gulakov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *A comparative evaluation of changes in milk productivity and individual physical and chemical parameters of lactating Holstein cows was carried out when the "BetaKorm" feed additive was added to the basic diet at a dosage of 150 g per head per day. The nutritional value of the additive includes a mass fraction of dry matter of 62-64%, sugar of 5-7%, protein of 25.7%, and an energy value of 9.42 MJ. The milk productivity was recorded based on the results of control milkings, and the quality of the milk was evaluated based on the following indicators: fat content, protein content, dry matter content, dry non-fat milk residue (DNMR), lactose content, density, and acidity. All of these indicators were measured using the Lactan 1-4 analyzer in laboratory conditions. The cows in the experimental group had an increase in average daily milk yield of 0.5 kg (1.6%) and gross milk yield of 133 kg (1.5%) compared to the control group during the accounting period (30 days). There was an increase in the mass fraction of fat by 0.14 percentage points, the dry matter content by 1.18 percentage points, and DNMR by 0.8 percentage points, while the protein level remained unchanged (3.2%). The milk density in both groups exceeded the minimum normalized values, and the titrated acidity corresponded to the range adopted for raw cow's milk. The data obtained indicate that the additive has a targeted effect on increasing the energy and technological values of milk, primarily by increasing the fat content and total dry matter, while maintaining the protein component. The use of a feed additive during the fourth month of lactation significantly slowed down the decline in milk yield: the experimental group experienced a 6.32% decline compared to an 8.29% decline in the control group.*

Keywords: *feed additive, lactating cows, milk productivity, milk fat content, feeding ration.*

For citation. *Lemesh Ye.A., Gulakov A.N. Comparative evaluation of the effect of feeding a feed additive to lactating cows on milk productivity and milk quality indicators // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 45-50.*

Введение. Сохранение высокого уровня молочной продуктивности после завершения периода раздоя представляет собой сложную зоотехническую задачу, обладающую значительным экономическим потенциалом для молочного животноводства.

В последнее время огромное внимание обращает на себя использование кормовых добавок [1,2], которые способствуют у животных улучшению пищеварительных процессов, обмену веществ, увеличению продуктивности, а также улучшают качество продукции и экономические показатели производства [3,4].

В период лактации в организме коров интенсивно идут физиолого-биохимические процессы обмена, связанные с трансформацией значительного количества энергии и питательных компонентов корма в молоко [5]. Следовательно, животные нуждаются в организации полноценного питания, которое должно основываться на обеспечении их питательными и биологически активными веществами с учётом уровня продуктивности и развития [6,7].

Повышение продуктивности животных сопровождается снижением функций воспроизводства - низкой оплодотворяемостью, удлиненным сервис-периодом. Эти нарушения связаны с продолжительным несоответствием используемых рационов потребностям животных [8], что вызывает заимствование питательных, минеральных и биоактивных веществ из резервов организма, что в свою очередь приводит к нарушению обмена веществ, ухудшению воспроизводительных функций, истощению животных [9].

В открытых источниках имеются данные о результатах применения кормовой добавки «БетаКорм» в контексте птицеводства [10,11,12], а не крупного рогатого скота, что указывает на актуальность темы исследования.

Целью исследований явилось - определить влияние включения в базовый рацион хозяйства кормовой добавки «БетаКорм» (150 г/гол/сут) на сохранение высокого уровня молочной продуктивности лактирующих коров и показатели качества молока.

Материалы и методы исследований. Исследования были выполнены на лактирующих коровах голштинской породы (вторая лактация) в предприятии Брянского района в 2024 году. Кормовая добавка применялась на четвертом месяце лактации с целью удержания высокого уровня молочной продуктивности и корректировки показателей качества молока. В научно-хозяйственном опыте в состав рациона была включена кормовая добавка для жвачных животных «БетаКорм». Кормовая добавка обогащена аминокислотами, макро и микроэлементами и витаминами группы В. Действие данной кормовой добавки направлено не только на улучшение здоровья животных, но и на показатели воспроизводительной способности, способствует повышению молочной продуктивности, Вводится в рацион животных для обогащения и балансирования рационов животных как отдельная добавка, как через систему поения, так и в составе полнорационных комбикормов.

Исследования химического состава кормов, входящих в суточный рацион лактирующих коров проводили в аккредитованной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» применяя современные аналитические методы, обеспечивающие высокую точность и воспроизводимость результатов. Для определения содержания сырого протеина в кормах применяли метод Кьельдаля (соответствует ГОСТ 13496.4-2019). Для полного элементного анализа образцов после кислотного разложения использовали масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре «ELAN DRC II».

В состав добавки «БетаКорм» входит триметилглицин (бетаин) не менее 32%, сырой протеин 25,6 %, аминокислоты - 7,54% (аланин, пролин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, орнитин, лизин), витамины: витамин B_4 - 7,2%, витамин B_2 - 0,22%, витамин С - 2,1%, медь - 8,7%, кобальт - 4,8%, железо - 11,4%, фосфор 0,02 мкг/кг, азот общий - 2,2-2,7%., pH от 9 до 15.

Учетный период научно-хозяйственного опыта составил 30 суток. Животных в группы подбирали по методу групп-аналогов, с учетом возраста, живой массы, продуктивности за предыдущую лактацию, времени отела, по пятнадцать голов в каждой группе. Исходя из схемы опыта, первая группа животных являлась контрольной, вторая опытной. Контрольная группа коров получала корма базового рациона принятого в хозяйстве, а опытной группе коров в базовый рацион включали кормовую добавку (150,0 г на голову в сутки). Условия содержания, доения, кормления животных и параметры микроклимата были одинаковые.

Базовый рацион подопытных животных включал в себя корма: силос кукурузный, сенаж злаково-бобовый, сено злаково-разнотравное, солома овсяная, жмых рапсовый, мелассу из свеклы, сою, соль поваренная, комбикорм.

В ходе проведения эксперимента был проведен учет молочной продуктивности коров по результатам контрольных доек. Так же учитывались показатели качества молока по содержанию жира, белка и плотности молока проводились непосредственно в хозяйстве с применением анализатора качества молока «Лактан 1-4». Определение этих показателей проводили один раз в месяц в суточной пробе молока. При проведении анализа физико-химических показателей молока использовали стандартизированные методы по ГОСТ Р54669-2011 (п.9), ГОСТ 5867-2023 (п.3), ГОСТ Р 54758-2011 (п.8), ГОСТ Р 54668-2011 (п.4), ГОСТ 25179-2014 (п.6), ГОСТ Р 54761-2011 (п.5), ГОСТ 34304-2017 (п.7). Для обработки полученных результатов использовались методы вариационной статистики с применением критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. В условиях промышленной технологии производства молока организация кормления коров базируется на удовлетворении их потребностей в питательных и биологически активных веществах с учетом живой массы, уровня продуктивности, физиологического состояния. В период проведения научно-хозяйственного опыта нами был проведен анализ кормов используемых в составе рациона (таблица 1).

Таблица 1 - Химический анализ образцов корма, входящих в состав рациона

Образцы кормов	Химический состав в % на абсолютно сухое вещество					
	Общая влага	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ*	Сырая зола
Сено злаково-разнотравное	16,0	8,2	2,8	28,2	37,3	5,6
Силос кукурузный	70,5	1,5	0,9	4,6	6,6	0,8
Сенаж злаково-бобовый	48,0	5,4	1,5	15,0	22,6	1,9
Солома овсяная	16,3	4,0	1,7	21,3	37,4	5,3
Жмых рапсовый	8,5	30,2	6,0	16,1	28,5	6,3
Меласса из свеклы	20,0	9,9	-	-	63,4	7,6
Соя	9,7	28,2	1,0	5,4	42,7	4,4
Комбикорм	14,0	12,1	2,2	4,9	62,5	4,6

*Примечание: БЭВ - безазотистые экстрактивные вещества

Все корма, применяемые при кормлении коров в период проведения исследований, относились к кормам не ниже 2 класса качества.

При анализе рационов особое внимание уделялось питательности используемого рациона кормления. Разницей между рационами опытной и контрольной групп составляла лишь кормовая добавка «БетаКорм», введенная в рационы животных опытной группы.

Рацион кормления дойных коров был рассчитан с учетом живой массы животных, физиологического состояния и их продуктивности. Рацион кормления лактирующих коров используемый в опыте включал корма, имеющиеся в хозяйстве (таблица 2).

Таблица 2 - Среднесуточный рацион кормления лактирующих коров

Состав рациона	Ед. измерения	Группа	
		контрольная	опытная
Сено злаково-разнотравное	кг	1,0	1,0
Сенаж злаково-бобовый	кг	20,0	20,0
Силос кукурузный	кг	16,0	16,0
Солома овсяная	кг	2,0	2,0
Жмых рапсовый	кг	2,0	2,0
Соя	кг	2,2	2,2
Комбикорм	кг	9,3	9,3
Меласса из свеклы	кг	2,0	2,0
Мел кормовой	кг	0,66	0,66
Поваренная соль	кг	0,169	0,169
Кормовая добавка «БетаКорм»	кг	-	0,150

Рацион кормления дойных коров в хозяйстве разнообразен и соответствует нормам кормления животных данного уровня продуктивности. В рационе содержится 28,51 кг сухого вещества. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона составляла 301 МДж обменной энергии, переваримого протеина 3187,1 г.

При этом анализ рационов кормления показал, что уровень содержания основных питательных веществ в рационах кормления коров контрольной и опытной группы соответствовал рекомендуемым нормам кормления (ВИЖ, 2003).

Молочная продуктивность животных является основным критерием оценки полноценности и сбалансированности кормления дойных коров, характеристикой качественного и количественного состава рациона [13].

Сравнение показателей молочной продуктивности и качества молока в период исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнение показателей молочной продуктивности и качества молока в период исследований

Показатель	Группа		Разница с контролем
	I-контрольная	II-опытная	
Среднесуточный удой на 1 корову при постановке на опыт, кг	35,0 ± 1,34	34,8 ± 1,42	0,20
Среднесуточный удой на 1 корову на конец учетного периода, кг	32,1 ± 1,20	32,6±1,14	0,50
Валовый надой, кг	9810±87,5	9943±84,2	133,00
Массовая доля жира в молоке, %	3,84±0,03	3,98±0,03	0,14
Содержится в молоке, %: сухое вещество	12,26±0,5	13,44±0,6	1,18
СОМО	6,8±0,6	7,6±0,8	0,80
белок	3,2±0,1	3,2±0,1	0,00
лактоза	5,2±0,1	5,0±0,1	-0,20
Плотность, кг/м^3	1027,7±2,4	1027,8±2,5	0,10
Кислотность, ^{o}Т	16,01±0,86	16,19±0,62	0,18

Полученные данные демонстрируют однонаправленные изменения продуктивности и состава молока при введении добавки: в опытной группе зарегистрировано умеренное повышение удоя и валового надоя (на 1,5-1,6%), что в условиях идентичных рационов и технологий содержания указывает на вероятное улучшение использования питательных веществ корма. Наиболее выраженный ответ отмечен по показателям, характеризующим суммарную концентрацию сухих веществ и энергетическую ценность молока: рост жирности (на 0,14 п.п.) сопровождался увеличением сухого вещества (на 1,18 п.п.) и СОМО (на 0,8 п.п.).

При этом массовая доля белка не изменилась, что позволяет предположить преимущественное влияние добавки на процессы, связанные с энергообеспечением синтеза молочного жира и/или с изменением профиля ферментации в рубце, а не на ограничивающие факторы белкового синтеза. Небольшое снижение лактозы (на 0,2 п.п.) при росте сухих веществ может отражать перераспределение доли компонентов молока в пределах физиологических колебаний; учитывая, что лактоза является основным осмотическим регулятором секреции молока, её изменение при одновременном увеличении удоя указывает на отсутствие отрицательного влияния добавки на секреторную функцию вымени в рамках наблюдаемого периода.

Санитарно-технологические индикаторы - плотность и титруемая кислотность - в обеих группах соответствовали требованиям к сырому коровьему молоку: плотность превышала минимально нормируемое значение, кислотность находилась в диапазоне 16-18 °Т. Плотность (1027,7-1027,8 кг/м³) и кислотность (16,01-16,19 °Т) соответствовали нормативным требованиям к сырому молоку, что указывает на сохранение стандартных физико-химических характеристик при использовании добавки.

Следовательно, зафиксированное увеличение доли сухих веществ и жира не сопровождалось ухудшением базовых показателей качества, что важно для технологичности молока при переработке.

При всех отмеченных положительных сдвигах (на уровне тенденций) главным преимуществом применения в кормлении лактирующих коров на четвертом месяце лактации (после ее пика) является менее заметный темп снижения уровня продуктивности. Оптимальным считается снижение молочной продуктивности в каждом последующем месяце лактации не более чем на 9% при сбалансированном кормлении и хорошем содержании. Так, в контрольной группе уровень молочной продуктив-

ности снизился по сравнению с третьим месяцем (в начале учетного периода) на 8,29%. У коров опытной группы, получавших кормовую добавку среднесуточный удой был более стабильным и темп его снижения был меньше - всего на 6,32% относительно пикового значения данной группы. Замедление темпов снижения удоев даже на несколько процентных пунктов позволяет сохранить значительные объёмы молока за лактацию, снижая потери продуктивности и повышая рентабельность молочного производства.

Вывод. Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии кормовой добавки «БетаКорм» на динамику молочной продуктивности коров в постпиковый период лактации. Преимущество опытной группы над контрольной по темпам снижения продуктивности составило 1,97 п.п., что укладывается в рамки оптимального уровня (≤ 9 %) и указывает на эффективность применения кормовой добавки. Использование кормовой добавки может стать действенным инструментом для хозяйств, стремящихся стабилизировать удои после пика лактации и обеспечить более равномерное производство молока в течение всего лактационного периода.

Список источников

1. Использование бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 3. С. 3-8.

2. Лемеш Е.А., Гулаков А.Н. Повышение продуктивности и качества молока дойных коров за счет использования в составе рациона пробиотической кормовой добавки // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2025. № 1 (32). С. 107-111.

3. Перспективы использования кормовых добавок из хвои для предотвращения старения и увеличения продуктивного долголетия коров / В.П. Короткий, Е.Н. Усманова, Л.И. Кузякина и др. // Зоотехния. 2024. № 1. С. 18-20.

4. Гамко Л.Н., Кубышкин А.В., Менякина А.Г. Эффективность производства молока при контроле рационов по широкому комплексу показателей // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 3 (97). С. 26-30.

5. Применение кормовой добавки "Мегабуст румен" в рационах кормления высокопродуктивных коров / С.И. Шепелев, С.Е. Яковлева, Е.А. Лемеш, В.А. Стрельцов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 270-276.

6. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм / А.П. Иванищева, Е.А. Сизова, А.М. Камирова и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 85-111.

7. Молочная продуктивность коров и факторы ее обуславливающие / И.М. Дунин, К.К. Аджибеков, А.Г. Козанков и др. // Зоотехния. 2022. № 11. С. 2-4.

8. Ярован Н.И., Рыжкова Е.Н., Болкунов П.С. Использование биологически активных веществ природного происхождения для повышения продуктивности животных // Вестник аграрной науки. 2024. № 1 (106). С. 51-56.

9. Молочная продуктивность коров при повышенном уровне потребления питательных веществ и энергии / В.Е. Подольников, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 47-52.

10. Ильин Г.М., Рябцев П.С., Комарчев А.С. Эффективность применения кормовой добавки «Бетакорм» при кокцидиозе цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2023. № 3. С. 65-71.

11. Применение биоактивной добавки «БетаКорм» в кормлении цыплят-бройлеров / И.П. Салеева, А.С. Комарчев, Е.В. Журавчук и др. // Птицеводство. 2022. № 1. С. 19-22.

12. Кокоева А.Т., Ногаева В.В., Кокоева А.Т. Уровень влияния кормовой добавки Бетакорм на яичную продуктивность // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60-2. С. 46-52.

13. Соколова О.В. Только комплексный анализ молока может гарантировать качество и безопасность молочной продукции // Переработка молока. 2023. № 10 (288). С. 52-54.

Информация об авторах:

Е.А. Лемеш - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.Н. Гулаков - кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

Ye.A. Lemesh *- PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Animal Nutrition, Specialized Animal Science, and Livestock Product Processing, Bryansk State Agrarian University.*

A.N. Gulakov *- PhD in Biology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Animal Nutrition, Specialized Animal Science, and Livestock Product Processing, 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 14.03.2026, одобрена после рецензирования 10.04.2026, принята к публикации 06.05.2026.

The article was submitted 14.03.2026, approved after reviewing 10.04.2026, accepted for publication 06.05.2026.

© Лемеш Е.А., Гулаков А.Н.

Научная статья
УДК 636.52/.58.03

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА РОСС-308 С ЦЕЛЕВЫМИ СТАНДАРТАМИ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ангелина Евгеньевна Рябичева
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Проведена сравнительная оценка продуктивности цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» при индустриальном напольном выращивании с целевыми значениями. Установлено, что средняя живая масса птицы в большинстве возрастных периодов соответствовала требованиям отраслевого стандарта, за исключением 35- и 38-суточного возраста, где зафиксировано отставание от нормативных показателей на 1,3% и 1,4% соответственно. В ранние сроки выращивания (7-28 суток) наблюдалась тенденция к превышению стандартных значений живой массы: в возрасте 7 суток - на 1,1%; в 14 суток - на 3,2%; в 21сутки - на 2,5%; в 28 суток - на 0,7%. Анализ динамики среднесуточных приростов выявил следующую закономерность: на начальном этапе выращивания (до 21-суточного возраста) показатели незначительно превышали нормативные значения. В последующие возрастные периоды отмечалось снижение среднесуточных приростов относительно стандарта: 21 - 28 суток: на 2,3%; 28 - 35 суток: на 6,3%; 35 - 38 суток: на 8,4%. Затраты полнорационного комбикорма на 1 кг прироста живой массы составляют 1,73 кг, что на 0,05 кг выше стандарта. Сохранность птицы была достаточно высокой, одинаковой и составила 96 %, что согласуется со стандартом. При оценке качественных показателей мясной продуктивности установлено: убойный выход превысил стандарт на 1,1%; выход мяса первой категории оказался выше стандартного значения на 2,1%; выход мяса второй категории был ниже норматива на 2,1%; доля нестандартного мяса находилась в пределах установленных нормативных показателей.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кросс Росс-308, продуктивность, экономическая эффективность.

Для цитирования. Рябичева А.Е. Сравнительная оценка продуктивных показателей цыплят-бройлеров кросса Росс-308 с целевыми стандартами в условиях промышленного производства // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 51-55.

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF PRODUCTION PERFORMANCE OF THE CROSS ROSS-308 BROILER CHICKENS WITH TARGET STANDARDS IN INDUSTRIAL PRODUCTION CONDITIONS

A. Yevgen'evna Ryabicheva
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *A comparative evaluation of the productivity of cross Ross 308 broiler chickens under industrial floor rearing with target values was conducted. It was found that the average live weight of the birds in most age periods complied with the requirements of the industry standard, with the exception of 35 and 38 days of age, where a lag behind the standard indicators of 1.3% and 1.4%, respectively, was recorded. In the early stages of rearing (7-28 days), a tendency to exceed the standard values of live weight was observed: at the age of 7 days - by 1.1%; at 14 days - by 3.2%; at 21 days - by 2.5%; at 28 days - by 0.7%. The analysis of the dynamics of average daily gains revealed the following pattern: at the initial stage of growing (up to 21 days of age), the indicators slightly exceeded the standard values. In the following age periods, a decrease in average daily gains relative to the standard was noted: 21-28 days: by 2.3%; 28-35 days: by 6.3%; 35-38 days: by 8.4%. The costs of complete compound feed per 1 kg of live weight gain is 1.73 kg, which is 0.05 kg higher than the standard. The survivability of poultry was quite high, uniform and amounted to 96%, which is consistent with the standard. When assessing the quality indicators of meat productivity, it was established: slaughter yield exceeded the standard by 1.1%; the yield of first category meat was 2.1% higher than the standard value; the yield of second-category meat was 2.1% below the standard; the proportion of substandard meat was within the established standard indicators.*

Key words*: broiler chickens, Ross-308 cross, productivity, economic efficiency.*

For citation. *Ryabicheva A.Ye. Comparative evaluation of production performance of the cross Ross-308 broiler chickens with target standards in industrial production conditions// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 51-55.*

Введение. Доктриной продовольственной безопасности предусмотрено обеспечение России мясом собственного производства - ключевая задача и приоритет агропромышленного комплекса. Бройлерное птицеводство играет в этом основную роль, которое опираясь на достижение науки в области генетики и селекции, разведения, кормления и содержания птицы, а также передового опыта демонстрирует в последние годы наиболее динамичное развитие. Обусловлено это высокой скороспелостью и конверсией корма мясной птицы, диетическими качествами и низкой стоимостью мяса цыплят-бройлеров [2-4]. Принимая во внимание ограниченность зерновых и материальных ресурсов можно с уверенностью сказать, что именно птицеводство способно сегодня быстро устранить дефицит белка в питании населения и, прежде всего, малообеспеченных семей. По данным Росстата во всех категориях хозяйств производство мяса птицы в 2024 году составило 5,45 млн.т, что на 2,1 % больше, чем в 2023 г и в 7,1 раза выше уровня 2000 г. Промышленное получение мяса бройлеров требует значительных инвестиций на каждом этапе технологической цепочки. Эти затраты формируются в процессе содержания родительского стада для получения инкубационных яиц, инкубации самих яиц, выращивания молодняка до товарного веса, проведения убоя и последующей переработки птицы, а также на этапе хранения готовой продукции. Для повышения эффективности производства каждая птицефабрика должна уделять большое внимание правильному выбору наиболее перспективного кросса, который способен максимально реализовывать свой генетический потенциал в условиях конкретного хозяйства [5,11,12].

Цель исследования - дать сравнительную оценку продуктивных показателей цыплят-бройлеров кросса Росс-308 с целевыми стандартами в условиях промышленного производства.

Материал и методика исследований. Проведен анализ результатов промышленного выращивания цыплят-бройлеров финального гибрида кросса «Росс-308» в условиях производственного участка птицефабрики в Брянской области. В инкубатории, были проинкубированы гибридные яйца кросса «Росс-308», завезенные от родительского стада. Возраст кур родительского стада составлял 36-38 недель. Птица размещалась в типовом птичнике, оснащенном современным импортным оборудованием и предназначенном для выращивания цыплят-бройлеров при напольном содержании на глубокой подстилке. В качестве подстилочного материала применялись древесные опилки. Птичник рассчитан на размещение 36000 голов птицы при плотности посадки -18-20 голов на 1м^2 пола помещения. Размещение цыплят в птичнике проводилось без разделения по полу. Кормление птицы осуществлялось полнорационными комбикормами с учетом периодов выращивания: I период-с 1 по 15 день; II период-с 16 по 24 день; III период-с 25 по 42 день. В первый период использовали комбикорм рецепта ПК-5-1 (Старт), во второй-ПК-5-2 (Рост) и в третий-ПК-6-1 (Финиш-1) и ПК-6-2 (Финиш-2). К корму и чистой воде цыплята имели свободный доступ. Раздача кормов и водопоение молодняка были автоматизированы по заданной программе.

Показатели микроклимата (температурный, световой и влажностный режимы), фронт поения и кормления, питательность рациона на протяжении всего периода выращивания соответствовали рекомендациям ВНИТИП (2008, 2009), рекомендациям компании «Aviagen» (2011, 2015, 2022) , также как и проведенные в ходе эксперимента измерения и расчеты [7].

Для оценки интенсивности роста цыплят-бройлеров проводился анализ живой массы, а также абсолютного и среднесуточного приростов, пользуясь стандартными формулами. Исследования охватывали следующие возрастные этапы: суточный возраст, 7, 14, 21, 28, 35 и 38 суток. Живую массу птицы определяли путем еженедельного индивидуального взвешивания, рандомной выборкой в трех точках птичника - не менее 100 голов, которых отлавливали с помощью рамы для отлова. Сохранность - путем учета павших цыплят - бройлеров. Кормоконверсию (затраты корма на прирост 1 кг живой массы) рассчитали по стандартной формуле путем деления количества затраченных комбикормов на живую массу цыплят. Категорийность тушек устанавливали путём ветеринарно-санитарного осмотра тушек согласно требований ГОСТ 31962-2013[6]. Период выращивания бройлеров завершался предубойной 8-часовой голодной выдержкой. Убой птицы в 38-суток. Полученные данные обрабатывали посредством вариационной статистики [1,7].

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из важнейших показателей продуктивности птицы является живая масса, которая характеризует рост, развитие, убойные и мясные качества. Поэтому изучение динамики весового роста цыплят-бройлеров в зависимости от их возраста имеет научное и практическое значение. Весовые характеристики кросса «Росс-308» на разных этапах развития, приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Весовые характеристики кросса «Росс-308» на разных этапах развития

Возраст, суток	Стандарт, г	Фактически, г	% Соответствие норме
1	42	42,2 ± 0,4	100,5
7	185	187 ± 1,6	101,1
14	473	487,9 ± 4,5	103,2
21	916	938,6 ± 12,0	102,5
28	1479	1490,0 ± 23,8	100,7
35	2113	2085,2 ± 24,0	98,7

Средняя живая масса цыплят-бройлеров в изучаемые возрастные периоды в целом соответствовала или не превышала стандарт. Исключение составили 35 и 38 суток. Так, в возрасте 7, 14, 21 и 28 суток масса бройлеров превышала стандарт на 1,1%, 3,2%, 2,5% и 0,7% соответственно. Однако на 35-е и 38-е сутки масса оказалась ниже нормы на 27,8 г (1,3%) и 34,0 г (1,4%) соответственно. К концу периода выращивания средняя живая масса бройлеров достигла 2360 г.

Для более объективной характеристики особенностей прироста мышечной ткани у финального гибрида кросса «Росс-308», проведен анализ показателей абсолютного и среднесуточного приростов. Данные абсолютных приростов живой массы отражены в таблице 2.

Таблица 2 - Изменение веса птицы кросса «Росс-308»

Возраст, суток	Стандарт, г	Фактически, г	% Соответствие норме
1	42	42,2 ± 0,4	100,5
7	143	144,8 ± 1,44	101,3
14	431	445,7 ± 4,0	103,4
21	874	896,4 ± 11,3	102,6
28	1437	1447,8 ± 14,5	100,8
35	2071	2043,0 ± 10,0	98,6

Абсолютный прирост живой массы птицы кросса «Росс-308» в условиях данного предприятия соответствовал стандартным требованиям в период с суточного до 35-дневного возраста. В частности, прирост живой массы в возрасте 7, 14, 21 и 28 суток превосходил стандарт на 1,3%, 3,4%, 2,6% и 0,8% соответственно. Однако, среднесуточный прирост живой массы бройлеров в 35 и 38-суточном возрасте оказался ниже стандартных показателей на 1,4% и 1,5% соответственно что, вероятно, обусловлено усиленным жироотложением в этом возрасте, а как известно, на образование жировой ткани затрачивается больше корма, чем на синтез мышечной ткани.

Динамика среднесуточных приростов живой массы цыплят является ключевым индикатором их мясной продуктивности. Таблица 3 содержит соответствующие данные, демонстрирующие изменения этих приростов на разных этапах роста.

Таблица 3 - Показатели роста цыплят-бройлеров кросса «Росс-308»

Возраст, суток	Среднесуточный прирост, г		
	Стандарт, г	Фактически, г	% Соответствие норме
0-7	20,5	20,7±0,3	+ 0,98
7-14	41,1	43,0±0,5	+ 4,62
14-21	63,2	64,4±1,7	+ 1,90
21-28	80,6	78,8±1,5	- 2,23
28-35	90,7	85,0±1,2	- 6,28
35-38	100,0	91,6±1,6	- 8,40
За весь период	-	61,0±0,6	

В течение первых трех недель жизни цыплят среднесуточный прирост массы тела незначительно превышает нормативные значения. Однако, начиная с 21-го дня и в последующие периоды (21-28, 28-35 и 35-38 суток), наблюдается замедление темпов роста. Среднесуточные приросты бройлеров в указанные интервалы оказались ниже нормативных показателей на 2,3%, 6,3% и 8,4% соответственно.

Одним из важнейших показателей при выращивании птицы на мясо являются затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы, так как данный фактор оказывает существенное влияние на экономическую эффективность ведения отрасли птицеводства. Кормление в птицеводстве основано на фундаментальных научных и практических знаниях, которые предусматривают применение сбалансированных по необходимым элементам корма для птицы.

Затраты полнорационного комбикорма на 1 кг прироста живой массы у кросса «Росс-308» составили 1,73 кг, что на 50 грамм больше стандарта, что несомненно негативно отразилось в показателе - себестоимость продукции.

Так же, на результаты эффективности производства мяса птицы большое влияние оказывает её сохранность, характеризующая жизнеспособность птицы в определенных условиях технологии содержания. Сохранность птицы была достаточно высокой, одинаковой и составила 96 %, что согласуется со стандартом. Сравнительно высокая сохранность птицы кросса «Росс-308» обусловлена благодаря своевременной профилактике болезней, проводимых в бройлерном цехе, соблюдением всех технологических параметров содержания и кормления птицы.

О качестве мясной продукции судили по результатам ветеринарно-санитарного осмотра тушек, согласно требований ГОСТ 31962-2013 «Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части)».

Результаты убоя цыплят-бройлеров представлены в таблице 4. Согласно ГОСТа, тушки цыплят-бройлеров в зависимости от упитанности и качества обработки подразделяют на первую и вторую категории. Тушки и их составляющие части должны соответствовать следующим минимальным требованиям: хорошо обескровлены и чистые; без посторонних включений; без видимых кровяных сгустков; без остатков кишечника и клоаки, пищевода, трахеи, зрелых репродуктивных органов; без фекальных загрязнений; без посторонних запахов.

Таблица 4 - Выход потрошеных тушек и их категории по упитанности

Показатель	Фактически	Стандарт	Разница (±)
Убойный выход тушек, %	74,2	73,1	+ 1,1
в том числе:			
- I - ой категории	68,7	66,6	+ 2,1
-II - ой категории	29,3	31,4	- 2,1
- нестандартных	2,0	2,0	-
- субпродуктов	5,8	6,0	- 0,2

Фактический убойный выход превышал стандарт на 1,1 %. Установлено превышение стандартного выхода мяса первой категории на 2,1%, при одновременном снижении выхода мяса второй категории на ту же величину (2,1%). Показатели нестандартного мяса уложились в установленные нормы.

На показатель экономической эффективности бройлерного производства (таблица 5) влияют такие показатели, как живая масса птицы, сохранность стада, кормоконверсия, убойный выход и объем продаж, определяемый по массе и упитанности тушек.

Таблица 5 - Экономическая оценка результатов выращивания цыплят мясного направления кросса «Росс-308» в расчете на 50 голов

Показатель	Фактически	Стандарт	Разница (±)
Возраст при убое, дней	38	38	-
Предубойная живая масса птицы, кг	2,360	2,394	- 0,034
Среднесуточный прирост, г	61,0	62,7	- 1,7
Сохранность, %	96	96	-
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,73	1,68	+ 0, 05
Убойный выход, %	74,2	73,1	+1,1
Масса потрошёной тушки, кг	1,75	1,75	-
Себестоимость 1 кг мяса, руб.	92,6	92,4	+ 0,2
Общая себестоимость мяса, руб.	7778,4	7761,6	+ 16,8
Цена реализации 1 кг мяса, руб.	144	144	-
Выручка от реализации мяса, руб.	8533,92	8782,44	+251,5
Прибыль, руб.	775,52	1023,84	+248,32
Рентабельность, %	9,97	13,19	+3,22

Экономическая оценка выращивания бройлеров кросса «Росс-308» показала, что рентабельность производства составила 9,97%, что на 3,22% меньше стандартных значений. Данный факт - более низкой рентабельности, был обусловлен прежде всего, за счет больших затрат корма на синтез продукции и отставание в росте в период 21-38 дней выращивания, что в свою очередь требует более глубокого анализа причин (химический анализ комбикорма, вид подстилочного материала, световой режим и других технологических факторов).

Вывод. Сравнительный анализ фактических показателей продуктивных показателей и эффективности выращивания цыплят - бройлеров с целевыми значениями, выявило наличие резервов (после выявления и устранения причин отставания от стандартных показателей кросса «Росс-308») для максимальной возможности реализации генетического потенциала.

Список источников

1. Биометрия в MS Excel: учеб. пособие для вузов / Е.Я. Лебедько, А.М. Хохлов, Д.И. Барановский, О.М. Гетманец. СПб.: Лань, 2022. 172 с.
2. Бобылева Г.А. Российское птицеводство в 2023 году: итоги и перспективы развития // Птица и птицепродукты. 2024. № 2. С. 6-9.
3. Буяров В.С. Эффективность современных технологий производства мяса бройлеров // Биология в сельском хозяйстве. 2020. № 1 (26). С. 15-21.
4. Буяров В.С., Буяров А.В. Эффективность современный технологий в промышленном птицеводстве // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 4 (37). С. 24-33.
5. Буяров А.В. Промышленное птицеводство России: тренды, проблемы и перспективы инновационного развития // Вестник аграрной науки. 2024. № 5 (110). С. 92-103.
6. ГОСТ 31962-2013. Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия.
7. Малявко И.В., Гамко Л.Н., Малявко В.А. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве. СПб.: Лань, 2022. 180 с.
8. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / Ш.А. Имангулов, И.А. Егоров, Т.М. Околелова и др. С. Посад: ВНИТИП, 2009. С. 143.
9. Руководство по выращиванию бройлерного поголовья Ross. 2022. 12 с.
10. Справочник по выращиванию бройлеров Ross. 2015. 127 с.
11. Стрельцов В.А., Рябичева А.Е. Качество финального гибрида бройлеров кросса «КОББ-500» // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. Жодино, 2019. Т. 54, ч. 2. С. 241.
12. Фисинин В.И. Динамика и перспективы развития мирового и отечественного птицеводства. Результаты работы яичного и мясного птицеводства России в 2024 году // Птицеводство. 2025. № 3. С. 4-10.

Информация об авторе

А.Е. Рябичева - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the author

A.Ye. Ryabicheva - *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Animal Nutrition, Private Animal Science and Processing of Livestock Products, Bryansk State Agricultural University.*

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.
The author is responsible for her work, the data presented and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 12.04.2026, одобрена после рецензирования 25.04.2026, принята к публикации 16.05.2026.

The article was submitted 12.04.2026, approved after reviewing 25.04.2026, accepted for publication 16.05.2026.

© Рябичева А.Е.

Научная статья
УДК 636.52/.58.085 (470.44/.47)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

[1]Суханов Роман Александрович, [1]Сергей Иванович Николаев, [2]Анна Георгиевна Менякина, [1]Вера Владимировна Водянникова, [1]Светлана Викторовна Чехранова
[1] ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоградская область, Волгоград, Россия
[2]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Экономически эффективные и сбалансированные рационы, основанные на принципе «идеального белка», признаны лучшим способом удовлетворения потребностей цыплят-бройлеров. Учитывая стремление к инновациям в кормлении и повышению конкурентоспособности кормов, наблюдается активный поиск новых белковых ингредиентов. Белок является важным питательным веществом для сельскохозяйственной птицы, а традиционные источники белка, имеют ряд недостатков, включая высокую стоимость и проблемы с долгосрочной доступностью, так как во многом зависит от погодных условий Юго-Востока России (при различных фазах развития кормовых растений температура окружающей среды превышает 40 ^{0}С). Потребность бройлеров в метаболизируемой энергии является критическим параметром при разработке эффективных рецептур кормов для поддержания роста и благополучия. На эти требования влияют различные факторы, включая генетику, тип корма, условия окружающей среды и физическую активность. Снижение содержания метаболизируемой энергии в кормах для бройлеров в условиях высоких температур становится важнейшей стратегией для смягчения негативных последствий теплового стресса. Тепловой стресс вызывает значительное тепловое давление на цыплят-бройлеров, что требует корректировки рецептур кормов для нейтрализации его воздействия. Включение белкового концентрата в рацион цыплят-бройлеров 3 опытной группы привело к улучшениям в метаболизме и экономической эффективности. Цыплята-бройлеры продемонстрировали значительно более высокую усвояемость азота - на 3,64 % эффективнее, чем цыплята в контрольной группе, наблюдалось улучшенное усвоение ключевых минералов: отложение кальция увеличилось на 0,07 г, а фосфора - до 0,75 г (на 0,06 г больше, чем у цыплят-бройлеров в контрольной группе). С экономической точки зрения, 3 группа показала большую прибыль - 6248,51 рубля и уровень рентабельности 19,0%, что подтверждает высокую целесообразность применения белкового концентрата взамен соевого шрота.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, белковый концентрат, комбикорм, соевый шрот.

Для цитирования. Использование белкового концентрата в комбикормах для выращивания цыплят-бройлеров в условиях Нижнего Поволжья при высоких температурах / Р.А. Суханов, С.И. Николаев, А.Г. Менякина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 56-63.

Original article

USE OF PROTEIN CONCENTRATE IN COMPOUND FEED FOR GROWING BROILER CHICKENS IN CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION AT HIGH TEMPERATURES

[1]Roman A. Sukhanov, [1]Sergey I. Nikolaev, [2]Anna G. Menyakina, [1]Vera V. Vodyannikova, [1]Svetlana V. Chekhranova
[1]Volgograd State Agricultural University, Volgograd Region, Volgograd, Russia
[2]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *Cost-effective and balanced diets based on the «ideal protein» principle are recognized as the best way to meet the nutritional needs of broiler chickens. Given the drive for innovation in nutrition and increased feed competitiveness, there is an active search for new protein ingredients. Protein is an essential nutrient for poultry, and traditional protein sources have several drawbacks, including high cost and problems with long-term availability, as they are highly dependent on weather conditions in southeastern Russia (ambient temperatures exceed 40°C during various stages of forage plant development). Broiler metabolizable energy requirements are a critical parameter in the development of effective feed formulations to support growth and well-being. These requirements are influenced by various factors, including genetics, feed type, environmental conditions, and physical activity. Reducing the metabolizable energy content of broiler feeds under high-temperature conditions is becoming a critical strategy for mitigating the negative effects of heat stress. Heat stress causes significant thermal stress in broiler chickens, requiring adjustments to feed formulations to counteract its effects. Including protein concentrate in the diet of broiler chickens in the third ex-*

perimental group resulted in improvements in metabolism and economic efficiency. Broiler chickens demonstrated significantly higher nitrogen digestibility - 3.64% more efficient than chickens in the control group. Improved absorption of key minerals was observed: calcium deposition increased by 0.07 g, and phosphorus deposition increased to 0.75 g (0.06 g more than in broiler chickens in the control group). From an economic point of view, the third group demonstrated a higher profit - 6248.51 rubles and a profitability rate of 19.0%, confirming the high feasibility of using protein concentrate instead of soybean oil meal.

Keywords: *broiler chickens, protein concentrate, compound feed, soybean oil meal.*

For citation. *Use of protein concentrate in compound feed for growing broiler chickens in conditions of the Lower Volga region at high temperatures / R.A. Sukhanov, S.I. Nikolaev, A.G. Menyakina, et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 56-63.*

Введение. Птицеводство играет решающую роль в удовлетворении глобальных потребностей в продуктах питания. Цыплята-бройлеры являются одним из основных продуктов питания, обеспечивая важный источник белка для населения планеты [1-4]. Рост населения и изменения в потребительских предпочтениях в пользу продуктов из мяса птицы из-за их эффективности и доступности по цене обусловили этот растущий спрос. Несмотря на потенциал роста, отрасль сталкивается с проблемами, требующими инновационных решений. Одной из серьезных проблем является - высокие температуры окружающей среды [5], особенно в регионах, где экстремальные температуры могут вызывать тепловой стресс у сельскохозяйственной птицы, что отрицательно сказывается на их благополучии и продуктивности. Разработка рецептуры корма из соответствующих органических отходов с низким содержанием калорий и крахмала может снизить тепловую нагрузку и оптимизировать производство [6-9]. Использование кормовых ингредиентов местного производства помогает производителям мяса цыплят-бройлеров снизить затраты на корма, повысить прибыльность и, в конечном итоге, добиться более высокого уровня благосостояния.

Сегодня в бройлерном птицеводстве широко распространено использование побочных продуктов агропромышленного производства в качестве альтернативных кормовых ингредиентов или добавок. Побочные продукты агропромышленного производства имеют низкую экономическую ценность и могут загрязнять окружающую среду. Использование таких продуктов в качестве кормовых ингредиентов для бройлеров вносит важный вклад в защиту окружающей среды, а также снижает выбросы парниковых газов, которые могут усугубить глобальное изменение климата. Кроме того, использование побочных продуктов агропромышленного производства в качестве кормовых ингредиентов может снизить зависимость бройлеров от традиционных кормовых ингредиентов, доступность и цены на которые в последнее время сильно колебались [10, 11]. В целом побочные продукты агропромышленного производства содержат питательные вещества, которые могут служить для сельскохозяйственной птицы источником энергии и белка. В качестве альтернативных источников энергии в кормах для бройлеров можно использовать, например, жмыхи, отходы переработки и т. д. Другие побочные продукты агропромышленного производства, такие как отходы инкубации, кровяная мука, перьевая мука и т. д., широко используются фермерами в качестве альтернативных источников белка для бройлеров [12].

Цель исследования - изучить влияние белкового концентрата в комбикормах для цыплят-бройлеров в условиях Нижнего Поволжья при высоких температурах.

Задачи исследования: 1. Изучить изменение живой массы цыплят-бройлеров кросса Росс-308 при замене соевого шрота на белковый концентрат в комбикормах для цыплят-бройлеров при влиянии высоких температур.

2. Изучить переваримость и использование питательных веществ рационов подопытными цыплятами бройлерами кросса Росс-308 при использовании комбикормов с белковым концентратом в условиях высоких температур.

3. Провести экономический анализ эффективности замены соевого шрота белковым концентратом в комбикормах для цыплят-бройлеров при влиянии высоких температур.

Методы исследований. Опыт проходил в условиях центра нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ под управлением кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных».

Согласно схеме опыта, исследования проводились на 4 подопытных группах цыплят-бройлеров (одна контрольная группа и три опытных группы, соответственно 1, 2 и 3 группы). Подопытные группы были сформированы из суточных кондиционных цыплят-бройлеров кросса Росс-308. Продолжительность исследований составила 35 дней. Количество цыплят-бройлеров в каждой группе было по 120 голов. Необходимо отметить, что для нивелирования небольших, малейших отклонений, цыплята были разделены на 3 повторности по 40 голов (таблица 1). Методика исследования разрабо-

тана согласно методике проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы ФНЦ «ВНИТИП» [13] и рекомендациям по выращиванию кросса Росс-308 [14, 15].

Таблица 1 - Схема опыта по изучению эффективности использования белкового концентрата в кормлении цыплят-бройлеров в условиях высоких температур

Подопытные группы	Продолжительность исследований, дней	Количество голов в группе/повторности	Особенности в кормлении подопытных цыплят-бройлеров
Контрольная	35	120/40	Общехозяйственный рацион (ОР)
1 опытная	35	120/40	Рацион № 1
2 опытная	35	120/40	Рацион № 2
3 опытная	35	120/40	Рацион № 3

Основу рациона для всех подопытных групп составлял общехозяйственный комбикорм, сбалансированный по всем питательным веществам в соответствии с рекомендациями по кормлению сельскохозяйственной птицы ФНЦ «ВНИТИП» [16], где протеин обеспечивался злаковыми культурами и соевым шротом. Различия заключались в следующем: контрольная группа цыплят-бройлеров получала общехозяйственный комбикорм без изменений (ОР); в комбикорм для цыплят-бройлеров 1 опытной группы вводили те же компоненты, что и в общехозяйственный комбикорм, однако 50% соевого шрота было заменено на эквивалентное количество белкового концентрата (Рацион № 1); для цыплят-бройлеров 2 опытной группы в общехозяйственном рационе доля соевого шрота была снижена на 75%, а недостающий белок восполнялся эквивалентным количеством белкового концентрата (Рацион № 2); для цыплят-бройлеров 3 опытной группы соевый шрот была полностью исключен из комбикорма (100% замена) и заменен эквивалентным количеством белкового концентрата, при этом остальные компоненты рациона оставались прежними (Рацион № 3).

Результаты собственных исследований. Для смягчения негативных последствий теплового стресса применяются многочисленные управленческие стратегии, которые дают положительный результат. Кормовые добавки, призванные облегчить состояние при тепловом стрессе, в основном направлены на изменение энергетической ценности рациона и содержания в нем белков или аминокислот [17].

Таким образом, одна из первостепенных задач отрасли птицеводства - комплексное, безотходное и эффективное использование всех ресурсов производства, в том числе и вторичного сырья. Традиционным направлением рационального использования сырья и внедрения безотходных технологий является переработка бросовых отходов, невостребованных на пищевые цели, для получения белковых кормов. Основной задачей переработки такого сырья является трансформация белков в усвояемую животным организмом форму, что может быть достигнуто физико-химическими и биотехнологическими методами [18-20].

В ходе проведения научно-хозяйственного опыта с суточного до 35-суточного возраста на цыплятах-бройлерах кросса Росс-308 проводились еженедельные индивидуальные взвешивания всего поголовья подопытных цыплят-бройлеров. Данные о динамике живой массы цыплят-бройлеров подопытных групп приведена на рисунке 1.

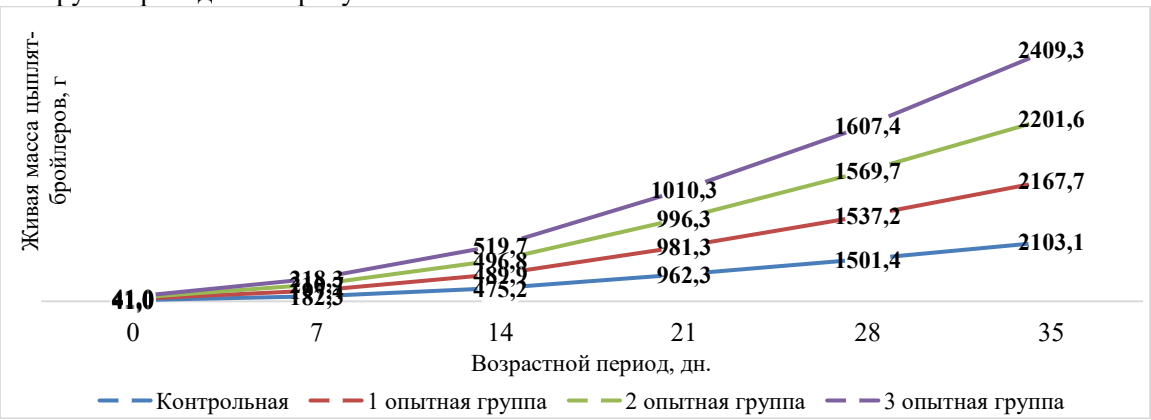


Рисунок 1. Динамика живой массы подопытных цыплят бройлеров

При посадке подопытных цыплят-бройлеров их вес в среднем составлял 41,0 г. По прошествии первой недели научно-хозяйственного опыта, цыплята-бройлеры из опытных групп продемонстрировали заметный прирост средней живой массы по сравнению с цыплятами контрольной группы. Цып-

лята 3 опытной группы достигли средней живой массы 218,3 г, что на 36,0 г превышает показатель цыплят-бройлеров контрольной группы. Цыплята 1 опытной группы показали результат в 197,4 г, опережая сверстников из контрольной группы на 15,1 г, цыплята 2 опытной группы - 210,7 г, что на 28,4 г больше, чем у цыплят контрольной группы. Через две недели, к 14-му дню опыта, динамика роста сохранилась. Средняя живая масса цыплят 3 опытной группы составила 519,7 г (+44,5 г к контрольной группе цыплят-бройлеров), цыплят 2-й опытной группы - 496,8 г (+21,6 г к контрольной группе цыплят-бройлеров), 1-й опытной группы - 489,9 г (+14,7 г к контрольной группе цыплят-бройлеров). Средняя живая масса цыплят контрольной группы на 14-й день составила 475,2 г.

К 21 дню цыплята-бройлеры опытных групп, где была произведена замена соевого шрота на белковый концентрат в различных пропорциях в комбикормах для цыплят-бройлеров: в 1 опытной группе (Рацион № 1), где было использовано 50 % белкового концентрата, у цыплят 2 опытной группы (Рацион № 2) - 75 %, и у цыплят 3 опытной группы (Рацион № 3) - 100 %, продемонстрировали явные преимущества. Так, цыплята 1 опытной группы показали разницу в 19,0 г (981,3 г), цыплята 2 опытной группы - в 34,0 г (996,3 г), а цыплята 3 опытной группы - в 48,0 г (1010,3 г) относительно цыплят-бройлеров контрольной группы. К 28 дню проведения опыта эти различия стали еще более выраженными: 1 опытная группа цыплят-бройлеров превосходила контрольную группу на 35,8 г (1537,2 г), 2 опытная групп на 68,3 г (1569,7 г), 3 опытная группа - на 106,0 г (1607,4 г), в то время как средняя масса цыплят-бройлеров контрольной группы составила 1501,4 г. К завершению периода выращивания цыплята-бройлеры 3 опытной группы показали наилучшие результаты, достигнув средней живой массы в 35 дней - 2409,3 г, что на 306,2 г больше, чем у цыплят контрольной группы (2103,1 г). Цыплята 1 опытной группы показали разницу в 64,6 г (2167,7 г), а цыплята-бройлеры 2 опытной группы - в 98,5 г (2201,6 г). Это свидетельствует о том, что включение белкового концентрата в рацион, замещающего частично (Рацион № 1 и Рацион № 2) или полностью соевый шрот (Рацион № 3), эффективно стимулирует рост цыплят-бройлеров в условиях высоких температур.

Для анализа эффективности замены соевого шрота на белковый концентрат в комбикормах для цыплят-бройлеров нами был проведен физиологический опыт по переваримости питательных веществ рационов подопытными цыплятами-бройлерами (таблицы 2).

Таблица 2 - Переваримость питательных веществ рационов подопытными цыплятами бройлерами, % (Ẋ+mẋ) (n=6)

Показатель	Подопытные группы			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
сухого вещества	74,15±0,25	75,85±0,21***	76,18±0,26***	76,67±0,31***
органического вещества	77,57± 0,21	78,82±0,23***	79,42±0,17***	79,92± 0,27***
сырого протеина	84,65± 0,29	85,71±0,31	86,17±0,33**	87,79± 0,39***
сырой клетчатки	17,20± 0,20	18,01±0,26	18,54±0,37**	19,02± 0,41**
сырого жира	80,58± 0,36	81,08±0,27	81,54±0,34	82,43± 0,47**
БЭВ	87,74± 0,52	88,47±0,41	89,01±0,51	89,85± 0,49**

*Примечание: здесь и далее *P ≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.*

Анализ результатов выявил значительное улучшение переваримости питательных веществ у цыплят-бройлеров в опытных группах по сравнению с контрольной группой. Наибольшая переваримость сухого вещества (76,67 %) и органического вещества (79,92 %) была зафиксирована у цыплят-бройлеров в 3 опытной группе, превышая показатели у цыплят-бройлеров из контрольной группы на 2,52 % и 2,35 % соответственно. В 1 и 2 опытных группах цыплят-бройлеров наблюдались промежуточные значения переваримости сухого вещества (75,85 % и 76,18 %) и органического вещества (78,82 % и 79,42 %). В отношении переваримости сырого протеина, цыплята контрольной группы показали наименьший результат (84,65 %), в то время как цыплята 3 опытной группы достигли наибольшего - 87,79 %, что на 3,14 % выше чем цыплята контрольной группы. Переваримость сырого протеина цыплятами-бройлерами в 1 и 2 опытных группах составила 85,71% и 86,17 %, демонстрируя улучшение по сравнению с цыплятами-бройлерами контрольной группы на 1,06 % и 1,52% соответственно.

Цыплята-бройлеры 3 опытной группы продемонстрировали переваримость сырой клетчатки на уровне 19,02 %. Этот показатель оказался на 1,82 % выше по сравнению с контрольной группой, где переваримость сырой клетчатки цыплятами-бройлерами была 17,2 %. В 1 и 2 опытных группах переваримость сырой клетчатки составила 18,01 % и 18,54 %, что на 0,81 % и 1,34 % превосходило показатель у цыплят-бройлеров из контрольной группы. Переваримость сырого жира у цыплят 3 опытной группы достигла 82,43 %, что на 1,85 % выше, чем у цыплят из контрольной группы (80,58 %). Цыплята-бройлеры 1 опытной группы переваривали сырой жир на 81,08 %, демонстрируя улучшение на

0,50 % по сравнению с цыплятами контрольной группы, цыплята-бройлеры из 2 опытной группы - на 81,54 %, что на 0,96 % лучше, чем у цыплят контрольной группы.

Переваримость безазотистых экстраактивных веществ (БЭВ) у цыплят контрольной группы составила 87,74 %, что уступает показателю у цыплят-бройлеров 3 опытной группы (89,85 %). Цыплята 1 опытной группы переваривали БЭВ на 88,47 %, что на 073 % лучше по сравнению с цыплятами-бройлерами из контрольной группы. Во 2 опытной группе цыплят-бройлеров переваримость БЭВ составила 89,01 %, что на 1,27 % превосходит показатель цыплят из контрольной группы.

Следовательно, можно сделать вывод, что замена соевого шрота на белковый концентрат в различных пропорциях в комбикормах для цыплят-бройлеров: в 1 опытной группе (Рацион № 1), где было использовано 50 % белкового концентрата, у цыплят 2 опытной группы (Рацион № 2) - 75 %, и у цыплят 3 опытной группы (Рацион № 3) - 100 %, оказала благоприятное воздействие на усвояемость питательных веществ цыплятами-бройлерами во всех опытных группах по сравнению с контрольной.

Нами было изучено влияние различных норм ввода белкового концентрата в комбикорма для цыплят-бройлеров на использование азота, кальция, фосфора (таблице 3).

Таблица 3 - Использование азота, кальция, фосфора цыплятами-бройлерами, % ($\dot{X}$+m$\dot{x}$) (n=6)

Подопытные группы цыплят-бройлеров	Потреблено с кормом , г	Выделено с пометом, г	Отложено в теле, г	Использовано от принятого, %
Азот				
Контрольная	6,01±0,17	2,92±0,07	3,09±0,08	51,32± 0,83
1 опытная	6,04±0,11	2,90±0,07	3,14±0,09	52,01± 0,76
2 опытная	6,06±0,12	2,83±0,06	3,23±0,1	53,37± 0,81
3 опытная	6,07±0,09	2,73±0,08	3,34±0,07	54,96± 0,93**
Кальций				
Контрольная	1,74±0,09	0,74±0,02	1,00±0,04	57,63± 0,29
1 опытная	1,76±0,08	0,73±0,03	1,03±0,04	58,77± 0,31
2 опытная	1,77±0,05	0,73±0,04	1,04±0,03	58,97± 0,37**
3 опытная	1,78±0,07	0,71±0,04	1,07±0,05	59,97± 0,62**
Фосфор				
Контрольная	1,31±0,07	0,62±0,04	0,69±0,07	52,9± 0,84
1 опытная	1,33±0,05	0,61±0,04	0,72±0,09	54,02± 0,78
2 опытная	1,34±0,04	0,61±0,05	0,73±0,08	54,83± 0,63
3 опытная	1,35±0,04	0,60±0,04	0,75±0,06	55,71± 0,49**

Проведенный физиологический опыт по использованию азота, кальция, фосфора цыплятами-бройлерами подопытных групп выявил следующие различия. Цыплята 1, 2 и 3 опытных групп продемонстрировали лучшую эффективность использования азота по сравнению с цыплятами-бройлерами из контрольной группы на 0,69% (до 52,01 %), 2,05 % (до 53,37 %), 3,64 % (до 54,96 %) соответственно. Более того, в теле цыплят-бройлеров опытных групп было отложено больше азота: 3,14 г в 1 опытной (+0,05 г к контрольной), 3,23 г во 2 опытной (+0,17 г) и 3,34 г в 3 опытной группе (+0,25 г), по сравнению с 3,09 г в контрольной группе цыплят-бройлеров. Эффективность усвоения азота тесно коррелирует с усвоением кальция и фосфора, причем динамика показателей по последним двум элементам совпадает. В опытных группах цыплят-бройлеров наблюдалось наибольшее усвоение кальция по сравнению с цыплятами контрольной группы. Наилучшие результаты по усвоению кальция показали цыплята-бройлеры из 3 опытной группы (59,97 %), превзойдя цыплят из контрольной группы на 2,34 %. Первая и вторая опытные группы цыплят-бройлеров также продемонстрировали положительную динамику, улучшив показатели на 1,34 % и 1,14 % соответственно.

По отложению кальция в теле, все группы цыплят-бройлеров показали высокие результаты, наилучший показатель выявлен у цыплят-бройлеров 3 опытной группы (1,08 г), что на 0,03 г выше, чем у цыплят контрольной. Первая и вторая опытные группы также показали улучшение на 0,01 г и 0,02 г соответственно.

Аналогичная картина наблюдается и по фосфору - 3 опытная группа цыплят-бройлеров лидировала по использованию от принятого фосфора (55,71 %), превысив цыплят контрольной группы на 2,74 %; цыплята-бройлеры 1 и 2 опытных групп также показали более высокие результаты по использованию от принятого фосфора по сравнению с цыплятами контрольной группы (на 1,05% и 1,86% соответственно). По отложению фосфора в теле, цыплята-бройлеры 3 опытной группы вновь показа-

ли наилучший результат (0,75 г), опередив цыплят контрольной группы на 0,06 г; цыплята-бройлеры 1 и 2 опытных групп также продемонстрировали улучшение на 0,03 г и 0,04 г соответственно.

Экономическая оценка является заключительным этапом при анализе эффективности использования кормовых добавок в рационе цыплят-бройлеров. В рамках нашего исследования мы провели экономический анализ эффективности замены соевого шрота белковым концентратом в комбикормах для цыплят-бройлеров в условиях высоких температур (таблица 4).

Важно отметить, что потребление комбикорма цыплятами-бройлерами кросса Росс-308 во всех подопытных группах было одинаковым и составило в среднем 3550,0 г на одного цыпленка-бройлера за весь период научно-хозяйственного опыта. Поскольку цены на соевый шрот и белковый концентрат не различались, стоимость комбикорма для подопытных цыплят-бройлеров также была одинаковой - 41,40 рублей за 1 кг. Производственные затраты во всех подопытных группах оставались на одном уровне - 33553,13 рубля. Цена реализации 1 кг живой массы цыпленка-бройлера была фиксированной для всех подопытных групп цыплят-бройлеров и составила 140,0 рублей.

Таблица 4 - Экономическая оценка эффективности использования белкового концентрата в кормлении цыплят-бройлеров

Изучаемый показатель	Подопытная группа цыплят-бройлеров			
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Количество цыплят-бройлеров в начале опыта, гол	120	120	120	120
Количество цыплят-бройлеров в конце опыта, гол	117	118	118	118
Процент сохранности цыплят-бройлеров в опыте, %	97,51	98,34	98,34	98,34
Средняя живая масса цыплят-бройлеров в конце опыта, г	2103,4 ±5,92	2167,7 ±5,83	2201,6 ±5,71	2409,3 ±6,35
Средний вес тушки потрошёной, г	1500,1 ±1,09	1574,8 ±0,89	1604,61 ±0,83	1767,81 ±0,71
Всего получено мяса, валовый выход, кг	175,51	185,83	189,34	208,6
Израсходовано всего комбикормов на начальное поголовье за опыт, кг	426,00	426,00	426,00	426,00
Затраты на производство кормов	17636,40	17636,40	17636,40	17636,40
Доход от реализации цыплят-бройлеров в живом весе, руб	34453,69	35810,40	36370,43	39801,64
Общая прибыль по группе цыплят-бройлеров за опыт, руб	900,56	2257,40	2816,87	6248,51
Уровень рентабельности по группе цыплят-бройлеров, %	3,00	7,00	8,00	19,00

Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что общая выручка от реализации цыплят-бройлеров в живом весе в 3 опытной группе достигла 39801,64 рубля, что на 5347,95 рубля превышает реализацию цыплят-бройлеров контрольной группы (34453,69 рубля). В 1 опытной группе доход от реализации цыплят-бройлеров в живом весе составил 35810,4 рублей, что на 1356,71 рубля больше, чем группе доход от реализации цыплят-бройлеров в живом весе в контрольной группе. Во 2 опытной группе доход достиг 36370,43 рубля, превысив доход от реализации цыплят в живом весе в контрольной группе на 1916,74 рубля.

Анализ рентабельности показал следующие результаты: в контрольной группе этот показатель зафиксирован на уровне 3,0 %. В 3 опытной группе наблюдался существенный рост рентабельности до 19,0 %, что на 16,0 % превышает контрольный показатель. В опытных группах 1 и 2 рентабельность составила 7,0 % и 8,0 % соответственно, что на 4,0 % и 5,0 % выше, чем в контрольной группе.

Вывод. Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что к завершению периода выращивания цыплята-бройлеры 3 опытной группы, получавшие комбикорм с полной заменой соевого шрота белковым концентратом (Рацион № 3), превзошли контрольную группу по ключевым показателям. Их средняя живая масса к 35 дням составила 2409,3 г, что на 306,2 г выше, чем у цыплят контрольной группы (2103,1 г). Анализ переваримости питательных веществ цыплятами-бройлерами 3 опытной группы показал, что усвояемость органического вещества возросла по сравнению с кон-

трольной группой на 2,35%, сырой клетчатки, БЭВ, сырого жира - на 1,82%, 2,11%, 1,85% соответственно. Кроме того, эффективность Рациона № 3 была подтверждена улучшенным использованием азота: цыплята 3 опытной группы усваивали на 3,64% больше азота (54,96%) при аналогичном потреблении, чем контрольная группа (51,32%). Положительная динамика также наблюдалась в усвоении кальция и фосфора: наилучшие результаты по усвоению кальция показали цыплята-бройлеры из 3 опытной группы (59,97 %), превзойдя цыплят из контрольной группы на 2,34 %, по использованию от принятого фосфора (55,71 %), превысив цыплят контрольной группы на 2,74 %. Экономическая оценка показала существенное улучшение рентабельности в 3 опытной группе, достигнув 19,0 %, что на 16,0 % выше рентабельности в контрольной группе (3,0 %).

Таким образом, применение белкового концентрата в рационе цыплят-бройлеров является экономически выгодным и способствует улучшению производственных показателей.

Список источников

1. Review: Physiological Growth Trend of Current Meat Broilers and Dietary Protein and Energy Management Approaches for Sustainable Broiler Production / P. Maharjan, D.A. Martinez, J. Weil et al. // Animal. 2021. Vol. 15 (100284). P. 1-10.

2. Rondoni A., Asioli D., Millan E. Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications // Trends in Food Science and Technology. 2020. Vol. 106. P. 391-401.

3. Rust J.M. The impact of climate change on extensive and intensive livestock production systems // Animal Frontiers. 2019. Vol. 9 (1). P. 20-25.

4. Zuray R. Pandemic and food security: A view from the Global South // Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development. 2020. Vol. 9 (3). P. 17-21

5. Makkar H.P.S. Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change // Animal. 2018. Vol. 12 (8). P. 1744-1754.

6. The Effect of Types and Sizes Variations of Market Organic Waste in Composting Using Black Soldier Fly Larvae (Bsfl) / R. Aziz, Y. Ruslinda, H.A. Pratiwi, M. Fauzi // Revista de Gestao Social e Ambiental. 2023. Vol. 17 (2). P. 1-19.

7. Elena Z., Alena C.A Business Management Model in the Circular Economy: Technological Solutions for Plastic Recycling // Revista de Gestao Social e Ambiental. 2024. Vol. 18 (10). P. 1-17.

8. Pasqualotto C., de Menezes D.C., Souto J.M.M. Consumers of Organic Products in the Circular Economy // Revista de Gestao Social e Ambiental. 2022. Vol. 16 (1). P. 1-19.

9. Food Waste Product for Overcoming Heat Stress in Broilers / R. Tonda, F.M.A. Manar, R.H. Setyobudi et al. // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 374 (00031). P. 1-14.

10. The potential of tropical agro-industrial by-products as a functional feed for poultry / S. Sugiharto, T. Yudiarti, I. Isroli, E. Widiastuti // Iran J Appl Anim Sci. 2018. Vol. 8 (3). P. 375-85.

11. Carcass indices and meat quality of broiler chickens fed diets containing fortified fermented cassava stump [Electronic resource] / R.A. Animashahun, Aro S. Olanrewaju, G.E. Onibi et al. // Chil J Agric Anim Sci. 2022. – Access mode: https://doi.org/10.29393/chjaas38-12cirm70012.

12. Performance and meat quality of broiler chickens fed with the addition of dried fruit pomace [Electronic resource] / E. Sosnówka-Czajka, I. Skomorucha, K. Obremski, P. Wojtacha // Poult Sci. 2023. – Access mode: https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102631.

13. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / Ш.А. Имангулов, И.А. Егоров, Т.М. Околелова и др. С. Посад: Всерос. науч.-исслед. и технологический ин-т птицеводства, 2000. 34 с.

14. Aviagen. Выращивание бройлеров кросса ROSS-308. 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://en.ppt-online.org/1689921.

15. Aviagen. Бройлеры Ross 308: Нормативные показатели». 2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: [https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/RossxRoss308_BroilerPerformanceObjectives2022_RU.pdf}].

16. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / Ш.А. Имангулов, И.А. Егоров, Т.М. Околелова и др.; под общ. ред. академика РАСХН В.И. Фисинина, д-ра биол. наук Ш.А. Имангулова, член-корр. РАСХН И.А. Егорова, д-ра биол. наук Т.М. Околеловой. 2-е изд., перераб. и доп. С. Посад: Всерос. науч.-исслед. и технологический ин-т птицеводства, 2003. 144 с.

17. Ojano-Dirain C., Waldroup P.W. Protein and Amino Acid Needs of Broilers in Warm Weather: A Review // International Journal of Poultry Science. 2023. № 1 (4). 40-46. - Access mode: https://doi.org/10.3923/ijps.2002.40.46.

18.Вторичная переработка отходов птицеводства - источник белковых кормов для цыплят-бройлеров / И.П. Салеева, В.И. Фисинин, В.С. Лукашенко, В.Г. Волик // Вестник Курганской ГСХА. 2025. № 2 (54). С. 36-44.

19.Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в комбикормах легкоусвояемых кормовых компонентов / В.И. Фисинин и др. // Птица и птицепродукты. 2018. № 4. С. 28-30

20.Повышение мясной продуктивности цыплят-бройлеров при использовании нетрадиционных кормовых источников / О.В. Самофалова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 349-355.

Информация об авторах:

Р.А. Суханов - аспирант ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, zoovet12@yandex.ru.

С.И. Николаев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, nikolaevvolgau@yandex.ru.

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

В.В. Водянникова - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, vodyannikovavolgau@bk.ru.

С.В. Чехранова - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, schekhranova@mail.ru.

Information about the authors:

R.A. Sukhanov *- Postgraduate student, Volgograd State Agrarian University, zoovet12@yandex.ru.*

S.I. Nikolaev *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Nutrition and Breeding, Volgograd State Agrarian University, nikolaevvolgau@yandex.ru.*

A.G. Menyakina *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Animal Nutrition, Private Animal Science, and Livestock Product Processing, Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru.*

V.V. Vodyannikova *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Animal Nutrition and Breeding, Volgograd State Agrarian University, vodyannikovavolgau@bk.ru.*

S.V. Chekhranova *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agricultural University, schekhranova@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 13.04.2026, одобрена после рецензирования 07.05.2026, принята к публикации 23.05.2026.

The article was submitted 13.04.2026, approved after reviewing 07.05.2026, accepted for publication 23.05.2026.

© Суханов Р.А., Николаев С.И., Менякина А.Г., Водянникова В.В., Чехранова С.В.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 621.791.3.004.67

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ МЕТОДОМ ПАЙКИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

[1]Владимир Владимирович Гончаренко, [1]Юрий Алексеевич Кузнецов, [1]Наталья Александровна Березина, [2]Игорь Николаевич Кравченко, [3]Сергей Александрович Феськов, [3]Игорь Игоревич Дирютин

[1]Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Орел, Россия,
[2]Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия,
[3]Брянский государственный аграрный университет, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Лемеха плугов работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания, что быстро снижает их работоспособность и заставляет хозяйства часто менять детали. Один из путей решения - восстановление изношенных лемехов с одновременным наращиванием их ресурса. Предложен способ, основанный на пайке металлокерамических пластин непосредственно на рабочую поверхность детали. В качестве армирующего элемента выбраны пластины из твёрдого вольфрамокобальтового сплава ВК-8 (92% карбида вольфрама, 8% кобальта), обладающего высокой сопротивляемостью истиранию и хорошо зарекомендовавшего себя при контакте с почвой. Надежность паяного соединения «пластина - сталь лемеха» исследована с учётом влияния трёх технологических факторов: угла смачивания поверхности расплавленным припоем, площади растекания припоя и величины зазора между пластиной и деталью. Определены рациональные режимы пайки, обеспечивающие прочность сцепления около 120-121 МПа, что достаточно для восприятия эксплуатационных нагрузок. Проведены сравнительные испытания серийных лемехов заводского исполнения и опытных образцов, восстановленных пайкой пластин. Испытания включали лабораторные и эксплуатационные испытания. Установлено, что лемеха с припаянными пластинами значительно устойчивее к абразивному и коррозионно-механическому изнашиванию. Благодаря применению металлокерамики ресурс восстановленных деталей возрастает в 4,6-5,0 раз по сравнению с новыми серийными аналогами. Разработанная технология не требует сложного оборудования и может быть внедрена на ремонтно-технических предприятиях, специализирующихся на восстановлении почвообрабатывающей техники. Вместо частой замены лемехов - их долговременная работа с минимальными затратами.

Ключевые слова: металлокерамические покрытия, пайка, твердый сплав, соединение, лемех.

Для цитирования. Повышение ресурса лемехов плугов методом пайки металлокерамических пластин / В.В. Гончаренко, Ю.А. Кузнецов, Н.А. Березина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 64-71.

Original article

INCREASING THE LIFESPAN OF PLOWSHEARS BY SOLDERING METAL-CERAMIC PLATES

[1]Vladimir V. Goncharenko, [1]Yury A. Kuznetsov, [1]Natal'ya A. Berezina, [2]Igor' N. Kravchenko, [3]Sergei A. Fes'kov, [3]Igor I. Diryutin

[1]Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia,
[2]Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia,
[3]Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. *Plowshares operate under conditions of intense abrasive wear, which quickly reduces their performance and forces farms to replace parts frequently. One solution is to restore worn shares while simultaneously extending their lifespan. A proposed method involves brazing metal-ceramic plates directly to the working surface of the part. The reinforcing element is VK-8 tungsten-cobalt alloy (92% tungsten carbide, 8% cobalt), which has high abrasion resistance and has proven itself in soil contact. The reliability of the brazed joint between the plate and the ploughshare steel was studied, taking into account the influence of three process factors: the contact angle of the molten solder, the solder spreading area, and the gap size between the plate and the component. Efficient brazing conditions were determined, ensuring an adhesion strength of approximately 120-121 MPa, which is sufficient to withstand operational loads. Comparative*

tests were conducted between serial factory-made ploughshares and prototypes refurbished by brazing the plates. The tests included laboratory and operational trials. It was found that ploughshares with brazed plates are significantly more resistant to abrasive and corrosive-mechanical wear. Thanks to the use of metal ceramics, the service life of refurbished parts increases by 4.6-5.0 times compared to new serial analogues. The developed technology does not require complex equipment and can be implemented at repair and maintenance companies specializing in the restoration of tillage equipment. Instead of frequent ploughshare replacement, they are guaranteed to last for years with minimal costs.

Keywords: *metal-ceramic coatings, soldering, hard alloy, connection, share.*

For citation. *Increasing the service life of plowshares by soldering metal-ceramic plates / V.V. Goncharenko, Yu.A. Kuznetsov, N.A. Berezina, et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 64-71.*

Введение. Среди всех полевых работ вспашка отвальным плугом остаётся одной из самых энергоёмких и ответственных операций [1-3]. По условиям работы и требованиям к качеству обработки почвы ей нет равных. Лемех подвергается наиболее интенсивному изнашиванию по сравнению с другими рабочими органами. Основными факторами, приводящими к его преждевременному выходу из строя, являются абразивное истирание, ударные нагрузки при контакте с камнями и коррозионное воздействие [4-6].

Лемеха изготавливают из качественных сталей - Л65, Л53. Но даже они быстро теряют остроту, покрываются трещинами, ломаются. Критический параметр - ширина затылочной фаски: как только она становится меньше 2,5 мм, деталь отправляют в брак. В условиях работы на плотных и каменистых почвах лемехи испытывают повышенные ударные и абразивные нагрузки. При этом закалённые рабочие органы чаще выходят из строя вследствие разрушения, а лемеха, упрочнённые наплавкой сормайтом, склонны к пластической деформации, особенно в переходной зоне между носком и корпусной частью [7, 8]. Изучение состояния изношенных лемехов после эксплуатации даёт возможность установить наиболее нагруженные участки, где износ развивается наиболее интенсивно (рисунок 1), а также систематизировать основные виды эксплуатационных дефектов плужных лемехов (рисунок 2). Полученные данные показывают, что максимальная потеря материала характерна прежде всего для носовой части, непосредственно воспринимающей основное сопротивление почвы.

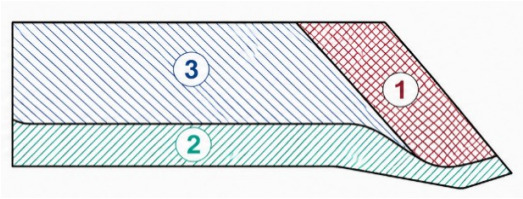


Рисунок 1 - Зоны износа лемеха:
1) - носовая часть; 2) - лезвие;
3) - средняя часть и пятка

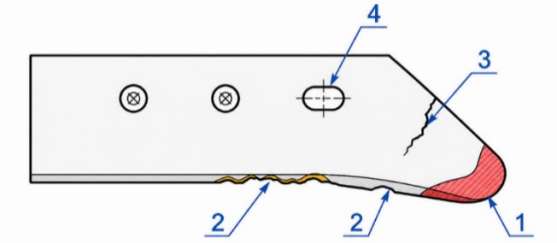


Рисунок 2 - Дефекты, возникающие при эксплуатации лемеха: 1 - затупление острия лезвия;
2 - выкрашивание лезвия; 3 - трещины;
4 - износ отверстий крепления

Существует ряд способов восстановить лемех и продлить срок его службы: заточка, наплавка твёрдыми сплавами, газопламенное напыление порошков, индукционная наплавка, оттяжка с последующей закалкой и др. [9, 10]. Однако на практике многие из этих методов дают либо недостаточную износостойкость, либо слабую адгезию покрытия, либо делают деталь хрупкой.

Поэтому всё чаще исследователи обращаются к материалам, которые способны кардинально увеличить ресурс рабочих органов. Среди них особое место занимают керамика и металлокерамика [11]. Материалы данного типа характеризуются высокой стойкостью при работе в условиях абразивного воздействия и коррозионно-механического изнашивания. Это делает их пригодными для защиты и упрочнения деталей, непосредственно контактирующих с почвенной средой. В зависимости от принятой технологии они могут применяться либо в виде порошковых покрытий, формируемых на поверхности детали, либо в виде отдельных износостойких пластин, закрепляемых клеевым способом или пайкой [12, 13].

При ремонте лемехов плугов целесообразнее использовать пайку, так как она обеспечивает более надёжное соединение металлокерамической пластины с основой. В процессе нагрева припой переходит в жидкое состояние, растекается по поверхности и заполняет технологический зазор между сопрягаемыми элементами. После охлаждения формируется паяный шов, обладающий достаточной прочностью и некоторой пластичностью. Это важно для лемехов, поскольку при работе они воспри-

нимают не только абразивное воздействие почвы, но и ударные, вибрационные и переменные нагрузки. В связи с этим напайка металлокерамических пластин на изношенные участки лемеха может рассматриваться как технологически обоснованный способ восстановления и повышения долговечности рабочего органа. Эффективность такого подхода подтверждается данными [14], где отмечено многократное увеличение ресурса детали.

Цель исследования - провести экспериментальную оценку надежности соединения «металлокерамическая пластина - лемех плуга» (полученного пайкой с нагревом водородно-кислородным пламенем) при эксплуатации в полевых условиях и определить прирост ресурса эксплуатации относительно стандартного лемеха без упрочнения.

Реализация цели исследования включала выполнение комплекса задач: анализ микроструктуры паяных соединений, измерение прочности сцепления металлокерамических пластин с поверхностью лемеха, а также проведение стендовых испытаний на изнашивание и полевых эксплуатационных испытаний, предусматривающих сравнительную оценку характеристик опытных и серийных лемехов.

Материалы и методы. Методика экспериментальных исследований включала лабораторные (определение заполнения зазора припоем, контроль прочности сцепления покрытия, испытания на усилие отрыва) и эксплуатационные испытания.

В процессе пайки применяли пластины, изготовленные из твёрдого сплава ВК-8, а в качестве припоя использовали латунь марки Л63. Пайку выполняли с использованием электролизно-водного аппарата «Энергия-1,5 УХЛ4».

Для проведения сравнительных стендовых испытаний на изнашивание в качестве эталонного материала использовали лемешную сталь Л65, широко применяемую при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающих машин. Оценку износостойкости выполняли на установке ИМ-01 по tribологической схеме «испытуемый образец - эластичный полимерный ролик» (рисунок 3). Такая схема позволяла моделировать контактное взаимодействие материала образца с абразивной средой при заданных нагрузочных и кинематических параметрах.

С целью ускорения процесса изнашивания в область контакта непрерывно подавался абразивный материал, в качестве которого использовали электрокорунд с размером частиц 0,16-0,32 мм. Испытания осуществляли при контактном давлении 0,33 МПа и расходе абразива 7,0 г/мин. Время одного испытательного цикла составляло 30 мин. При частоте вращения полимерного ролика 115 мин$^{-1}$ и диаметре 50 мм расчётный путь трения составлял 540 м. Количественную оценку износа проводили весовым методом, основанным на определении потери массы образцов после испытаний.

Плуги ПЛН-3-35 с опытными и серийными лемехами испытали в полевых условиях на суглинистых почвах Орловской области (Россия).

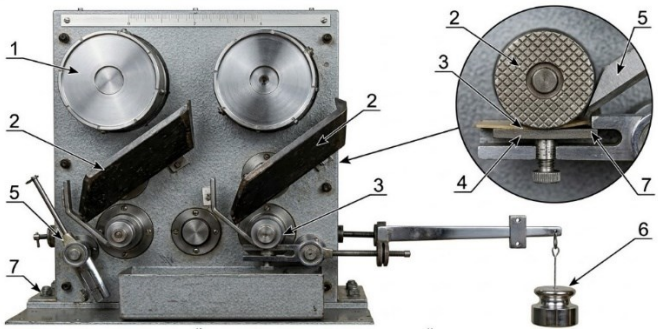


Рисунок 3 - Схема испытаний на изнашивание: 1 - барабан с абразивом; 2 - желоб; 3 - винт; 4 -испытуемый образец; 5 - эластичный полимерный ролик; 6 - груз; 7 - держатель

Результаты и их обсуждение. Проведённые исследования напаянных металлокерамических пластин показали, что увеличение площади их нахлёстки сопровождается ростом прочности соединения (рисунок 4). Установлено, что рациональное значение площади нахлёстки находится в пределах 285-324 мм². При таких параметрах прочность сцепления напаянных пластин составляет около 119-123 МПа.

При дальнейшем увеличении площади нахлёстки сверх указанных значений прочность сцепления пластин с поверхностью лемеха заметно снижается. По-видимому, это обусловлено изменением условий растекания припоя и величины угла смачивания. Так, при использовании металлокерамических пластин из сплава ВК-8 уменьшение угла смачивания с 25 до 16° приводит к снижению площади растекания припоя с 397 до 313 мм² (рисунок 5).

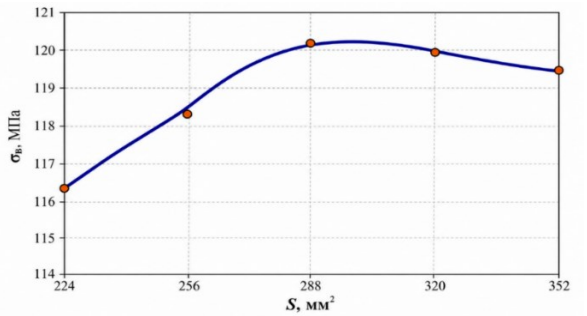


Рисунок 4 - Характер изменения адгезионной прочности σ_β паяных соединений металлокерамических пластин с лемешной сталью Л65 в зависимости от площади нахлёстки S

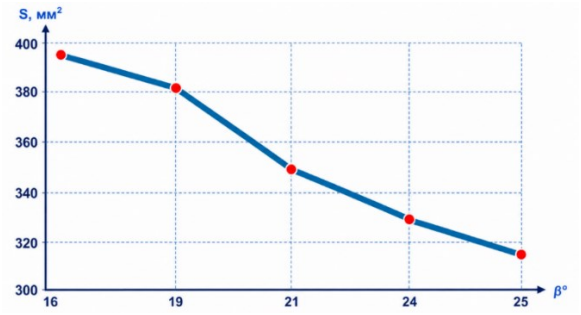
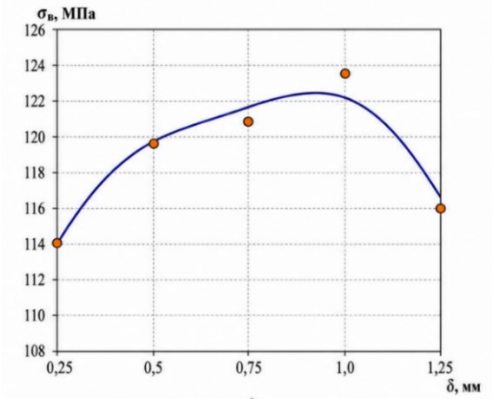


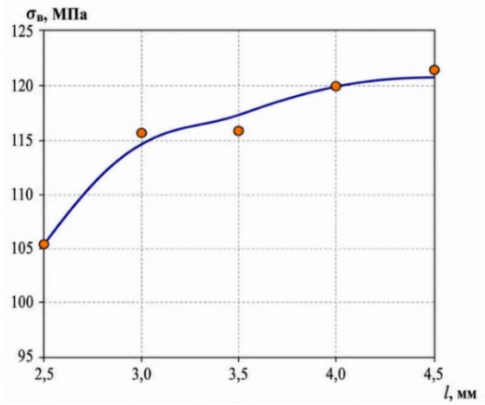
Рисунок 5 - Зависимость площади растекания припоя S от угла смачивания

На прочность паяного соединения существенное влияние оказывает величина технологического зазора между сопрягаемыми элементами (рисунок 6, а). Максимальная адгезионная прочность паяных соединений, составляющая 120-123 МПа, достигается при зазоре 0,9-1,2 мм. При этом чрезмерное увеличение зазора может приводить к изменению характера кристаллизации припоя. В частности, при значительных зазорах наблюдается послойная направленная кристаллизация, способствующая образованию трещин.

Увеличение глубины паза также сопровождается ростом адгезионной прочности соединения. Рациональное значение данного параметра составляет около 3,9-4,6 мм (рисунок 7, б). Такой диапазон глубины определяется, прежде всего, предельной толщиной лемеха.



а)



б)

Рисунок 6 - Изменение адгезии $\sigma_В$ паяных соединений «металлокерамическая пластина-лемешная сталь Л65» от технологического зазора δ (а) и глубины паза l (б)

Данные, полученные при исследовании микроструктуры паяных соединений (рисунок 7), находятся в хорошем соответствии с результатами испытаний на адгезионную прочность соединяемых элементов. Металлографический анализ паяных образцов позволил установить, что структура зоны спая характеризуется мелкозернистым строением. Такая морфология свидетельствует о более равномерном формировании паяного шва и может рассматриваться как один из факторов, обеспечивающих высокую прочность сцепления металлокерамической пластины с основным материалом.

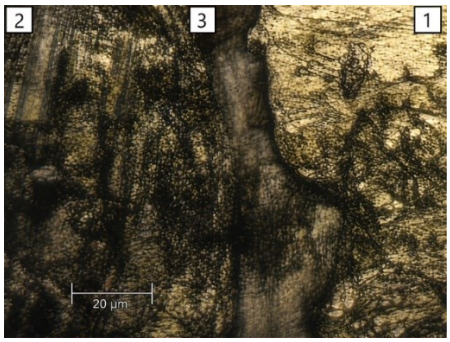
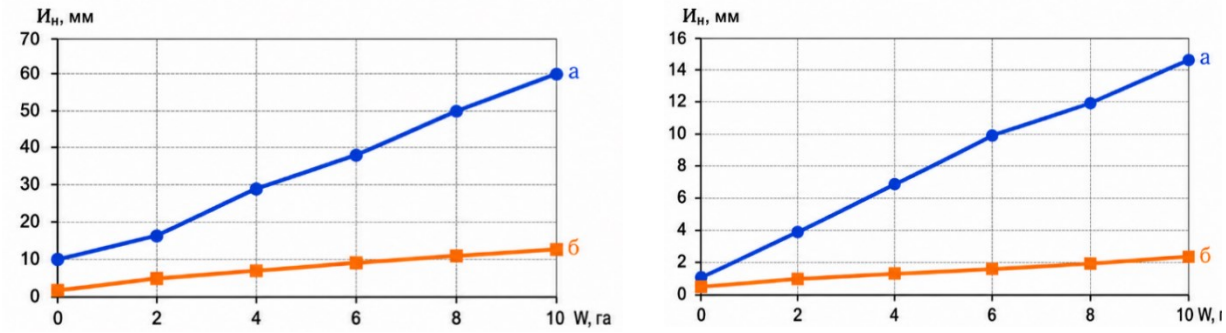


Рисунок 7 - Микроструктура паянного соединения «металлокерамическая пластина-лемешная сталь Л65»: 1 - пластина, 2 - сталь, 3 - припой

Результаты стендовых испытаний на абразивное изнашивание подтвердили более высокую износостойкость образцов, изготовленных из сплава ВК-8, по сравнению с лемешной сталью Л65, использованной в качестве эталона. Установлено, что сопротивление изнашиванию образцов из ВК-8 превышает соответствующий показатель стали Л65 в 4-6 раз. Такое различие обусловлено структурно-фазовым составом твёрдого сплава: материал на кобальтовой основе содержит около 92 % карбида вольфрама, что обеспечивает его высокую твёрдость, составляющую HV 17 ГПа, и повышенную сопротивляемость абразивному воздействию.

Результаты эксплуатационных испытаний лемехов приведены на рисунке 8. При наработке 10 га серийные лемехи имели выраженный износ как по массе, так и по основным геометрическим размерам. Потеря массы составляла 0,41-0,86 кг. Уменьшение расстояния от носка лемеха до центра первого крепёжного отверстия находилось в пределах 34-66 мм, износ по ширине составлял 6-15 мм, а по толщине - 1-1,5 мм.

У опытных лемехов после такой же наработки износ был значительно меньше. Массовая потеря составила около 0,2 кг. Расстояние от носовой части до центра первого крепёжного отверстия уменьшилось на 13,5 мм, износ по ширине находился в пределах 1-4 мм, а по толщине составил 0,15 мм. Таким образом, установка металлокерамических пластин позволила снизить изнашивание лемехов по всем контролируемым показателям.



а) б)

Рисунок 8 - Зависимость износа серийных и опытных лемехов по длине носка и ширине от наработки при работе на среднесуглинистой почве влажностью 14-17 % и твёрдостью 2,4 МПа:
а - серийный лемех; б - опытный лемех

Проведённые исследования показали, что установка металлокерамических пластин на рабочую часть лемеха заметно снижает его изнашивание по сравнению с серийными образцами, использованными в качестве эталона. Установлено, что по длине носовой части опытные лемехи превосходят серийные в 4,5-4,7 раза, а по износостойкости по ширине - в 4,9-5,2 раза.

Для наглядной оценки состояния рабочего органа после испытаний на рисунке 9 приведён общий вид опытного лемеха, прошедшего эксплуатационную проверку.

Результаты выполненных исследований послужили основой для разработки технологического процесса восстановления плужных лемехов в условиях ремонтного производства. Предложенная технология предусматривает припаивание металлокерамических пластин к металлу лемеха с использованием водородно-кислородного пламени. Схема реализации данного технологического процесса представлена на рисунке 10.

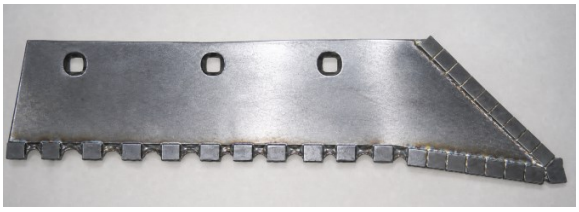


Рисунок 9 - Внешний вид опытного образца, упрочнённого металлокерамическими пластинами, после эксплуатационных испытаний

Лемехи плугов, направляемые на восстановление и последующее упрочнение, должны предварительно проходить техническую оценку. К восстановлению допускаются детали, состояние которых обеспечивает возможность дальнейшей эксплуатации после проведения ремонтно-восстановительных операций. В первую очередь лемехи очищают от почвенных, коррозионных и иных загрязнений до уровня, позволяющего выполнить их визуальный осмотр, установить характер износа и выявить возможные дефекты.

Рисунок 9 - Структурная схема технологического процесса восстановления и упрочнения

Основными критериями пригодности лемехов к восстановлению являются остаточная толщина и ширина рабочей части. Толщина основы в зоне расположения отверстий под крепёжные болты должна быть не менее 8 мм. Ширина лемеха, измеряемая с тыльной, нерабочей стороны как расстояние от спинки до затылочной фаски, должна составлять не менее 100 мм. Соблюдение указанных требований необходимо для сохранения прочности детали после выполнения технологических операций и обеспечения надёжного крепления упрочняющих элементов.

Лемехи, имеющие износ по ширине и затупление режущей кромки, предварительно подвергают оттяжке в нагретом состоянии. Данная операция выполняется на пневматическом молоте с использованием специальных бойков. Для долотообразных лемехов, применяемых при обработке твёрдых почв, целесообразно выполнять небольшой отгиб носовой части в сторону дна борозды. Такая форма способствует лучшему заглублению рабочего органа в почву и повышает устойчивость хода плуга при выполнении технологической операции.

При кузнечной оттяжке режущую часть лемеха нагревают в горне по всей длине на ширину 60-70 мм до температуры 900-1100 °С. Нагрев рекомендуется проводить ступенчато: сначала медленно до 500-600 °С, затем с увеличением скорости нагрева. Такой режим позволяет уменьшить вероятность возникновения термических напряжений и образования трещин. После нагрева лемех укладывают на наковальню рабочей поверхностью и частыми ударами выполняют оттяжку. В первую очередь восстанавливают носовую часть, затем - лезвие по всей длине до достижения требуемых размеров. Операцию проводят при температуре выше 800 °С, поскольку снижение температуры металла в процессе деформирования может привести к появлению трещин. После завершения оттяжки восстановленную часть выравнивают гладилкой, а геометрические параметры лемеха контролируют по шаблону как в ходе операции, так и после её окончания.

Следующим этапом является сборка лемеха с металлокерамическими пластинами. Пластины устанавливают на подготовленную поверхность лемеха в прерывистом порядке. Такое расположение позволяет обеспечить требуемое распределение упрочняющих элементов по рабочей зоне детали. Между пластинами и поверхностью лемеха оставляют технологический зазор, предназначенный для размещения припоя и флюса. В качестве припоя используют латунный припой марки Л63, а в качестве флюса - Ф-100. Состав флюса включает фторборат калия KBF_4 - 46,5 %, буру $Na_2B_4O_7$ - 36,5 %, оксид вольфрама WO_3 - 13,5 % и оксид кобальта Co_2O_3 - 3,5 %.

После предварительной сборки лемех с установленными металлокерамическими пластинами подвергают нагреву горелкой, работающей на водородно-кислородном пламени. Основная задача на данном этапе заключается в равномерном прогреве пластины и участка лемеха, с которым она соединяется. Горелку перемещают и удерживают в зоне пластины до расплавления припоя. Появление

расплава указывает на достижение температуры, достаточной для формирования паяного соединения. В такой же последовательности выполняют пайку остальных пластин.

После завершения пайки лемех помещают в печь, нагретую до 580-620 °С. Дальнейшее охлаждение проводят вместе с печью до комнатной температуры. Такой режим позволяет уменьшить температурные напряжения, возникающие в зоне контакта металлокерамической пластины, припоя и основного металла лемеха.

При газопламенной пайке важно соблюдать порядок введения флюса и режим нагрева. Флюс наносят до начала нагрева, так как он защищает соединяемые поверхности от окисления и улучшает растекание припоя. Нагрев выполняют на расстоянии 20-25 мм от конца ядра пламени. В момент подачи припоя пламя отводят от зоны шва на 35-50 мм, чтобы не перегреть припой и не ухудшить условия его растекания по поверхности соединяемых элементов.

Расчёт экономической эффективности показал, что восстановление лемехов с припаиванием металлокерамических пластин водородно-кислородным пламенем позволяет использовать остаточный ресурс основы детали и дополнительно упрочнить наиболее нагруженную рабочую зону. По сравнению с покупкой новых серийных лемехов применение данной технологии снижает затраты сельскохозяйственных предприятий на 30-35 %.

Выводы. Основным видом износа лемехов является абразивное истирание, возникающее при взаимодействии рабочей поверхности с почвенными частицами. Наиболее интенсивно изнашивается носовая часть лемеха, так как именно этот участок первым входит в почву и воспринимает наибольшие контактные нагрузки.

1. Для восстановления изношенных лемехов предложен способ припаивания металлокерамических пластин из сплава ВК-8 к рабочей поверхности детали. Нагрев при пайке выполняется водородно-кислородным пламенем, что позволяет проводить упрочнение без сложного специализированного оборудования.

2. Испытания показали, что паяное соединение типа «металлокерамическая пластина - лемех» имеет достаточный запас прочности. Его несущая способность превышает расчётные нагрузки, возникающие при полевой работе, в 3,8-4,9 раза. Применение такого способа восстановления увеличивает ресурс лемеха в 2-3 раза, а затраты на восстановление снижаются на 30-35 % по сравнению с приобретением новой детали. Дополнительное преимущество технологии связано с использованием недорогой водородно-кислородной газовой смеси, получаемой из воды.

3. Предложенная технология может быть внедрена в действующие ремонтные процессы предприятий АПК. Она не требует существенного изменения производственной базы и может применяться в сервисных центрах и ремонтных мастерских, занимающихся восстановлением почвообрабатывающей техники. Использование данного способа позволяет перейти от регулярной замены изношенных лемехов к их восстановлению с одновременным упрочнением рабочей зоны.

Список источников

1. Темиров И.Г. Агротехнические показатели двухъярусного плуга для вспашки почв из-под хлопчатника // Academy. 2021. № 2 (65). С. 9-11.

2. Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Галиев М.С. Обоснование конструктивной схемы поворотного плуга для гладкой вспашки // Наука и Образование. 2019. Т. 2, № 4. С. 243.

3. Анализ особенностей конструкции плугов для скоростной вспашки отечественного производства / А.М. Михальченков, М.А. Гужанская, К.Д. Дашков, В.А. Солодухин // Труды инженерно-технологического факультета Брянского ГАУ. 2022. № 1. С. 7-17.

4. Плужный рабочий орган поворотного плуга для гладкой вспашки / Б.Н. Нуралин, С.В. Олейников, Ш.Ж. Махмудова и др. // Новости науки Казахстана. 2021. № 2 (149). С. 155-165.

5. Износы правого ножа скоростного плуга ПСку и технологические мероприятия по увеличению его долговечности / А.М. Михальченков, Н.В. Синяя, А.М. Случевский, Н.Ю. Кожухова // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 122-129.

6. Козарез И.В., Гуцан А.А., Тюрева А.А. Некоторые особенности методики определения остаточных размеров и линейных износов остовов составных лемехов производства компании «КУН» // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 3 (97). С. 41-45.

7. Характеристика лемехов импортного производства и приобретённые дефекты / И.В. Козарез, М.А. Михальченкова, А.А. Гуцан и др. // Труды инженерно-технологического факультета Брянского ГАУ. 2021. № 1. С. 70-84.

8. Марков Б.А., Седых О.В., Бондаренко В.В. О влиянии упрочнения на эксплуатационные свойства почворежущего инструмента // Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88, № 2. С. 45-51.

9. . Оценка долговечности тяжелонагруженных деталей почворежущих машин с оптимизацией их размеров и модификацией структуры / А.А. Канаев, И.М. Косанова, Т.Е. Сарсембаева и др // Сталь. 2024. № 7. С. 36-43.

10. Gulyarenko A., Bembenek M. The Method of Calculating Ploughshares Durability in Agricultual Machines Verified on Plasma-Hardened Parts // Agriculture. 2022. N 12. P. 841.

11. Коняева Н.И., Коняев Н.В. К обзору способов восстановления изношенных органов почвообрабатывающих машин // Современные материалы, техника и технологии. 2023. № 1 (46). С. 60-65.

12. Коршунов В.Я. Обзор и анализ некоторых технологий по увеличению долговечности и производительности восстановления плужных лемехов // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 4 (92). С. 60-65.

13. Бирюков В.П., Принц А.Н., Якубовский А.А. Повышение триботехничеких свойств композиционных металлокерамических материалов лазерной наплавкой // Journal of Advanced Research in Technical Science. JARiTS. 2021. N 25. С. 23-27.

14. Разработка способа восстановления и упрочнения лемехов плугов методом пайки металлокерамических пластин / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, В.В. Гончаренко и др. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2023. № 1. С. 3-11.

Информация об авторах:

В.В. Гончаренко - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, vovaniii@bk.ru.

Ю.А. Кузнецов - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры надежности и ремонта машин, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина.

Н.А. Березина - доктор технических наук, проректор по цифровизации, научной и инновационной деятельности, профессор, профессор кафедры земледелия, селекции и растениеводства, Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина.

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, Брянский государственный аграрный университет.

И.И. Дирютин – студент, Брянский государственный аграрный университет.

Information about the authors:

V.V. Goncharenko *- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Reliability and Repair of Machines, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, vovaniii@bk.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 In-novation, Bryansk State Agrarian University.*

I.I. Diryutin *– student 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 06.05.2026, одобрена после рецензирования 11.05.2026, принята к публикации 23.05.2026.

The article was submitted 06.05.2026, approved after reviewing 11.05.2026; accepted for publication 23.05.2026.

© Гончаренко В.В., Кузнецов Ю.А., Березина Н.А., Кравченко И.Н., Феськов С.А., Дирютин И.И.

Научная статья
УДК 621.351

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ СПЛАВАМИ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

[1]Антон Михайлович Никитин, [1]Ольга Евгеньевна Широбокова,
[2]Юрий Евгеньевич Кисель, [2]Кирилл Викторович Муймаров, [2]Петр Евгеньевич Кисель
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия

Аннотация. Разработан технологический процесс повышения износостойкости уплотнительных колец водоотливных установок нанесением на их рабочие поверхности железо-кобальтовых сплавов, обладающих высокими механическими и эксплуатационными свойствами. Предложена теоретическая зависимость, устанавливающая связь между рабочими параметрами и свойствами материала уплотнительных колец и механическими свойствами упрочняющих покрытий. Определены требуемые механические свойства железо-кобальтовых осадков, обеспечивающие повышение долговечности уплотнительных колец в несколько раз. На основе лабораторных исследований влияния легирующих добавок в электролите и режимов электролиза на микротвердость, прочность сцепления и износостойкость железо-кобальтовых сплавов установлены условия получения покрытий, позволяющие значительно повысить их износостойкость в условиях абразивного изнашивания. Проведены испытания технологического процесса нанесения железо-кобальтовых покрытий в лаборатории БГИТУ. Разработана и изготовлена установка, оснастка и электролиты для нанесения железо-кобальтовых сплавов на рабочие поверхности уплотнительных колец. Выбраны апробированы режимы анодной обработки поверхности деталей, обеспечивающие высокую прочность сцепления покрытий с основой. Показано, что высокая равномерность наносимых покрытий позволяет исключить последующую механическую обработку деталей. Проведены полевые испытания упрочненных колец карьерного земснаряда Watermaster, показавшие их надежную работу в течение межремонтного срока службы. Установлено, что нанесение покрытий на рабочую часть колец позволяет повысить износостойкость рабочей поверхности в 2…3 раза до полной выработки упрочненного слоя. Предложены рекомендации по совершенствованию технологии упрочнения уплотнительных колец. Показана высокая эффективность применения технологии повышения износостойкости уплотнительных колец электрохимическими железо-кобальтовыми сплавами в сравнении с другими методами упрочнения поверхностей деталей.

Ключевые слова: электрохимические покрытия, износостойкость, микротвердость, сельскохозяйственная техника.

Для цитирования. Повышение износостойкости уплотнительных колец водоотливных установок электрохимическими сплавами на основе железа / А.М. Никитин, О.Е. Широбокова, Ю.Е. Кисель и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 3 (115). С. 72-79.

Original article

IMPROVING THE WEAR RESISTANCE OF SEALING RINGS OF WATER REMOVAL INSTALLATIONS THROUGH ELECTROCHEMICAL FERROUS ALLOYS

[1]Anton M. Nikitin, [1]Ol'ga Ye. Shirobokova, [2]Yuri Ye. Kisel', [2]Kirill V. Muymarov, [2]Pyotr Ye. Kisel'
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia
[2]Bryansk State Engineering and Technology University

Abstract. *A technological process has been developed to increase the wear resistance of the sealing rings of the water removal installations by applying iron-cobalt alloys with high mechanical and operational properties to their working surfaces. A theoretical dependence has been proposed that establishes a relationship between the working parameters and properties of the sealing ring material and the mechanical properties of the hardening coatings. The required mechanical properties of the iron-cobalt deposits have been determined to increase the durability of the sealing rings by several times. Based on laboratory researches of the effect of alloying additives in the electrolyte and electrolysis modes on the microhardness, adhesion strength, and wear resistance of iron-cobalt alloys, the conditions for obtaining coatings have been established that significantly increase their wear resistance under conditions of abrasive wear. The technological process of applying iron-cobalt coatings was tested in the BSETU laboratory. A setup, tooling, and electrolytes were developed and manufactured for applying iron-cobalt alloys to the working surfaces of sealing rings. The modes of anodic treatment of the part surface were selected and tested to ensure high adhesion strength of the coatings to the base. It has been shown that the high uniformity of the applied coatings makes*

it possible to eliminate subsequent mechanical processing of parts. Field tests of hardened sealing rings for the Watermaster quarry dredger were conducted, demonstrating their reliable operation throughout the service life between repairs. It was found that coating the working surface of the rings increases wear resistance by 2-3 times until the hardened layer is completely worn out. Recommendations for improving sealing ring hardening technology are proposed. Electrochemical iron-cobalt alloy coating for increasing sealing ring wear resistance is shown to be highly effective compared to other surface hardening methods.

Keywords: *electrochemical coatings, wear resistance, microhardness, agricultural machinery.*

For citation. *Improving the wear resistance of sealing rings of water removal installations through electrochemical ferrous alloys / A.M. Nikitin, O.E. Shirobokova, Yu.E. Kisel, et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 3 (115). pp. 72-79.*

Введение. Современные водоотливные установки отечественного и зарубежного производства, применяемые при создании сельскохозяйственных гидромелиоративных систем и сооружений, удалении подземных или поверхностных вод из горных выработок, водоотливе карьерных вод и открытой разработке месторождений испытывают острую потребность в деталях, изготовленных из материалов, которые обладают высокой износостойкостью, способны выдерживать высокие механические нагрузки, противостоять воздействию знакопеременных и контактных нагрузок [1-3]. Особенно остро эта проблема стоит для центробежных многоступенчатых секционных насосов, детали которых испытывают высокие контактные знакопеременные нагрузки [4,5]. Преждевременный выход из строя таких деталей снижает средний ресурс водоотливных установок.

Основными затратами на эксплуатацию насосного оборудования водоотливных установок, оснащенных центробежными секционными насосами, являются затраты на электроэнергию и выполнение капитальных ремонтов, связанных с процессами гидроабразивного изнашивания деталей проточной части насосных систем [6-9]. Таким образом, повышение долговечности быстроизнашиваемых деталей водоотливных установок позволит повысить эффективность их работы за счет снижения потребления электроэнергии, сохраняя исходные эффективные размеры деталей, и затрат на ремонт оборудования, так как периодичность капитальных ремонтов зависит от интенсивности гидроабразивного изнашивания поверхностей щелевых уплотнений за заданный промежуток времени количества . Изменение исходных размеров щелевых уплотнений рабочих колес вследствие износа приводит к преждевременному снижению эксплуатационных характеристик насосного оборудования [1,2].

Износ деталей проточной части секционных насосов вызван воздействием на их рабочие поверхности гидроабразивного, коррозионного, кавитационного и адгезионного видов изнашивания, где степень влияния каждого из представленных деградационных процессов зависит от гидрогеологических условий выполняемых работ, характеристик грунта, способов их забора и перемещения [4,5]. Ряд исследований показывает, что превалирующим видом изнашивания их поверхностей является гидроабразивный, который более интенсивно проявляется в местах образования коррозионной пленки [7-9].

Для изготовления деталей водоотливных установок используют дорогостоящие высоколегированные стали с последующей химико-термической обработкой, так как в большей степени ресурс деталей определяет свойства их поверхностного слоя [11-17]. Поэтому применение износостойких электрохимических покрытий на основе сплавов железа, обладающих высокой твердостью и износостойкостью, для повышения долговечности деталей водоотливных установок является актуальным направлением [1-5].

Вопросы исследование физико-механических свойств железных покрытий и их применения в ремонтном производстве нашли отражение в многочисленных статьях и монографиях [11-17]. Вместе с тем, недостаточное развитие теории и практики получения таких покрытий сдерживает их широкое применение в технике. Поэтому целью работы было экспериментально проверить предпосылки получения железо-кобальтовых сплавов, обладающих высокими механическими и эксплуатационными свойствами, и на их основе разработать технологический процесс повышения износостойкости уплотнительных колец водоотливных установок. Для достижения цели работы необходимо было решить следующие задачи: установить теоретическую зависимость между параметрами детали и механическими свойствами покрытий; определить условия получения качественных прочносцепленных сплавов; выполнить опытную проверку технологического процесса упрочнения деталей в лабораторных и полевых условиях.

Теоретические исследования. По оценкам многих исследований [1,2] при нормальной эксплуатации уплотнительных колец отказ может наступать в результате достижения предельного износа поверхностей деталей (рис.1). Таким образом, для повышения долговечности уплотнительных колец необходимо обеспечить высокую износостойкость их внутренней рабочей поверхности.

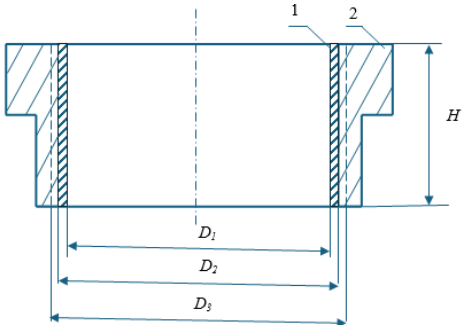


Рисунок 1 - Схема нанесения покрытия на рабочую поверхность кольца: 1 - покрытие; 2 - корпус кольца

Величину износа и относительную износостойкость материала уплотнительного кольца, интенсивность изнашивания (j) определим с помощью выражений (рис. 2):

$$jк = \frac{Iк}{Pк}, \quad (1)$$

где $j_к$ - корпуса кольца; $P_к$ - средний ресурс корпуса кольца.

Связь между интенсивностью изнашивания упрочняющего покрытия ($j_п$) и материала корпуса уплотнительного кольца можно охарактеризовать зависимостью:

$$jn = \frac{In}{Pn} = \frac{jк}{B}, \quad (2)$$

где I_n - износ упрочняющего покрытия; P_n - средний ресурс покрытия; B - коэффициент относительной износостойкости покрытия.

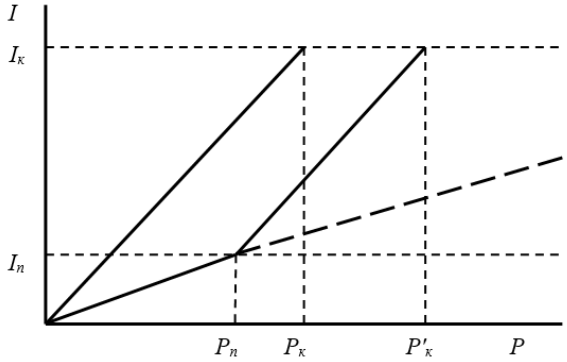


Рисунок 2 - График интенсивности изнашивания

С учетом (3) средний ресурс покрытия можно представить в виде:

$$Pn = \frac{In}{jn} = \frac{BIn}{jк} \quad (3)$$

Наибольшую долговечность уплотнительного кольца с упрочняющим покрытием ($P'_к$) можно определить с помощью выражения:

$$P_k^{'} = P_n + \frac{I_k - I_n}{j_к} = \frac{BIn}{jк} + \frac{I_k - I_n}{j_к} = \frac{(B-1)I_n + I_k}{j_k}. \quad (4)$$

В случае равномерного изнашивания рабочей поверхности уплотнительных колец в процессе эксплуатации максимальную величину износа покрытия можно принять равной массе осадка:

$$I_n = V_n \times \rho, \quad (5)$$

где V_n и ρ - объем и плотность покрытия.

Объем осадка связан с размерами уплотнительного кольца зависимостью (см. рис.1):

$$V_n = \pi D_1 H t. \quad (6)$$

Тогда долговечность упрочненных колец можно определит из уравнения:

$$P_k^{'} = \frac{(B-1)\pi D_1 H t \rho + I_k}{j_k}. \quad (7)$$

Расчет требуемой толщины упрочняющего покрытия выполнили на примере уплотнительного кольца (*D1=200 мм; D2=201 мм; D3=203 мм; ρ=7870 кг/м³; Iн=0,002…0,003 кг; Iк=140…160 г; jк=8…10 г/час; jн=0,1…0,2 г/час).*

Анализ зависимости (7) показал, что для повышения ресурса уплотнительных колец в 2 раза необходимо получить железо-кобальтовые покрытия с относительной износостойкостью *B* 3…4 и толщиной осадков 0,5…1 мм. Электрохимические сплавы на основе железа имеют высокую твердость и износостойкость, превышающие свойства закаленных высокоуглеродистых сталей [11-17]. Исследования по их применению для повышения долговечности деталей, работающих в условиях гидроабразивного изнашивания, показали перспективность их применения. Вместе с тем, для разработки технологического процесса необходимо установить режимы нанесения осадков, отвечающих наибольшей износостойкости, откорректировать конструкцию ванн и оснастки для их нанесения на рабочие поверхности деталей и исследовать работу деталей с покрытиями в производственных условиях.

Экспериментальные исследования. Железо-кобальтовые сплавы осаждали из электролита состава: железо хлористое 500…550 кг/м3; кобальт сернокислый- 100…150 кг/м3. Анодную подготовку выполняли в 30% растворе серной кислоты [11]. Влияние режимов электроосаждения на микротвердость и износостойкость осадков изучали с применением плана эксперимента ЦКР 2^3 [18]: температура электролита (Т) - от 30 до 80 °С, плотность тока (Дк) - от 13,4 до 46,8 А/дм2, pH раствора - от 0,2 до 1,2. Микротвердость покрытий определяли по ГОСТ 9450-76. Исследования абразивной износостойкости покрытий проводили в соответствии с ГОСТ 23.208-79.

Установлено, что износ железо-кобальтовых покрытий в условиях абразивного изнашивания зависел от параметров электролиза (рис.1). Наибольшее влияние на износостойкость оказывала температура электролита, снижение которой до 30…35°С приводило к уменьшению износа сплавов. При повышении Дк до 35…40 А/дм2 износостойкость сплавов увеличивалась до максимального значения (рис. 1, б). Значение pH электролита соответствующее минимальному износу осадков было в центре плана эксперимента (рис. 1, а, в)

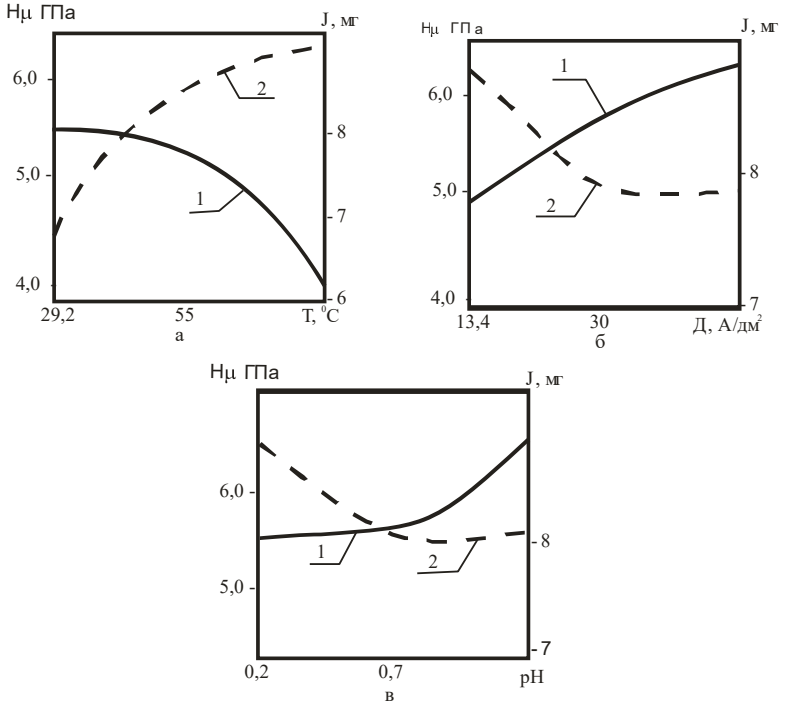


Рисунок 3 - Влияние режимов электролиза (а,б,в) на микротвердость (1) и износ (2)

С помощью регрессионного анализа полнофакторного эксперимента были установлены режимы осаждения, обеспечивающие наибольшую износостойкость железо-кобальтовых покрытий: *pH* раствора - 0,7…1,0; $Д_к$ - 35…40 А/дм^2; *T* - 40…45 °*C*. Образцы, полученные при рекомендуемых условиях осаждения, имели износ в 2…3 раза меньше, чем образцы из закаленной стали 65Г.

Апробацию технологического процесса проводили на примере повышения долговечности уплотнительного кольца водоотливной установки карьерного земснаряда Watermaster 4. Покрытие на детали наносили по схеме, представленной на рисунке 2.

Перед нанесением сплавов очистку, мойку и дефектовку деталей целесообразно проводить согласно требованиям [17]. Упрочняемые поверхности уплотнительных колец перед нанесением покрытий были доведены до требуемых размеров и шероховатости. Для защиты поверхностей уплотни-

тельных колец, для которых не требовалось нанесение покрытий, использовали цапон-лак и защитную пленку ПФХ (рис. 2).

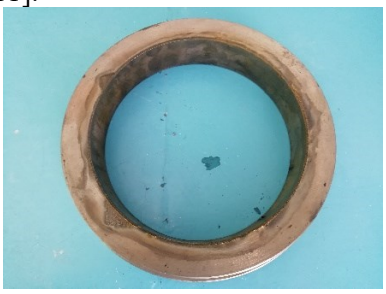
Рисунок 4 - Защита поверхностей кольца, не подлежащих нанесению покрытий

Электроосаждение сплавов на уплотнительные кольца производили на специальной опытной установке в лаборатории гальванических покрытий Брянского ГИТУ. В процессе подготовки деталей к нанесению покрытий были откорректированы форма защитных экранов и подвесных приспособлений (рис.3).

Рисунок 5 - Опытная установка для нанесения покрытий на детали

Электрохимическое обезжиривание деталей выполняли в стандартном электролите при плотности тока 1,0...2,0 А/дм^2 [11,12]. Режимы анодной обработки позволяют получать высокую прочность сцепления с основой 300...350 МПа.

Покрытия наносили при режимах, отвечающих получению осадков с наибольшей износостойкостью. Лак для защиты поверхностей не подлежащих осаждению необходимо было наносить в несколько слоев, что приводило к большому расходу материалов и увеличивало время на подготовку. Как показали лабораторные исследования, в процессе электроосаждения сплавов происходило растворение и отслоение слоев лака, приводящее к загрязнению электролита. Лучшие результаты показали защитные чехлы из винипласта и пластиката (рис. 2). Покрытия получались равномерными, гладкими, без сколов и трещин, что позволило исключить последующую механическую обработку (рис. 3). После нанесения покрытий детали нейтрализовали в соответствии с требованиями технологии железнения [11].



а

б

Рисунок 6 - Опытная установка для нанесения сплавов на детали

Для эксплуатационных испытаний уплотнительных колец была подготовлена партия деталей, на поверхность которых были нанесены покрытия толщиной 0,5…0,6 мм по схеме, представленной на рисунке 2. Детали для испытаний, с нанесенными покрытиями были поставлены на испытания на водоотливную машину (рис. 7).

Рисунок 7 - Проведение эксплуатационных испытаний деталей с покрытием

В процессе работы систематически проводили осмотр и микрометраж деталей. Износостойкость покрытий оценивали по среднему износу и сравнением его с износостойкостью серийных колец (рис.8). Анализ результатов полевых испытаний показал, что опытные кольца надежно работали в течение межремонтного срока службы. Нанесение покрытий на рабочую часть колец позволяет повысить износостойкость рабочей поверхности в 2…3 раза до полной выработки упрочненного слоя. Таким образом, полученные данные полевых исследований позволяют сделать заключение о целесообразности внедрения железо-кобальтовых покрытий и технологии повышения долговечности уплотнительных колец в производство.

На основе результатов эксплуатации упрочненных уплотнительных колец для повышения их долговечности можно рекомендовать следующее:

- опробовать композиционные покрытия с твердым дисперсным наполнителями, например, электрокорундом, карбидом кремния или карбидом бора;
- осуществить упрочнение кольца с тыльной стороны.

Рисунок 8 - Общий вид кольца после эксплуатации

Как показали лабораторные испытания, технология повышения износостойкости рабочих поверхностей уплотнительных колец нанесением железо-кобальтовых сплавов имеет ряд технических и экономических преимуществ в сравнении с другими методами [16]. Для организации производства можно использовать недорогое стандартное оборудование. Электролиты готовить из недорогих широкодоступных реактивов. Технология позволяет в процессе нанесения упрочняющих осадков в широких пределах регулировать их толщину и твердость. Высокая гладкость и равномерность осадков позволяет исключить последующую механическую обработку деталей с покрытиями. В отличие от наплавки и напыления, где каждую деталь необходимо обрабатывать отдельно, железнением можно упрочнять несколько деталей одновременно. Наиболее важным преимуществом технологии можно считать отсутствие высокотемпературного нагрева деталей, что полностью исключает нарушение структуры основного металла детали и ее коробление. Экономические расчеты подтверждают эффективность внедрения технологии упрочнения деталей электрохимическими сплавами на предприятиях [11,12].

Вывод. Установлены условия получения износостойких прочносцепленных железо-кобальтовых покрытий обладающих повышенной до 2...3 раз износостойкостью по сравнению с закаленными легированными сталями. Апробация технологии упрочнения деталей электрохимическими железо-кобальтовыми сплавами, на примере повышения долговечности уплотнительных колец водоотливных машин, показала ее высокую эффективность и целесообразность внедрения на производстве.

Список источников

1. Ерофеева Н.В. Стационарные установки. Водоотливные и вентиляторные установки. Кемерово: Кузбасский гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, 2021. 182 с.

2. Влияние гидроабразивного износа на экономичность работы водоотливных установок шахт и рудников / А.В. Долганов, В.Я. Потапов, С.В. Белов и др. // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. памяти доцента А.П. Золкина, 03-04 октября 2025 года. Екатеринбург: Уральский гос. горный ун-т, 2025. С. 45-48.

3. Обоснование рациональной частоты вращения центробежных насосов шахт и рудников / А.В. Долганов, В.Я. Потапов, С.В. Белов и др. // Математическое моделирование механических явлений: материалы Всерос. науч.-техн. конф. памяти доцента А. П. Золкина, 03-04 октября 2025 года. Екатеринбург: Уральский гос. горный ун-т, 2025. С. 54-57.

4. Казанцев Д.К., Ерофеева Н.В. Методы контроля износа рабочих колес центробежных секционных насосов // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: материалы XIV междунар. науч.-практ. конф., 22 мая 2025 года. Междуреченск: Кузбасский гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2025.

5. Огурцов С.А., Алныкин Е.Н., Ерофеева Н.В. Водоотливная установка с гибким мобильным напорным рукавом на разрезе АО «Междуречье» // Научно-инновационный вектор современного развития: электронный сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Новокузнецк, 30 мая 2025 года. Самара: Самарама, 2025. С. 170-173.

6. Ресурсосберегающие технологии освоения месторождений полезных ископаемых / Я. Рыбак, М.М. Хайрутдинов, Ч.Б. Конгар-Сюрюн, Ю.С. Тюляева // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13, № 3 (49). С. 406-415.

7. Оценка влияния температуры рабочей жидкости на потери мощности карьерного гидравлического экскаватора / М.Г. Рахутин, К.К. Занг, А.Е. Кривенко, В.Х. Чан // Записки Горного института. 2023. Т. 264. С. 374-383.

8. Разработка модели оценки эффективности системы охлаждения рабочей жидкости гидравлического карьерного экскаватора / К.К. Занг, А.Е. Кривенко, Е.Ю. Пудов, Е.Г. Кузин // Горный журнал. 2021. № 12. С. 64-69.

9. Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» / В.В. Зотов, В.У. Мнацаканян, М.М. Базлин и др. // Промышленность. 2024. № 2. С. 143-146.

10. Применение электролитических сплавов для повышения долговечности зубьев дорожных фрез / А.С. Зятиков, П.Е. Кисель, Ю.Е. Кисель и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 2 (108). С. 68-71.

11. Кисель Ю.Е., Симохин С.П., Мурачев С.А. Восстановление деталей железнением в потоке электролита // Сельский механизатор. 2021. № 4. С. 35-37.

12. Широбокова О.Е., Кисель Ю.Е., Безик Д.А. Применение электротехнологий для восстановления деталей сельскохозяйственной техники // Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. № 10 (107). С. 22-26.

13. Nanoparticle-based hardening of galvanic coatings: a one-dimensional superposition model / V.V. Safonov, S.A. Shishurin, P.A. Gorbushin et al. // The Agrarian Scientific Journal. 2024. N 6. P. 125-133.

14. Поликомпозиционное гальваническое хромирование как способ получения заданных свойств покрытия режущих элементов уборочных машин / П.А. Горбушин, В.В. Сафонов, С.А. Шишурин и др. // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: материалы науч.-техн. конф. с междунар. участием им. А.Ф. Ульянова, 03 октября 2025 года. Саратов: Саратовский гос. ун-т генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2025. С. 223-229.

15. Агеев Е.В. Ремонт машин в АПК / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский, В.А. Кончин. Курск: Планета+, ЗАО "Университетская книга", 2025. 192 с.

16. Восстановление и упрочнение плазменно-порошковой наплавкой рабочих органов машин для посева и уборки сахарной свеклы: монография / В.И. Серебровский, Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, В.А. Кончин. Курск: Курский ГАУ, 2025. 104 с.

17. Косенко Е.А. Планирование эксперимента: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2023. 202 с.

Информация об авторах:

А.М. Никитин - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, a.m.nikitin32@mail.ru.

О.Е. Широбокова - кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Ю.Е. Кисель – доктор технических наук, профессор кафедры общетехнических дисциплин и физики ФГБОУ ВО БГИТУ.

К.В. Муймаров – кандидат технических наук, главный инженер проекта ООО «ЮМакс».

П.Е. Кисель – аспирант ФГБОУ ВО БГИТУ

Information about the authors:

A.M. Nikitin - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electric Power Engineering and Electrotechnologies, Bryansk State Agrarian University, a.m.nikitin32@mail.ru.

O.Ye. Shirobokova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering and Electrotechnologies, Bryansk State Agrarian University.

Yu.Ye. Kisel' - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of General Engineering Disciplines and Physics, Bryansk State Institute of Technology.

K.V. Muymarov – Candidate of Technical Sciences, Chief Engineer of the UMax LLC Project.

P.Ye. Kisel' – Postgraduate Student of the Bryansk State Institute of Technology.

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

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

Статья поступила в редакцию 18.04.2026, одобрена после рецензирования 17.05.2026, принята к публикации 23.05.2026.

The article was submitted 18.04.2026, approved after reviewing 17.05.2026; accepted for publication 23.05.2026.

© Никитин А.М., Широбокова О.Е., Кисель Ю.Е., Муймаров К.В., Кисель П.Е.

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 указаниме 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 аннотции 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.