

ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта
2007 года

Выходит один раз
в два месяца

УЧРЕДИТЕЛЬ/ИЗДАТЕЛЬ:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАР-
СТВЕННОЕ 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 рецен-
зируемых научных изданий (по
состоянию на 22.05.2023), в кото-
рых должны быть опубликованы
основные научные результаты дис-
сертаций на соискание ученой сте-
пени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук, по
научным специальностям и соот-
ветствующим им отраслям науки:
4.1.1. Общее земледелие и растени-
еводство (сельскохозяйственные
науки),
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведе-
ние, защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормле-
ние, технологии приготовления
кормов и производства продукции
животноводства (сельскохозяй-
ственные науки),
4.3.1. Технологии, машины и обо-
рудование для агропромышленного
комплекса (технические науки).

Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114)

№ 2 (114)
МАРТ-АПРЕЛЬ 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Сравнительный анализ эффективности дифференцированного внесения органических удобрений и их комбинации с «Амилазимом» 3
Стрельцов Р.М., Кулешова М.В., Абрамов Н.В.
Влияние микролистных подкормок на морфологические признаки яровой пшеницы, их влияние на белок, клейковину и урожайность яровой пшеницы 10
Тупиков Н.Ю., Прудникова Е.Г.
Почвенно-экологический потенциал пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья 15
Просьянников Е.В.
Абиотические факторы, влияющие на качество лекарственного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) 20
Ториков В.Е., Резунова М.В., Абрамова О.С.
Продуктивность и качество зерна гречихи сорта Даша при разных дозах минеральных удобрений 27
Никифоров В.М., Никифоров М.И.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Продуктивность и морфобиохимические показатели крови при периодическом скармливании лизинсинтезирующего препарата пороссятам-отъемышам 32
Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Сидоров И.И.
Морфологический состав тушек цыплят-бройлеров выращенных с использованием белково-витаминно-минерального концентрата на основе рыжикового жмыха совместно с бишофитом 37
Липова Е.А., Николаев С.И., Брюхно О.Ю., Агапов С.Ю., Рябова М.А.
Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в составе рациона наночастиц оксида хрома 43
Подольников В.Е.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Моделирование осушителя воздуха на элементах Пельтье для животноводческих помещений 48
Безик Д.А., Бычкова Т.В.
Теоретические основы создания почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего обработку со снижением эрозии почвы 55
Русинов А.В., Липовский В.Е.
Особенности взаимодействия сошника посадочной машины с корнями саженцев малины 61
Ожерельев В.Н., Карманов В.В.
Машина для внесения химических мелиорантов 66
Белоусов Н.И., Бабков А.П., Гуреев Ю.А., Блинков Б.С., Гороховцев А.О.
Влияние дисперсности песка в эпоксидно-песчаном композите на износостойкость с учетом высоты осаждения 72
Филин Ю.И., Феськов С.А.

№ 2 (114)
MARCH-APRIL 2026

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

- Comparative analysis of the effectiveness of differentiated application of organic fertilizers and their combination with "Amilazin" 3
R.M. Streltsov, M.V. Kuleshova, N.V. Abramov
The influence of microleaf dressings on the morphological traits of spring wheat, their influence on protein, gluten and yield of spring wheat 10
N.Yu. Tupikov, E.G. Prudnikova
Soil and ecological potential of arable lands of the Bryansk-Zhizdrinsky Polesie 15
E.V. Prosyannikov
Abiotic factors influencing the quality of medicinal raw materials of purple echinacea (*Echinacea purpurea*) 20
V.E. Torikov, M.V. Rezunova, O.S. Abramova
Productivity and quality of Dasha buckwheat grain at different doses of mineral fertilizers 27
V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

- Productivity and morphobiochemical parameters of blood during periodic feeding of lysine-synthesizing drug to weaned piglets 32
L.N. Gamko, A.G. Menyakina, I.I. Sidorov
Morphological composition of carcasses of broiler chickens grown using protein-vitamin-mineral concentrate based on camelina cake together with bischofite 37
E.A. Lipova, S.I. Nikolaev, O.Yu. Brykhnno, S.Yu. Agapov, M.A. Ryabova
Productivity of broiler chickens using chromium oxide nanoparticles in their diet 43
V.E. Podolnikov

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

- Modeling of an air dryer based on Peltier elements for animal household facilities 48
D.A. Bezik, T.V. Bychkova
Theoretical foundations for creating a soil-cultivating unit providing processing with reduced soil erosion 55
A.V. Rusinov, V.E. Lipovsky
Features of the interaction of the coulter of the planting machine with the roots of raspberry seedlings 61
V.N. Ozhereliev, V.V. Karmanov
A machine for applying chemical meliorants 66
N.I. Belousov, A.P. Babkov, Y.A. Gureyev, B.S. Blinkov, A.O. Gorokhovtsev
Influence of Sand Dispersion in Epoxy-Sand Composite on Wear Resistance, Taking into Account Deposition Height 72
Yu.I. Filin, S.A. Feskov

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. Перикова - д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычѳв - 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 ГТТУ 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. Пощепай - 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 09.04.2026.

Дата выхода в свет 21.04.2026.

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

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. Pasyнков - 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 - 09.04.2026.

The release date is 21.04.2026.

Free price.

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

E-mail: vestnik@bgsha.com.

Website: Сайт: <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 631.85

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО
 ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ИХ КОМБИНАЦИИ С “АМИЛАЗИНОМ”**

**Роман Михайлович Стрельцов, Мария Владимировна Кулешова,
 Николай Васильевич Абрамов**
 ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ эффективности дифференцированного внесения органических удобрений и их сочетания с ферментативным препаратом “Амилазин”. Основная гипотеза исследования заключается в том, что воспроизводство почвенного плодородия должно базироваться на интенсификации процесса гумусообразования, обеспечивающего устойчивое функционирование агроэкосистем. В условиях современного сельского хозяйства, характеризующегося дефицитом органического вещества и усилением процессов дегумификации, особую значимость приобретает поиск инновационных технологий, направленных на ускорение трансформации органических соединений и повышение биологической активности почв. “Амилазин” выступает катализатором биохимических реакций и позволяет ускорить трансформацию органического вещества в 10–15 раз. Это способствует не только росту содержания гумуса, но и повышению доступности элементов питания для растений. Однако при дефиците органических остатков возникает риск переключения активности микроорганизмов на гумус, что может привести к деградации почвы. Для минимизации данного риска исследование предполагает совместное использование полуперепревшего навоза и “Амилазина” как взаимодополняющих элементов агротехнологии. В ходе работы были определены оптимальные параметры применения препарата: температурный режим, уровень влажности, кислотность, глубина заделки и нормы внесения. Сравнительный анализ показал, что наибольшая агрономическая и экономическая эффективность достигается при интеграции органических удобрений с ферментативным препаратом, что выражается в росте урожайности, стабилизации микробиологических процессов и повышении рентабельности производства. Полученные результаты подтверждают возможность целенаправленного регулирования микробиологических процессов в агроценозах и подчеркивают практическую значимость использования ферментативной активности почвы как диагностического показателя состояния плодородия. Сделан вывод о том, что комплексное применение органики и ферментативных препаратов является перспективным направлением инновационного земледелия, обеспечивающим устойчивость агроэкосистем и сохранение природного капитала.

Ключевые слова: дифференцированное внесение удобрений; органические удобрения; гумусообразование; ферментативная активность почвы; амилазин; биохимические процессы в почве; микробиологическая активность; почвенное плодородие; агротехнологии; устойчивое земледелие.

Для цитирования: Стрельцов Р.М., Кулешова М.В., Абрамов Н.В. Сравнительный анализ эффективности дифференцированного внесения органических удобрений и их комбинации с “Амилазином” // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 3-9.

Original article

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENTIAL APPLICATION
 OF ORGANIC FERTILIZERS AND THEIR COMBINATION WITH “AMILAZIN”**

Roman M. Strel'tsov, Mariya V. Kuleshova, Nikolay V. Abramov
 Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen, Russia

Abstract. The article presents a comparative analysis of the efficiency of differential application of organic fertilizers and their combination with the enzymatic preparation “Amilazin.” The main hypothesis of the research is that the reproduction of soil fertility should be based on the intensification of the humus formation process, which ensures the sustainable functioning of agroecosystems. In the conditions of modern agriculture, characterized by a deficiency of organic matter and increased dehumification processes, the search for innovative technologies aimed at accelerating the transformation of organic compounds and increasing the biological activity of soils is of particular importance. “Amilazin” acts as a catalyst for bio-

chemical reactions and makes it possible to accelerate the transformation of organic matter by 10–15 times. This not only contributes to an increase in humus contents, but also increases the availability of nutrients for plants. However, with the deficiency of organic residues, there is a risk that microorganisms will switch their activity to humus, which can lead to soil degradation. To minimize this risk, the research proposes the combined use of semi-rotted manure and “Amilazin” as complementary components of the agrotechnology. During the work, the optimal parameters for using the preparation were determined: temperature conditions, humidity level, acidity, planting depth, and dosage. The comparative analysis has shown that the highest agronomic and economic efficiency was achieved when integrating organic fertilizers with the enzymatic preparation, resulting in crop yields growth, stabilization of microbiological processes, and higher profitability of production. The obtained results confirm a possibility of targeted regulation of microbiological processes in agrocenoses and emphasize practical importance of using soil enzymatic activity as a diagnostic indicator of fertility status. It is concluded that the combined use of organic matter and enzymatic preparations represents a promising direction in innovative agriculture, ensuring the sustainability of agroecosystems and the preservation of natural capital.

Key words: *differential fertilizer application; organic fertilizers; humification; soil enzymatic activity; Amilazin; biochemical processes in soil; microbiological activity; soil fertility; agrotechnologies; sustainable agriculture.*

For citation: *Strel'tsov R.M., Kuleshova M.V., Abramov N.V. Comparative analysis of the efficiency of differentiated application of organic fertilizers and their combination with “Amilazin” // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 3-9.*

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с необходимостью поиска инновационных решений, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв при одновременном повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из ключевых факторов устойчивого земледелия является активизация процессов гумусообразования, обеспечивающих поддержание оптимального уровня органического вещества и элементов минерального питания в почве. Однако в условиях интенсивного земледелия количество органических остатков и навоза часто оказывается недостаточным, что приводит к снижению содержания гумуса и деградации агроландшафтов.

Для решения данной проблемы перспективным направлением является использование ферментативных препаратов, способных ускорять трансформацию органического вещества и активизировать микробиологическую деятельность в почве. В частности, ферментативный препарат “Амилазин” обеспечивает ускорение биохимических реакций в 10–15 раз, что способствует более быстрому разложению органических соединений и повышению обеспеченности растений питательными элементами. Совместное применение “Амилазина” и органических удобрений позволяет не только повысить эффективность использования последних, но и предотвратить возможные негативные процессы, связанные с минерализацией гумуса при нехватке органических субстратов [9, с. 32].

Целью настоящей работы является сравнительный анализ эффективности дифференцированного внесения органических удобрений и их комбинации с ферментативным препаратом “Амилазин” для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Для достижения поставленной цели в рамках исследования решаются следующие ключевые задачи:

- провести анализ современных подходов к использованию органических удобрений и ферментативных препаратов в земледелии;
- изучить влияние совместного внесения полуперепревшего навоза и Амилазина на биологическую активность и гумусообразование в почве;
- определить оптимальные агротехнические параметры применения Амилазина (нормы внесения, глубина заделки, температура, влажность, рН);
- оценить влияние исследуемых технологий на урожайность сельскохозяйственных культур и качество почвы;
- разработать рекомендации по рациональному использованию ферментативных препаратов в системе органического удобрения для повышения устойчивости агроэкосистем.

Решение поставленных задач позволит, во-первых, научно обосновать эффективность применения “Амилазина” в сочетании с органическими удобрениями для регулирования биохимических процессов в почве.

Во-вторых, получить практические рекомендации для аграриев по повышению плодородия почвы и продуктивности культур.

В-третьих, разработать основы технологий целенаправленного управления почвенной биологической активностью, что обеспечит устойчивое развитие земледелия и повышение экономической результативности сельскохозяйственного производства.

Вопрос воспроизводства плодородия почв в современных условиях приобретает особую значимость, поскольку снижение содержания гумуса и органического вещества является одной из главных причин деградации агроландшафтов. Как отмечает Д. С. Орлов, гумусовые вещества представляют собой ключевой фактор устойчивого функционирования почвенной биосферы, определяя водно-воздушный режим, структуру и доступность элементов питания. В классических трудах по почвенной биохимии (Л. А. Гришина, Д. С. Орлов) подчеркивается, что процессы гумификации напрямую зависят от активности почвенной микробиоты и условий внешней среды [7, с.12].

Особое внимание в последние десятилетия уделяется ферментативной активности почв как интегральному показателю их биологического состояния. По мнению Ф. Х. Хазиева [12], ферментативные реакции отражают уровень метаболической активности микроорганизмов и могут служить индикатором интенсивности гумификации. О. В. Чернова [12] указывает, что показатели активности гидролаз и оксидоредуктаз отличаются высокой чувствительностью к агротехническим приёмам и быстро реагируют на внесение удобрений, что делает их надёжным инструментом агроэкологической диагностики.

Применение ферментативных препаратов в растениеводстве рассматривается как инновационный путь усиления естественных биохимических процессов. Зарубежные исследования (R. G. Burns, L. Gianfreda и др.) [2] показали, что каталитическое действие ферментов позволяет значительно ускорять трансформацию органического вещества, в том числе трудноразлагаемых остатков, повышая доступность азота и фосфора для растений. В отечественных работах (Иванов, Петров; Лебедева, Лобанова) подтверждается, что биопрепараты на основе ферментов улучшают азотный баланс почв, снижают потери нитратных соединений и способствуют стабилизации гумусового состояния.

Таким образом, теоретические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что совмещение органических удобрений и ферментативных препаратов позволяет не только восполнять дефицит органического вещества, но и регулировать биохимические процессы в почве. Это обеспечивает более полное использование потенциала гумусообразования, устойчивое плодородие и повышение эффективности сельскохозяйственного производства.

Результаты и их обсуждение. Рассматривая вопрос эффективности дифференцированного внесения органических удобрений и их комбинации с ферментативным препаратом Амилазин, необходимо подчеркнуть, что ключевым фактором является активизация микробиологических процессов в почве. Усиление ферментативной активности способствует ускоренному разложению органического вещества, повышению содержания гумуса и мобилизации элементов питания, что в конечном счёте отражается на урожайности сельскохозяйственных культур [4, с.44].

Экспериментальная часть работы включала внесение органических удобрений и “Амилазина” в разные годы и в различные сроки. Так, в 2022 году было проведено внесение полуперепревшего навоза весной (24 апреля), а после уборки урожая – внесение “Амилазина” в дозе 150 мл/га (7 октября). В 2023 году внесение органики не осуществлялось, препарат вносился только после уборки (11 октября) в той же дозировке. В 2024 году схема была расширена: помимо осеннего внесения “Амилазина” (12 октября, 150 мл/га) препарат был внесён и после посева (25 июня) в пониженной дозе 75 мл/га.

Сравнительный анализ динамики применения показал, что:

- внесение органических удобрений в сочетании с “Амилазином” (2022 год) обеспечило более высокий уровень биологической активности почвы, что проявилось в росте урожайности по сравнению с контролем;
- применение только “Амилазина” без органического субстрата (2023 год) сопровождалось менее выраженным эффектом, что связано с дефицитом органического вещества в почве и риском перехода микробной активности на гумус;
- комбинированное применение “Амилазина” в разные сроки (2024 год) показало наилучшие результаты: раннее внесение обеспечило быстрое разложение растительных остатков и доступность элементов питания в начале вегетации, а осеннее внесение позволило поддержать процессы минерализации после уборки урожая.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что наиболее высокая эффективность достигается при сочетании органических удобрений с ферментативным препаратом, а также при комбинированном внесении “Амилазина” в разные сроки в течение вегетационного периода. Такой подход обеспечивает устойчивое повышение плодородия почвы, оптимизацию биохимических процессов и рост урожайности.

Таблица 1 - Схема применения органических удобрений и Амилазина в 2022–2024 гг.

Год	Весна/лето	Осень (после уборки)	Доза, мл/га
2022	24 апреля – органические удобрения	7 октября – Амилазин	150
2023	–	11 октября – Амилазин	150
2024	25 июня – Амилазин после посева	12 октября – Амилазин	75 / 150

Рассмотрение влияния дифференцированного внесения органических удобрений и их комбинации с ферментативным препаратом “Амилазин” показало, что эффективность исследуемых агротехнологий определяется не только уровнем прибавки урожая, но и их влиянием на почвенные процессы, экономическую отдачу и устойчивость агроэкосистем.

Данные урожайности свидетельствуют, что контрольный вариант (без удобрений) обеспечивал лишь 19,9–20,0 ц/га, что отражает естественный потенциал почвы без дополнительных источников органики или ферментативной стимуляции. Эксперты отмечают, что такой уровень урожайности является ниже среднеобластных показателей и указывает на явный дефицит доступных питательных элементов, прежде всего азота и органического вещества.

При использовании органических удобрений урожайность возрастала до 30,5–31,0 ц/га, что на 54,2 % выше контроля. Это подтверждает, что полуперепревший навоз является базовым источником органического вещества и способствует восполнению запасов гумуса. Однако, как указывают исследователи (Абрамов, Ермохин и др.), органические удобрения действуют постепенно, а скорость их разложения зависит от температуры, влажности и активности почвенной микробиоты [5, с. 29].

Применение только “Амилазина” показало урожайность на уровне 29,8–30,2 ц/га, что сопоставимо с органикой. Данный результат объясняется ускорением процессов разложения пожнивных остатков и активизацией почвенной микробиоты. Тем не менее эксперты подчёркивают, что в условиях дефицита органического субстрата возникает риск «переключения» микробиологических процессов на гумус, что в долгосрочной перспективе может привести к деградации почвенного плодородия.

Наиболее высокие результаты получены при варианте органика + Амилазин: урожайность достигала 32,0–32,5 ц/га, что на 61,7 % выше контроля и на 7–10 % выше, чем при раздельном применении удобрений. Такой эффект можно объяснить синергетическим действием: органика обеспечивает субстрат для микробов, а Амилазин ускоряет его минерализацию, создавая «пиковое окно» доступности питательных веществ для растений в критические фазы роста.

Таблица 2 - Урожайность сельскохозяйственных культур при различных вариантах удобрения, 2023–2024 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га (2023)	Урожайность, ц/га (2024)	Среднее, ц/га	Прибавка к контролю, %
Контроль (без удобрений)	19,9	20,0	19,95	–
Органические удобрения	30,5	31,0	30,75	+54,2
Амилазин	29,8	30,2	30,00	+50,4
Органика + Амилазин	32,0	32,5	32,25	+61,7

В свою очередь экономическая оценка показала, что использование органических удобрений требует относительно высоких затрат (4 000 руб./га), тогда как “Амилазин” обходится дешевле (2 500 руб./га). В результате вариант «только Амилазин» обеспечивал более высокую рентабельность (10 500 руб./га прибыли) по сравнению с «только органикой» (8 450 руб./га). Эксперты отмечают, что ферментативные препараты обладают высоким коэффициентом отдачи на вложенный рубль, особенно в условиях ограниченности органических ресурсов.

Наибольшая экономическая выгода достигалась в варианте «Органика + Амилазин», где прибыль составила 13 350 руб./га. Несмотря на более высокие затраты (6 000 руб./га), они компенсировались прибавкой урожайности и стабильностью её формирования. Такой результат согласуется с данными Всероссийского НИИ агрохимии, где отмечается, что интеграция органических удобрений и биопрепаратов является наиболее перспективным направлением в интенсивном земледелии.

Таблица 3 - Экономическая эффективность различных вариантов удобрения

Вариант опыта	Затраты на удобрения, руб./га	Урожайность, ц/га	Стоимость урожая* (руб./га)	Экономическая прибыль, руб./га
Контроль (без удобрений)	0	19,95	11 970	0
Органические удобрения	4 000	30,75	18 450	8 450
Амилазин	2 500	30,00	18 000	10 500
Органика + Амилазин	6 000	32,25	19 350	13 350

*Примечание: расчет стоимости урожая выполнен условно, исходя из цены реализации продукции 600 руб./ц.

По мнению специалистов в области агрохимии и почвоведения, полученные результаты указывают на несколько ключевых тенденций:

- Синергетический эффект от совместного применения органики и ферментативного препарата является устойчивым и перспективным для дальнейших исследований.
- Риски дегумификации возможны при применении только “Амилазина” в условиях недостатка органического вещества, поэтому данный препарат рекомендуется использовать исключительно в комбинации с навозом или пожнивными остатками.
- Экономическая эффективность “Амилазина” как самостоятельного средства выше, чем у органических удобрений, но долговременная стабильность обеспечивается именно при их сочетании.
- Агротехническая гибкость (внесение в разные сроки — после посева и после уборки) позволяет регулировать биохимические процессы в почве и поддерживать равномерное обеспечение растений элементами питания в течение всего вегетационного периода [10, с. 18].

Таким образом, результаты исследования подтверждают гипотезу о том, что путь воспроизводства плодородия почв должен быть основан на интенсификации гумусообразования при помощи ферментативных препаратов в сочетании с органическими удобрениями.

Выводы. Проведенное исследование подтвердило, что одним из наиболее перспективных направлений воспроизводства почвенного плодородия является интеграция органических удобрений с ферментативными препаратами. В условиях современного сельского хозяйства, где наблюдается снижение содержания органического вещества в почвах и усиление процессов дегумификации, использование только органики либо только ферментативных катализаторов оказывается недостаточным для обеспечения устойчивого роста урожайности.

Применение ферментативного препарата “Амилазин” показало высокую эффективность в ускорении процессов разложения органического вещества и мобилизации элементов питания, что способствовало повышению урожайности на 50% по сравнению с контролем. Однако результаты также подтвердили риск «переключения» микробиологической активности на гумус в условиях недостатка органических субстратов. Данный факт делает очевидным, что применение Амилазина как самостоятельного элемента агротехнологии должно сопровождаться обязательным внесением органики.

Совместное применение полуперепревшего навоза и Амилазина продемонстрировало наибольшую результативность: урожайность увеличилась на 61,7% по сравнению с контролем, а экономическая прибыль достигла 13 350 руб./га, что на 25–30% выше, чем при раздельном использовании удобрений. Такой синергетический эффект объясняется тем, что органика обеспечивает стабильный источник органического вещества, а ферментативный препарат ускоряет его минерализацию и перевод в доступные для растений формы [1].

Экономическая оценка подтвердила, что Амилазин является более затратосберегающим инструментом по сравнению с традиционными органическими удобрениями. Однако наибольшая устойчивость и долгосрочный эффект достигаются именно при комбинированном подходе. Это согласуется с экспертными выводами ведущих агрохимиков, которые подчеркивают необходимость комплексного регулирования биохимических процессов в почве для поддержания её плодородия.

Таким образом, исследование показало, что:

- ферментативный препарат “Амилазин” существенно ускоряет процессы гумусообразования и повышает биологическую активность почвы;
- наибольшая агрономическая и экономическая эффективность достигается при совместном применении органических удобрений и ферментативных препаратов;

- комбинированная технология позволяет одновременно повысить урожайность, улучшить качество почвы и увеличить рентабельность сельскохозяйственного производства;
- внедрение ферментативных препаратов в систему органического удобрения следует рассматривать как инновационный путь повышения устойчивости агроэкосистем и формирования долгосрочного плодородия почв.

В перспективе результаты данного исследования могут стать основой для разработки производственных регламентов применения “Амилазина” с учетом почвенно-климатических условий, системы севооборота и доступности органического вещества. Это позволит аграриям не только повысить эффективность своих хозяйств, но и способствовать сохранению природного капитала – почвенного плодородия.

Проведённые исследования подтвердили высокую эффективность совместного применения органических удобрений и ферментативного препарата “Амилазин”. Синергетическое действие органики и ферментативного катализатора обеспечивает устойчивое повышение урожайности, рост экономической отдачи и воспроизводство почвенного плодородия. В отличие от раздельного применения, комбинация позволяет одновременно ускорить процессы разложения органического вещества, предотвратить дегумификацию и оптимизировать использование питательных элементов. Полученные результаты дают основание рассматривать данную технологию как перспективное направление устойчивого земледелия, способное повысить рентабельность сельскохозяйственного производства и сохранить природный ресурсный потенциал почв.

Список источников

1. Алексеева И.В., Гребнева Н.Ю. Биологизация земледелия на основе интеграции органических удобрений и микробных препаратов // *Агрохимия*. 2022. № 9. С. 15–22.
2. Иванов А.И., Петров С.В. Биопрепараты на основе ферментов для интенсификации разложения растительных остатков в агроценозах // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36, № 5. С. 44–48.
3. Кравцов С.А. Влияние ферментативных биопрепаратов на трансформацию органического вещества в почвах различного гранулометрического состава // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021. № 6 (200). С. 37–42.
4. Кузнецова Е.В. Оптимизация параметров применения микробных и ферментативных препаратов в условиях недостаточного увлажнения // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 8. С. 29–34.
5. Мельников А.Н., Трофимова О.В. Эффективность применения органо-минеральных удобрений и биопрепаратов в системе адаптивного земледелия // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2023. № 4. С. 55–61.
6. Попова Е.С., Шевелева А.А. Ферментативная активность как индикатор состояния почвы при использовании органических удобрений и микробиологических препаратов // *Плодородие*. 2020. № 5 (116). С. 12–18.
7. Соколова Т.А., Сычев В.Г. Влияние органических удобрений и биопрепаратов на микробиоту и урожайность яровой пшеницы // *Земледелие*. 2023. № 2. С. 18–21.
8. Стрельцов Р.М. Дифференцированное внесение органических удобрений с использованием систем спутниковой навигации // *Молодой ученый*. 2024. № 47 (546). С. 329–335
9. Титова В.И., Козлова Л.В. Диагностика минерального питания растений и плодородия почвы по ферментативной активности // *Плодородие*. 2020. № 1 (112). С. 25–28.
10. Чернова О.В., Гаджиев И.М. Ферментативная активность почв: диагностический показатель агроэкологического состояния // *Почвоведение*. 2021. № 3. С. 350–361.
11. Широкова Л.Н., Кузьмин П.В. Перспективы применения ферментативных препаратов в комплексных системах удобрения для повышения урожайности и сохранения почвенного плодородия // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. Т. 38, № 3. С. 41–47.
12. Система дифференцированного внесения гранулированных удобрений [Электронный ресурс] / В.А. Юнин, А.В. Зыков, А.М. Захаров, А.Н. Перекопский // МНИЖ. 2020. № 9-1 (99). – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-differentsirovannogo-vneseniya-granulirovannyh-udobreniy>. - 24.08.2025 г.

Информация об авторах:

Р.М. Стрельцов – аспирант, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, streltsov_rm@mail.ru.

М.В. Кулешова - аспирант, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.

Н.В. Абрамов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.

Information about the authors:

R.M. Strel'tsov – postgraduate student, Northern Trans-Urals State Agrarian University, *streltsov_rm@mail.ru*

M.V. Kuleshova – postgraduate student, Northern Trans-Urals State Agrarian University

N.V. Abramov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Northern Trans-Urals 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 06.11.2025, одобрена после рецензирования 11.03.2026, принята к публикации 23.03.2026.

The article was submitted 06.11.2025, approved after reviewing 11.03.2026; accepted for publication 23.03.2026.

© Стрельцов Р.М., Кулешова М.В., Абрамов Н.В.

Научная статья
УДК 633.11"321":631.559

ВЛИЯНИЕ МИКРОЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЛОК, КЛЕЙКОВИНУ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Николай Юрьевич Тупиков, Елена Геннадьевна Прудникова
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, Орёл, Россия

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения микроудобрений на яровой пшенице и их влияние на морфологические признаки, урожайность и качество зерна. Внедрение в систему производства различных элементов технологии, позволяют увеличить продуктивность зерна и увеличить качество зерна, а также снизить или свести на ноль риски потери урожайности от абиотических и технологических факторов. Опытный вариант предусматривает листовое применение микролистных подкормок на яровой пшенице. Применение микроудобрений хозяйственно обоснованно прибавкой полученной урожайности и повышения качества (белка и клейковины) выходной продукции. Каждая обработка проводилась в соответствии с фенофазами растения, когда растения потребляли наибольшее количество определенного макро или микроэлемента и для устранения недостатка вносились с помощью подкормок. Прибавка урожайности на опытном варианте была 8,2%, почти 5 ц/га. Содержание белка и клейковины возросло на 0,5% и 0,9% соответственно. Такие составляющие урожая как, количество колосьев к уборке, количество зерен в колосе, длина стебля, длина колоса, масса тысячи семян, являются очень важными, благодаря этим показателям можно сформировать планируемую урожайность. На опытном варианте количество колосьев было больше на 9 шт./м², количество зерен в колосе было больше на 1,1 шт., масса тысячи семян увеличилась на 1 г, стебель был выше на 2,5 см, колос был длиннее на 0,03 см. Применение агроприема с листовыми подкормками позволяют раскрыть потенциал культуры, а, следовательно, повысить уровень сельхоз производства.

Ключевые слова: пшеница, микроудобрения, аминокислоты, качество, морфология.

Для цитирования: Тупиков Н.Ю., Прудникова Е.Г. Влияние микролистных подкормок на морфологические признаки яровой пшеницы, их влияния на белок, клейковину и урожайность яровой пшеницы // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 10-14.

Original article

INFLUENCE OF MICROLEAF FERTILIZERS ON MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF SPRING WHEAT, THEIR INFLUENCE ON PROTEIN, GLUTEN AND YIELDS OF SPRING WHEAT

Nikolai Yu. Tupikov, Yelena G. Prudnikova

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

Abstract. This article examines the use of micronutrient fertilizers in spring wheat and their impact on morphological characteristics, yields, and grain quality. The introduction of various technological elements into the production system allows to increase grain productivity and quality, as well as to reduce or eliminate yields losses due to abiotic and technological factors. The experimental variant involves foliar application of micronutrient fertilizers to spring wheat. The use of microfertilizers is economically justified by the increase in the yields and improvement in the quality (protein and gluten) of the output product. Each treatment was carried out in accordance with the plant's phenophases, when plants consumed the highest amounts of a particular macro- or micronutrient and were supplemented with fertilizers to correct the deficiency. The yields increase in the experimental variant was 8.2%, or almost 5 c/ha. Protein and gluten contents increased by 0.5% and 0.9%, respectively. Crop parameters such as the number of ears at harvest, the number of grains per ear, stem length, ear length, and thousand-seed weight are crucial; these indicators can be used to formulate a planned yields. For example, in the experimental variant, the number of ears was 9 pcs/m² more, the number of grains per ear was 1.1 pcs more, the thousand-seed weight increased by 1 g, the stem was 2.5 cm taller, and the ear was 0.03 cm longer. The use of agricultural techniques with foliar feeding allows to reveal the potential of the crop and, consequently, to increase the level of agricultural production.

Key words: wheat, micronutrients, amino acids, quality, morphology.

For citation: Tupikov N.Yu., Prudnikova E.G. Influence of microleaf fertilizers on morphological characters of spring wheat, their influence on protein, gluten and yields of spring wheat // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 10-14.

Введение. В сельскохозяйственном производстве при текущих условиях рынка, экономический результат имеет очень большое значение и напрямую влияет на устойчивость сельхозтоваропроизводителя на рынке. Основная составляющая урожая сельскохозяйственных культур это азотные и фосфорно-калийные удобрения, «три кита» из которых складывается конечный результат. С каждым годом рост использования основных удобрений все растет, по данным новостного источника «АгроТренд», общий выпуск удобрений в России за 2024 год составляет 63 млн тонн (+6% к 2023 году), спрос на удобрения с каждым годом растет.

Производители зерна стремятся к повышению уровня производства (росту урожайности и качества зерна), применяются разные агроприемы, элементы технологий (почвообработка, внесение удобрений, защита растений от сорняков, вредителей и болезней, применение микроудобрений, стимулятором роста и т.д.).

Актуальная тема на сегодня, это использование микролистных удобрений для повышения хозяйственно-ценных признаков культуры. Не будем забывать о том, что применение микроэлементов и стимуляторов роста, это всего лишь часть вклада в урожай, внесение макроэлементов имеет все-таки первостепенное значение, поэтому при условии хорошего уровня производства, целесообразно применение листовых подкормок.

Цель исследования: определить влияние микроудобрений на морфологические признаки яровой пшеницы, на урожайность, а также определить их влияние на белок и клейковину.

Материалы и методы. Работа проводилась на базе АО «Березки», Орловская область, Орловский район, п. Белоберёзовский, на яровой пшенице Дарья, предшественник – горох посевной.

Почвы светло-серые лесные, легкосуглинистая. Обеспеченность почвы азотом на глубине пахотного слоя: нитратного – 20 мг/кг– средняя; аммонийного – 44 мг/кг– средняя. Обеспеченность почвы подвижным фосфором – 122 мг/кг– средняя; обеспеченность почвы обменным калием – 136 мг/кг– средняя.

Содержание гумуса в почве – среднее – 11 кг/м² – 3,1 %.

Содержание микроэлементов в почве:

Таблица 1 - Содержание микроэлементов в почве, мг/кг

Кальций	Сера	Марганец	Бор	Магний	Цинк	Медь
8	3	52	0,24	1,4	0,9	0,16

Кислотность почвы – pH 5,1 ближе к нейтральной.

Оценка качества почвы – 10,3 баллов, коэффициент почвенного плодородия – 0,95.

Норма высева – 4 млн. шт. всхожих зерен на гектар. Глубина заделки семян – 4 см.

Обработка препаратами, внесение удобрений, подготовка почвы.

В опыте выбран сорт пшеницы яровой Дарья - среднеспелый сорт с периодом вегетации 90 дней.

С мая по август проводили фенологические наблюдения по стадиям: всходы, начало кущения, середина кущения, выход в трубку (начало стеблевания), выход колоса, цветение, начало созревания, конец молочной спелости, полная спелость.

Вариантами опыта служили:

Контроль- без применения жидких микроудобрений, только обработка мочевиной 20 кг/га + сульфат магния 2 кг/га, в фазу после цветения, по колосу;

1. Вариант опыта: Протравливание семян – Спринталга, 0, 5 л/га

1-я обработка – Икар Фосто, 0,5 л/га, совместно с гербицидом в фазу середины кущения;

2-я обработка – Икар Энзо, 0,5 л/га, совместно с грамминицидом в фазу выхода в трубку;

3-я обработка – Икар Калисто, 0,7 л/га + Икар Елайс, 0,7 л/га, совместно с мочевиной 20 кг/га + сульфат магния 2 кг/га, в фазу после цветения, по колосу.

Спринталга – биостимулятор обеспечивает высокую полевую всхожесть и энергию прорастания семян, стимулирует развитие полноценной корневой системы и усиливает рост вегетативной массы.

Состав: Азот 144 г/л, органическое вещество 240 г/л, водорослевая суспензия 720 г/л, (Macrocystis, Ascophyllum nodosum и Sargassum и комплекса аминокислот (цитокинин, ауксин, альгиновая кислота), Ca, Mg, Fe, B, Zn.

Филлотон – способствует развитию мощной корневой системы. Усиливает поглощение питательных элементов. Снимает стресс от пестицидов, недостатка влаги. Снижает подверженность заболеваниям.

Состав: всего аминокислот 47,6%, структурные аминокислоты растительного происхождения (пролин, глютаминовая кислота, глицин, триптофан, бетаин) 254 г/л, органический азот 76 г/л.

Икар Энзо – способствует синтезу сахаров и углеводов, для процесса фотосинтеза, увеличения хлорофила в растениях. Снимает стресс от пестицидов, недостатка влаги. Снижает подверженность заболеваниям.

Состав: аминокислота - 12 г/л, N-10, Mn- 130, Zn - 70, Cu – 30 г/л + BFP (активные элементы), плотность – 1,5 г/мл, рН - 2-2,5. [1,2]

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенных исследований была установлено, что микроудобрения оказали положительное влияние на морфологические признаки яровой пшеницы, была установлена прибавка к урожайности, возросло содержание белка и клейковины.

Заблаговременное протравливание семян биостимулятором корнеобразования, позволило повысить полевую всхожесть, всходы на участке были дружные и равномерные, корневая система была более разветвленная и мощная в сравнении с контрольным вариантом. Прирост был и на надземной вегетативной части растений, растения были более крупные, листовая пластинка была больше, заметим, что и окрас растений был более насыщенный зеленый. [3,4]

Первая листовая обработка фосфорсодержащим микроудобрением в фазу середина кущения, позволила более интенсивнее развиваться корневой системе, первичная и вторичная корневая система была более развитая, что говорит о более эффективном питании побегов растений, обеспечении растения макро, мезо, микро - элементами и водой. На первичной корневой системе корни были более крупные и разветвленные, количество корневых нитей было больше, если говорить про узловые корни (вторичные корни), они развились и хорошо отрастали, впоследствии питание главного побега приходилось на первичную корневую систему и питание боковых побегов на вторичную корневую систему, что напрямую повлияло и на прирост урожая. [5]

Вторая некорневая обработка Mn, Zn, Cu – содержащими препаратами в фазу выхода в трубку. Марганец отвечает за улучшение фотосинтеза и дыхания, а также участвует в синтезе аминокислот и углеводов; Цинк – отвечает за ростовые процессы, улучшает поглощение азота и фосфора; Медь – повышает иммунитет у растений, т.е. повышает устойчивость к неблагоприятным условиям и болезням; Также в составе присутствует аминокислота, которая помогает растению выйти из стресса от неблагоприятных факторов. Растения на опытном варианте были более насыщенного цвета, высота стеблей была 76 см, что выше контроля на 3 см. (табл.3). Проявление болезней было меньше чем на контроле. [6]

Третья обработка в фазу цветения (по колосу) на качество и массу тысячи семян (мтс), совместное применение карбамида, концентрированной серы (Элайс) и калия (Калисто). Карбамид – амидная форма азота, которая поднимает мтс, белок и клейковину; Сера – улучшает усвоение азота; Калий – отвечает за тургор в растении, транспорт воды и ассимилянтов из растения в колос. [7]

Из табл. 2 видно, как микроудобрения влияют на урожайность и качественные показатели яровой пшеницы.

На варианте там, где не применялись листовые микро-подкормки, там урожайность составила 57,2 ц/га, белок и клейковина была 12,9% и 22,8% соответственно.

На варианте там, где были применены микроудобрения, там урожайность составила 61,9 ц/га, прибавка была 8,2% (4,7 ц/га), что говорит об эффективном применении микро-обработок на посевах яровой пшеницы. [8,9] Содержание белка тоже возросло, в основном благодаря крайней обработке серосодержащими и калийсодержащими препаратами, прибавка составила 0,5%, содержание клейковины тоже возросло, прибавка была 0,9%.

Таблица 2- Урожайность и качественные показатели яровой пшеницы Дарья

№/№ п/п	Варианты	Урожай, ц/га	Качество зерна	
			Белок,%	Клейковина,%
0	Контроль	57,2	12,9	22,8
1	Микроудобрения	61,9	13,4	23,7
	НСР _{0,5}	0,15	0,13	0,11

Из таблицы 3 мы видим, что там, где были применены листовые подкормки, там количество растений было на 9 шт/м² больше, чем на контроле, благодаря применению микроудобрения для протравливания семян Спринталга и препарата применяемого в середину кущения Икар Фосто, данные агро-приемы позволили повысить коэффициент кущения на растениях, отсюда больше продуктивных стеблей (колосьев), отсюда и больше урожайность.

Таблица 3 – Морфологические данные яровой пшеницы Дарья

Варианты	Количество растений в конце вегетации, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт	Масса 1000 зерен,г	Длина стебля, см	Длина колоса, см
Контроль	416	32,9	41,8	73	5,1
1	425	34	42,8	75,5	5,13
НСР _{0,5}	0,13	0,17	0,11	0,19	0,21

Из морфологических особенностей мы знаем, что количество зерен в колосе закладывается в фазу выхода в трубку, на варианте с микро-подкормками количество зерен в колосе было больше, чем на контроле на 1,1 шт, а это значит, что обработка Икар Энзо повлияла на данный параметр, помогла растениям сформировать больше зерен в колосе. Также стоит отметить, что длина колоса была больше на опытном варианте, она была на 0,03 см больше на контроле (табл. 3).

Крайняя обработка баковой смесью мочевина + Икар Калисто + Икар Элайс, увеличила массу тысячи семян, в сравнении с контролем она была больше на 1 г, данная обработка позволила улучшить отток пластинчатых веществ из растения в колос.

Выводы. Отсюда следует вывод, что применение микро-листных подкормок положительно влияет на прибавку урожая, качества и морфологических признаков. Следует обратить внимание на фазы применения, дозировки препаратов, погодные условия, агрофон и агрохим анализ почвы, в противном случае при неграмотном применении микроудобрений может быть и обратная реакция.

Список источников

1. Применение органоминеральных и микроудобрений для повышения продуктивности эфиромасличных культур / А.И. Морозов, Р.Р. Тхаганов, Н.С. Тропина и др. // Масличные культуры. 2020. Вып. 4 (184). С. 45–51.
2. Ятчук П.В., Зубарева К.Ю., Расулова В.А. Биостимуляторы и микроудобрения, их роль в повышении продуктивности и качества семян гороха // Зернобобовые и крумяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 30-35.
3. Ковалев Д.В. Влияние комплексных микроудобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на светло-каштановой почве // Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК: сб. науч. тр. по материалам X междунар. науч.-практ. конф. Ставрополь, 2020.
4. Системы защиты с микроудобрениями и современными многокомпонентными пестицидами для экологически безопасного производства винограда / Т.С. Астарханова, С.С. Ладан, А.В. Березнов, И.Р. Астарханов // Агрохимия. 2021. № 11. С. 59–64.
5. Попова В.В. Оптимизация применения хелатных цинковых и медных удобрений при возделывании пшеницы яровой в условиях южной лесостепи западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Омск, 2021. 170 с.
6. Кулешова АА. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зерна и муки яровой пшеницы [Электронный ресурс] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-makro-mikroudobreniy-i-regulyatora-rosta-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-i-muki-yarovoy-pshenitsy>. - 25.05.2025 г.
7. Коготько Е.И. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на элементы структуры и урожайность яровой пшеницы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 113-116.
8. Гоман Н.В., Бобренко И.А., Попова В.В. Влияние микроудобрений на выживаемость растений и структуру урожая яровой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 60-65.
9. Лозина Н.А., Зотиков В.И. Изменчивость элементов продуктивности проса в результате применения микроудобрений // Зернобобовые и крумяные культуры. 2021. № 4 (40). С. 46–52.

Информация об авторах:

Н.Ю. Тупиков – аспирант, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина. n.tupickow@yandex.ru.

Е.Г. Прудникова - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, elena-prudnikova00@rambler.ru.

Information about the authors:

N.Yu. Tupikov – postgraduate student, Oryol State Agricultural University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia, n.tupickow@yandex.ru.

E.G. Prudnikova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology and Chemistry named after Professor N.E. Pavlovskaya, Oryol State Agricultural University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia, elena-prudnikova00@rambler.ru.

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 30.10.2025, одобрена после рецензирования 15.03.2026, принята к публикации 18.03.2026.

The article was submitted 30.10.2025, approved after reviewing 15.03.2026, accepted for publication 18.03.2026.

© Тупиков Н.Ю., Прудникова Е.Г.

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

Научная статья
УДК 631.95

**ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ БРЯНСКО-ЖИЗДРИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Евгений Владимирович Просьянников
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Брянско-Жиздринское Полесье – это природно-аграрный регион с координатами 53° 30' и 54° 00' северной широты и 34° 00' и 36° 00' восточной долготы, расположенный в пределах Днепровско-Деснинской низменности на северо-востоке Брянской и юго-западе Калужской областей. Продуктивность его пахотных земель обусловлена состоянием почвенного покрова, в котором преобладают дерново-подзолистые почвы всех трех видов выраженности процесса оподзоливания и в различной степени оглеенных. В этих почвах преобладают песчаные и крупнопылеватые фракции элементарных почвенных частиц, содержится мало гумуса, обменного калия, кальция и магния. Почвенно-экологический потенциал пахотных земель рассчитывали в баллах бонитета, используя интегральные свойства почв и сельскохозяйственную продуктивность климата. Установлено, что он среднепродуктивный – составляет 73 балла. Условием достижения высокой продуктивности пахотных земель в гармонии с природой является осознанный переход от агротехнических и агрохимических концепций в современной земледелии к агроэкологической парадигме его дальнейшего развития. Визуальным маркером достижения этой цели служит постепенное формирование однородного агрогоризонта почвы мощностью 30-40 см в течение 10-15 лет системной агроэкологической работы. Полученные результаты позволяют более объективно оценить современное состояние почвенного плодородия исследуемого региона. Проведённая оценка может быть использована при разработке мероприятий по повышению эффективности использования пахотных земель и сохранению их экологической устойчивости. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных данных при планировании систем земледелия и рационального управления агроландшафтами.

Ключевые слова: пахотные земли, дерново-подзолистые почвы, почвенно-экологический потенциал, рационально-эффективное использование.

Для цитирования. Просьянников Е.В. Почвенно-экологический потенциал пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 15-19.

Original article

**SOIL AND ECOLOGICAL POTENTIAL OF ARABLE LANDS
OF THE BRYANSK-ZHIZDRA POLES'YE**

Yevgeny V. Prosyannikov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The Bryansk-Zhizdra Poles'ye is a natural and agricultural region with coordinates 53° 30' and 54° 00' north latitude and 34° 00' and 36° 00' east longitude, located within the Dnieper-Desna lowland in the northeast of the Bryansk region and the southwest of the Kaluga region. The productivity of its arable lands is determined by the state of the soil cover, which is dominated by sod-podzolic soils of all three types of podzolization process and gleyed to varying degrees. These soils are dominated by sandy and coarse-powdered fractions of elementary soil particles, and contain little humus, exchangeable potassium, calcium, and magnesium. The soil and ecological potential of arable land was calculated in terms of bonitet points using integral soil properties and agricultural climate productivity. It has been established to be medium-productive and makes 73 points. A condition for achieving high productivity of arable lands in harmony with nature is a conscious transition from agrotechnical and agrochemical concepts in modern agriculture to the agroecological paradigm of its further development. A visual marker for achieving this goal is a gradual formation of a homogeneous soil agro-horizon with a capacity of 30-40 cm over 10-15 years of systematic agroecological work. The obtained results permit to assess the current state of soil fertility of the studied region more objectively. The conducted assessment can be used in developing measures to improve efficiency of arable land use and

preserve their environmental sustainability. The practical significance of the research lies in the potential application of the obtained data in planning farming systems and rational management of agricultural landscapes.

Key words: arable lands, sod-podzolic soils, soil and ecological potential, rational and efficient use.

For citation. Prosyannikov Ye.V. Soil and ecological potential of arable lands of the Bryansk-Zhizdra Poles'ye // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 15-19.

Введение. Природно-аграрный регион с координатами 53° 30' и 54° 00' северной широты и 34° 00' и 36° 00' восточной долготы, находящийся в пределах Днепровско-Деснинской низменности на северо-востоке Брянской области, а также на юге и юго-западе Калужской области, называют Брянско-Жиздринским Полесьем (рисунок 1). Изучение десяти основных природных факторов продуктивность его пахотных земель, показало, что больше всех ее ограничивает состояние почвенного покрова [1]. Это обусловило необходимость оценки почвенно-экологического потенциала с целью дальнейшего рационально-эффективного использования.



Рисунок 1 – Расположение Брянско-Жиздринского Полесья [2]

Материалы и методы. Исследовали дерново-подзолистые почвы пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья. В их составе преобладают песчаные (1-0,05 мм) и крупнопылеватая (0,05-0,01 мм) фракции элементарных почвенных частиц. Первая фракция образована зернами кварца и полевых шпатов, обладает высокой водопроницаемостью и крайне низкой поглотительной способностью, а вторая – по минералогическому составу приближается к песчаной фракции, характеризуется невысокой влагоёмкостью и слабо набухает.

Почвенно-экологический потенциал пахотных земель региона рассчитывали в баллах по утвержденной на правительственном уровне методике [3, 4]:

$$\text{ПЭИ} = 12,5 \cdot (2 - V) \cdot П \cdot Дс \cdot А \cdot \frac{(\sum t^{\circ} > 10^{\circ} \text{C}) \cdot (КУ - Р)}{КК + 100},$$

где ПЭИ – почвенно-экологический индекс; 12,5 – постоянный множитель; 2 – максимально возможная плотность почвы при предельном уплотнении, г/см³;

V – плотность почвы в среднем для метрового слоя, г/см³;

П – «полезный объем почвы», оцениваемый по гранулометрическому составу (в метровом слое);

Дс – дополнительно учитываемые свойства почвы (в том числе гумусированность и мощность гумусового горизонта);

А – итоговый агрохимический показатель; ($\sum t^{\circ} > 10^{\circ} \text{C}$) – среднегодовая сумма температур выше 10 °С;

КУ – коэффициент увлажнения;

Р – поправка к КУ;

КК – коэффициент континентальности; 100 – поправка к КК.

В работе использовали среднеголетние агроклиматические показатели и средневзвешенные характеристики почв пахотных земель [5].

Результаты и их обсуждение. Почвенный покров пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья сложный, в нем преобладают дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава всех трех видов по степени выраженности процесса оподзоливания, что обуславливает низкое содержание в них гумуса, обменного калия, кальция и магния. Кроме этого, при очаговом

избыточном увлажнении [6], в генезисе этих почв принимает участие процесс оглеения [Физическая география и природа Калужской области / [Алейников О.И. и др.]. Калуга: Изд-во Н. Бочкарёвой, 2003. 272 с.6, 7].

Для расчета почвенно-экологического индекса почв пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья, использовали следующие средневзвешенные показатели: содержание гумуса (1,29 %), подвижного P_2O_5 (251 мг/кг), обменного K_2O (102 мг/кг), pH_{KCl} (5,49 единиц).

Коэффициент на отклонение содержания гумуса от средней величины ($D_{сгум}$) при средневзвешенном содержании гумуса 1,29 % рассчитывали по среднему содержанию гумуса 2,0 % в дерново-подзолистых почвах Центрального федерального округа Российской Федерации (ЦФО РФ) [3]. Отношение содержания гумуса в изучаемых почвах пахотных земель к среднему и умноженное на 100 составляет $1,29 : 2,0 \cdot 100 = 64,50$ %. По этой величине из источника [3] узнавали коэффициент $D_{сгум}$, который равен 0,78.

Итоговый агрохимический показатель А для почв пахотных земель региона рассчитывали по формуле:

$$A = K_{P_2O_5} \cdot K_{K_2O} \cdot K_{pH}$$

где $K_{P_2O_5}$ – коэффициент на содержание подвижных фосфатов;

K_{K_2O} – коэффициент на содержание обменного калия;

K_{pH} – коэффициент на реакцию солевой вытяжки KCl из почвы.

Качественную оценку обеспеченности почв пашни подвижным фосфором и обменным калием проводили по источнику [3]. Установили, что обеспеченность почв пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья P_2O_5 высокая, а K_2O средняя. После качественной оценки обеспеченности почв пашни подвижным фосфором и обменным калием, коэффициенты на их содержание брали из источника [3]. Коэффициент на содержание P_2O_5 равен 1,11, а K_2O – 1,00.

Качественную оценку реакции почв пахотных земель по величине pH_{KCl} проводили по источнику [3]. Средневзвешенная величина pH_{KCl} изучаемых почв Брянско-Жиздринского полесья равна 5,49, то есть реакция слабокислая и коэффициент K_{pH} равен 1,00.

Итоговый агрохимический показатель А для изучаемых почв пашни рассчитывали по следующей формуле:

$$A = K_{P_2O_5} \cdot K_{K_2O} \cdot K_{pH} = 1,11 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 1,11.$$

Завершающим в определении почвенно-экологического потенциала пахотных земель является расчет сельскохозяйственной продуктивности климата (СПК) в баллах до сотого знака после запятой:

$$СПК = (\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C}) \cdot (КУ - P) : (КК + 100),$$

где $(\sum t > 10 \text{ } ^\circ\text{C})$ – сумма активных температур $2200 \text{ } ^\circ\text{C}$

$(КУ - P)$ – коэффициент увлажнения КУ с поправкой P равен 1,05.

КК – коэффициент континентальности рассчитывали по формуле:

$$КК = 360 \cdot (t_{\max} - t_{\min}) : (\varphi + 10),$$

где t_{\max} – среднемесячная температура июля, $18,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

t_{\min} – среднемесячная температура января, $-8,8 \text{ } ^\circ\text{C}$;

φ – усредненная широта территории, где проводили исследования $54^\circ 00'$.

$$КК = 360 \cdot [18,0 \text{ } ^\circ\text{C} - (-8,8 \text{ } ^\circ\text{C})] : 54 + 10 = 150,75.$$

$$СПК = 2200 \cdot 1,05 : 150,75 = 15,32 \text{ балла.}$$

Окончательно почвенно-экологический потенциал изучаемых пахотных земель Брянско-Жиздринского полесья вычисляли следующим образом:

$$ПЭИ = 12,5 \cdot (2 - V) \cdot П \cdot D_c \cdot A \cdot СПК$$

где 12,50 – постоянный множитель;

$(2 - V)$ – среднеарифметический взвешенный показатель плотности дерново-подзолистых почв 0,52 [3];

П – коэффициент на «полезный объем» дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава 0,85 [3];

Дс_{гум} – коэффициент на отклонение содержания гумуса от средней величины 0,78;

А – итоговый агрохимический показатель 1,11;

СПК – сельскохозяйственная продуктивность климата 15,32.

$$\text{ПЭИ} = 12,50 \cdot 0,52 \cdot 0,85 \cdot 0,78 \cdot 1,11 \cdot 15,32 = 73,28 \text{ балла.}$$

Полученную величину сопоставляли с ПЭИ дерново-подзолистых почв эталонных пахотных земель ЦФО РФ (таблица). Почвенно-экологический потенциал пахотных земель Брянско-Жиздринского Полесья среднепродуктивный.

Таблица 1 – Почвенно-экологические индексы дерново-подзолистых почв эталонных пахотных земель ЦФО РФ [3]

Продуктивность пашни по величине ПЭИ, баллы			
высокая	средняя	низкая	очень низкая
85-90	70-75	50-55	41-46

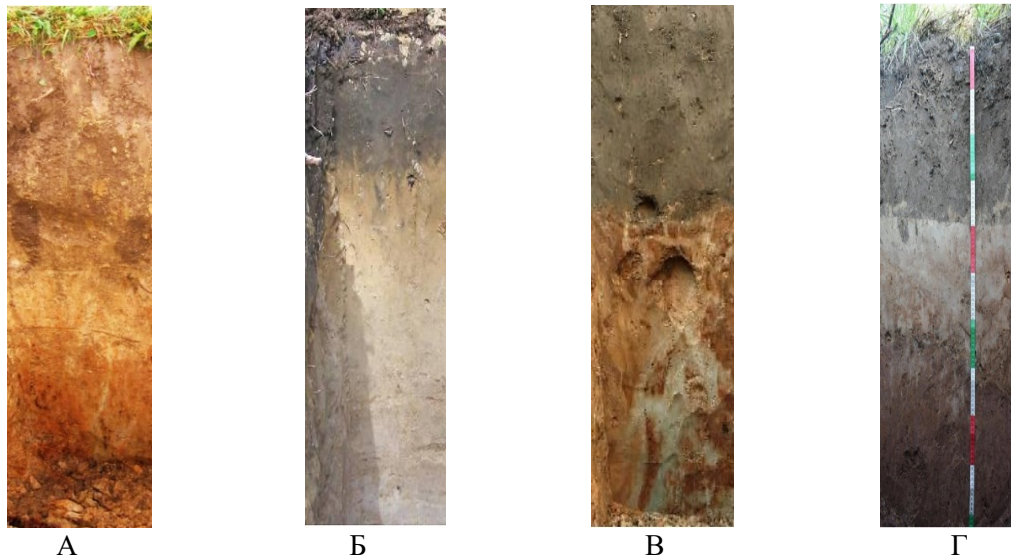


Рисунок 2 – Мощность агрогоризонта культурных дерново-подзолистых почв, сформировавшихся на различных материнских породах

- А. Культурная дерново-подзолистая почва на связной супеси, подстилаемой мореной;
 Б. Культурная дерново-подзолистая почва на рыхлой водно-ледниковой супеси, подстилаемой песком;
 В. Культурная дерново-подзолистая почва на морене (фото Г.С. Цытрон);
 Г. Культурная дерново-подзолистая почва на легком покровном суглинке (фото И. Семенкова).
 (фотографии заимствованы из общедоступных ресурсов интернета)

Выводы. Для рационального и эффективного использования почвенно-экологического потенциала пахотных земель с дерново-подзолистыми почвами необходимо системно применять следующие агроэкологические мероприятия.

1. Структура посевных площадей. В полевых севооборотах с зерновыми и зернобобовыми культурами площадь многолетних трав должна составлять около 20% и однолетних трав – примерно 10%. В кормовых севооборотах следует использовать многолетние травы длительного срока пользования, силосные культуры и корнеплодами.

2. Система обработки почвы должна включать лущение, отвальную или безотвальную вспашку, культивацию. Целесообразно минимизировать интенсивность обработки, использовать облегченную технику с удельным давлением на почву менее 1 кгс/см². На дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава следует проводить зимне-весенние влагозадерживающие мероприятия.

3. Применение органических удобрений. Лучшими являются подстилочный навоз и различные компосты, также хороший эффект дает возделывание сидератов с последующей их заашкой. Для обеспечения высокого уровня продуктивности пахотных земель с дерново-подзолистыми почвами

легкого гранулометрического состава необходимо ежегодно вносить 18-20 т/га, а на менее окультуренных – до 40 т/га органических удобрений. В севооборотах с насыщением многолетними травами более 35 % эти дозы соответственно можно уменьшить на 5-7 т/га, а в севооборотах с увеличением пропашных до 50 % – увеличить на 5-7 т/га.

4. Внесение минеральных удобрений в суммарном количестве НРК ежегодно 200-250 кг/га действующего вещества по известкованной почве. Известкование применять при pH_{KCl} ниже 4,7, а на почвах с высоким плодородием – ниже 5,5. Под зерновые культуры минеральные удобрения вносить в 3 приема (основное, припосевное и подкормка). При основном внесении под зерновые культуры, примерное соотношение в удобрениях $N : P : K = 1 : 0,6 : 0,6$, а под картофель соответственно 1: 0,7: 1,2. Необходимо уделять внимание потребностям растений в микроэлементах питания.

5. Условием достижения высокой продуктивности пахотных земель в гармонии с природой является осознание необходимости перехода от агротехнологических и агрохимических концепций в современном земледелии к агроэкологической парадигме его развития. Визуальным маркером достижения этой цели служит формирование в почвах однородного агрогоризонта мощностью 30-40 см (рис. 2), на что потребуется 10-15 лет системной агроэкологической работы.

Список источников

1. Вендикова Д.В., Просянных Е.В. Изучение и агроэкологическая оценка условий использования пашни Брянско-Жиздринского Полесья // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. III междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Брянский ГАУ, 2024. С. 29-34.

2. Атлас Калужской области. Калуга: Изд-во научной литературы Н.Ф. Бочкарёвой, 2005. 48 с.

3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения для специалистов хозяйств всех категорий, органов управления сельским хозяйством, Государственной агрохимической службы, Государственной службы защиты растений, органов сертификации, научных работников, преподавателей средних и высших сельскохозяйственных учебных заведений / В.Г. Сычев, А.Н. Аристархов, И.В. Володарская и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.

4. Оценка плодородия / А.С. Фрид, О.Г. Чуян, С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Т. 2 Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. Гл. 4. С. 17-34.

5. Прудников П.В., Пашковский А.А., Лелянова Е.Н. Агроэкологическая характеристика почв, экономическая эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 11. С. 10-20.

6. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллектив. монография в 2-х ч. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред. Е.В. Просянных, В.Е. Ториков. Брянск: Брянский ГАУ, 2020. 212 с.

Информация об авторе:

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

Information about the author:

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

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, the data presented and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 13.12.2025, одобрена после рецензирования 07.02.2026, принята к публикации 13.03.2026.

The article was submitted 13.12.2025, approved after reviewing 07.02.2026, accepted for publication 13.03.2026.

© Просянных Е.В.

Научная статья
УДК 633.88

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ (*ECHINACEA PURPUREA*)

¹Владимир Ефимович Ториков, ²Мария Владимировна Резунова,
²Ольга Сергеевна Абрамова

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

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены абиотические факторы, влияющие на качество лекарственного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*), проанализированы её фармакологические свойства и практическое применение. Известно девять видов эхинацеи, однако в медицинских целях используют три: эхинацею пурпурную (*E. purpurea*), эхинацею бледную (*E. pallida*) и эхинацею узколистую (*E. angustifolia*). Из них делают настойки, экстракты, таблетки и капсулы. Отмечено, что эхинацея пурпурная обладает иммуномодулирующими, противовоспалительными, антиоксидантными, противомикробными, противогрибковыми, ранозаживляющими и другими свойствами. Её эффективность подтверждена исследованиями при лечении острых респираторных заболеваний. Препараты на основе эхинацеи применяются для укрепления иммунитета, профилактики и лечения простудных заболеваний, а также в комплексной терапии хронических инфекций. Выявлено, что фармакологический эффект эхинацеи обусловлен четырьмя основными классами соединений: производными кофейной кислоты; полисахаридами; алкамидами; гликопротеинами, пептидами и флавоноидами. Брянская область обладает благоприятными природно-климатическими и почвенными условиями для возделывания эхинацеи пурпурной. Установлено, что для получения качественного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) необходимо учитывать такие факторы, как умеренный температурный режим и влажность, хорошая освещенность плантации, соблюдение почвенных условий. Показано, что уровень накопления биологически активных веществ в растительном сырье во многом определяется совокупным воздействием климатических и почвенных факторов среды. Анализ литературных данных и результатов исследований свидетельствует о важности рационального управления агроэкологическими условиями выращивания культуры. Это позволяет оптимизировать технологию возделывания эхинацеи пурпурной и повысить фармакологическую ценность получаемого лекарственного сырья. Грамотное управление абиотическими факторами позволяет получать высококачественное лекарственное сырьё эхинацеи пурпурной, что открывает широкие возможности для развития отечественной фармацевтической и фиточайной промышленности.

Ключевые слова: эхинацея пурпурная (*E. purpurea*), абиотические факторы, лекарственное сырьё *E. purpurea*, фармакологические свойства *E. Purpurea*, препараты на основе *E. Purpurea*.

Для цитирования: Ториков В.Е., Резунова М.В., Абрамова О.С. Абиотические факторы, влияющие на качество лекарственного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 20-26.

Original article

ABIOTIC FACTORS INFLUENCING THE QUALITY OF MEDICINAL RAW MATERIALS OF PURPLE ECHINACEA (*ECHINACEA PUR-PUREA*)

¹Vladimir Ye. Torikov, ²Mariya V. Rezunova, ²Olga S. Abramova

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

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract. This article examines the abiotic factors affecting the quality of *Echinacea purpurea*, its medicinal raw material, and analyzes its pharmacological properties and practical applications. Nine species of *Echinacea* are known, but only three are used medicinally: *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida*, and *Echinacea angustifolia*. These species are used to make tinctures, extracts, tablets, and capsules. *Echinacea purpurea* has been noted to possess immunomodulatory, anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, antifungal, wound-healing, and other properties. Its effectiveness has been confirmed by studies in the treatment of acute respiratory diseases. *Echinacea*-based preparations are used to strengthen the immune system, prevent and treat colds, and are also used in the complex therapy of chronic infections. It has been established that the pharmacological effect of *Echinacea* is due to four main classes of compounds: caffeic acid derivatives; polysaccharides; alkamides; glycoproteins, peptides, and flavonoids. The Bryansk region has favorable natural, climatic, and soil conditions for the cultivation of purple coneflower. It has been established

that, in order to obtain high-quality raw materials of purple coneflower (*Echinacea purpurea*), it is necessary to take into account such factors as moderate temperature and humidity, good plantation lighting, and maintaining soil conditions. It has been shown that the level of accumulation of biologically active substances in plant materials is largely determined by the combined effects of climatic and soil factors. Analysis of literary data and research results demonstrates the importance of rational management of agroecological conditions for crop cultivation. This allows us to optimize the cultivation technology of purple coneflower and increase the pharmacological value of the resulting medicinal raw material. Proper management of abiotic factors allows us to obtain high-quality medicinal raw materials from purple coneflower, opening up vast opportunities for the development of the domestic pharmaceutical and herbal tea industries.

Key words: *Echinacea purpurea* (*E. purpurea*), agricultural technology of *E. purpurea*, pharmacological characteristics of *E. Purpurea*, echinacea-based preparations.

For citation: Torikov V.Ye., Rezunova M.V., Abramova O.S. Abiotic factors influencing the quality of medicinal raw materials of purple echinacea (*Echinacea purpurea*) // *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2026. No. 2 (114). P. 20-26.

Введение. Современное общество все чаще сталкивается с болезнетворными микроорганизмами и факторами, способствующими развитию инфекции. В последние годы в традиционной и народной медицине наблюдается повышенный интерес к лекарственным растениям и фитопрепаратам для лечения и профилактики различных заболеваний человека. На территории России функционируют многочисленные предприятия, специализирующиеся на производстве сырья лекарственных культур. В целом ряде регионов России население самостоятельно выращивает у себя на приусадебных и дачных участках многие лекарственные растения (лимонник китайский (*Schisandra chinensis*), элеутерококк (*Eleutherococcus*), лапчатку белую (*Potentilla alba*), лобelia анисовый (*Agastache foeniculum*), тимьян или чабрец ползучий (*Thymus serpyllum*), эхинацею пурпурную (*Echinacea purpurea*) и др.). В связи с этим возникают вопросы: насколько качественное сырье выращивают и в дальнейшем употребляют дачники; какие факторы влияют на качество выращиваемого лекарственного сырья.

Особый интерес, на наш взгляд, представляет эхинацея пурпурная (*E. purpurea*), которая помимо лекарственных свойств обладает еще и высокой декоративной ценностью, служит отличным медоносом и кормовой культурой.

Эхинацея - североамериканское многолетнее растение семейства Астровые. Латинское название рода образовано от греческого слова *ekhinos* «колючий, похожий на ежа» из-за характерного колючего конуса в центре соцветия. Эхинацея представляет собой мощное травянистое растение высотой 100-150 см. Корни цилиндрические, коричневато-серые снаружи и белые внутри. Воздушный стебель ветвящийся, с грубыми волосками и красновато-коричневыми пятнами, придающими ему вид куста. Линейно-ланцетные листья с тремя изогнутыми ребрами и грубыми волосками цельные, 3-6 см шириной. Она образует розетку листьев в течение первого года выращивания и зацветает только на второй год [1].

Известно девять видов эхинацеи, однако в медицинских целях используют три: эхинацею пурпурную (*E. purpurea*), эхинацею бледную (*E. pallida*) и эхинацею узколистую (*E. angustifolia*). Из них делают настойки, экстракты, таблетки и капсулы. Около 4 веков назад индейцы показали белым поселенцам, как применять эхинацею в качестве обезболивающего средства, для заживления поверхностных ран, фурункулов и абсцессов, легких форм сепсиса, как противоядие от змеиных укусов, при боли в горле, кашле и других симптомах инфекций верхних дыхательных путей, при сифилисе. Позднее эхинацею стали использовать в древних медицинских школах Азии. *E. purpurea* вошла в китайскую и аюрведическую медицины как иммуномодулятор при лечении респираторных заболеваний [2].

Результаты и их обсуждение. Эхинацея пурпурная — ценное лекарственное растение с широким спектром фармакологического действия, в частности проявляющая иммуномодулирующие, противовоспалительные, антиоксидантные, противомикробные и противогрибковые, ранозаживляющие свойства.

Исследования подтверждают, что экстракты *E. purpurea* способны стимулировать врожденный иммунитет за счет усиления фагоцитарной активности нейтрофилов и макрофагов, повышения продукцию интерферонов и цитокинов, а также активации натуральных клеток-киллеров (НК-клетки) [3, 4]. Кроме того, при длительном приеме препаратов *E. Purpurea* наблюдалось умеренное повышение иммуноглобулинов IgG и IgM и увеличение уровня IgA в слюне, что оказывало положительное влияние на гуморальный иммунитет [4].

Экстракты *E. purpurea* проявляют клиническую эффективность при острых респираторных заболеваниях, снижая не только частоту ОРВИ, но и продолжительность симптомов (выраженности кашля, заложенности носа и головной боли) [3, 5-7].

Экспериментально показано снижение вирусной нагрузки при коронавирусах (включая SARS-

CoV-2), хотя клинические данные пока ограничены [8, 9].

Противовоспалительное и антиоксидантное действие экстрактов *E. purpurea* обусловлено их способностью подавлять активность NF-κB (англ. nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells), который связывает гены провоспалительных цитокинов (TNF, IL-6, IL-1β), молекул клеточной адгезии (ICAM, VCAM) и ферментов (ЦОГ-2, 5-липоксигеназы), уменьшает уровень маркеров окислительного стресса (МДА, АФК, 8-OHdG) и защищает клетки от повреждения свободными радикалами. Результаты имеющихся исследований свидетельствуют о том, что цикориевая кислота из *E. purpurea* обладает антиоксидантной активностью, сопоставимой с витамином С [10-12].

В последние годы появились данные о других потенциальных эффектах *E. purpurea*: например, об ее адаптогенных свойствах (защищающих от стресс-индуцированного иммунодефицита), о противоопухолевом потенциале посредством модуляции противоопухолевого иммунитета через активацию NK-клеток и цитотоксических Т-лимфоцитов [13-15].

Фармакологический эффект *E. purpurea* обусловлен четырьмя основными классами соединений:

- производные кофейной кислоты: цикориевая кислота, эхинакозид, хлорогеновая и кофейные кислоты, обладающие антиоксидантным, противовоспалительным и антимикробным действием;
- полисахариды (арабиногалактаны, гетероксиланы, рамногалактуронаны), стимулирующие фагоцитоз и активность макрофагов и нейтрофилов, что обеспечивает иммуномодуляцию;
- алкамиды (изопентениламиды), модулирующие иммунный ответ через каннабиноидные рецепторы типа 2 (CB2);
- гликопротеины и пептиды, участвующие в индукции интерферонов и активации NK-клеток и Т-лимфоцитов;
- флавоноиды (рутин, кверцетин, апигенин), обеспечивающие антиоксидантное и капилляроукрепляющее действие *E. purpurea* [16].

Эти компоненты содержатся как в надземных частях (полисахариды, флавоноиды, цикориевая кислота) и цветках (флавоноиды, эхинакозид), так и в корнях растения (алкамиды). Отмечается, что их концентрация и соотношение зависят от стадии развития, условий выращивания и способа экстракции [4].

Исследователи активно изучают факторы, влияющие на накопление биологически активных веществ в различных частях растения *E. purpurea*. Эти факторы включают стадию вегетации, условия выращивания, почвенные характеристики, способы заготовки и сушки, генетическую вариабельность сортов и др.

Метеорологические факторы оказывают воздействие на синтез вторичных метаболитов. Так, максимальную массу растения накапливают в годы с достаточным количеством осадков и среднемесячной температурой вегетационного сезона 16,5–17 °С [17]. Очевидно, что содержание суммы полисахаридов у растений *E. purpurea* увеличивается по фазам развития и максимально в фазу цветения. Содержание оксикоричных кислот в корневищах с корнями повышается при воздействии негативных факторов перезимовки (малая глубина снежного покрова, глубина промерзания почвы, абсолютный минимум зимней температуры) [18].

К почвенным факторам можно отнести повышенное содержание гумуса, который положительно влияет на накопление оксикоричных кислот в лекарственном сырье по сравнению с бедными по плодородию почвами [18]. Наиболее оптимальной для выращивания *E. purpurea* считается почва с pH 6,2–6,4, содержанием гумуса – 4,5-5% и достаточно обеспеченными микроэлементами [19]. Доказано, что наличие в почве кобальта, марганца, молибдена способствует активации ферментативных процессов, что ведёт к биосинтезу и накоплению биологически активных веществ. Например, медьсодержащие удобрения повышают содержание биологически активных веществ в лекарственном сырье *E. purpurea*. Ученые Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина в ходе проведенного исследования установили, что «внесение в почву ацетата меди на фоне макроудобрений позволило повысить содержание биологически активных веществ (дубильных веществ, витамина С и А) в лекарственном сырье *E. purpurea* и способствовало обогащению сырья микроэлементами (медью и цинком)» [19, с. 593].

Внесение макро- и микроудобрений в оптимальных дозах положительно влияет на развитие растений и повышению её продуктивности [20-22]. Так, в условиях дефицита азота снижается содержание гидроксикоричных кислот в *Echinacea purpurea* на 40–50% [23].

Немаловажным фактором является свет: *E. purpurea* — светолюбивое растение. Исследования И.В. Дойко показали, что спектральный состав света влияет на синтез и накопление биохимических продуктов: смена спектрального режима с белого на голубой свет увеличивает содержание гидроксикоричных кислот во всех органах растения [24].

Что касается агротехнических факторов, то для нормального роста и развития эхинацеи пур-

пурной необходима плодородная, структурная, хорошо дренированная, некислая почва. Имеются исследования, показавшие, что по сравнению с рассадным способом выращивания, при возделывании *E. purpurea* прямым посевом семян в почву в корневищах с корнями накапливается большее количество экстрактивных веществ. При этом, накопление биологически активных веществ максимально на 4–5 годы жизни растения [18].

Брянская область обладает благоприятными природно-климатическими и почвенными условиями для возделывания *Echinacea purpurea*. Растение хорошо адаптируется, устойчиво к местным болезням и вредителям, даёт стабильные урожаи высококачественного сырья. В производственных масштабах эту лекарственную культуру возделывают в ООО ССХП «Женьшень» (д. Пески Унечского района Брянской области) на легкосуглинистых, хорошо дренированных почвах. Растения размножают как рассадным способом, так и вегетативным способом (благодаря способности прикорневой розетки к делению), а также через самосев [25, 26]. «Семена не нуждаются в стратификации. Их высевают в открытый грунт осенью или рано весной. Схема посева в рассадном отделении 45 x 15 см. Глубина заделки семян – 2-3 см. Весной после посева поверхность почвы мульчируется перегноем. Посев семенами производится овощной сеялкой. Норма высева семян - 12 кг/га. Схема посадки рассады на постоянное место 70 x 20 см. В первый год растения образуют розетку листьев, достигая в высоту 15–20 см. Массовое цветение и плодоношение наблюдается, начиная со второго года жизни (июль-август). Растения ежегодно плодоносят» [27].

Из полученного сырья ООО ССХП «Женьшень» производит фиточай с уникальным составом. Так, широкое признание получил «фиточай «Богатырь природы». В его состав входят: эхинацея пурпурная (трава), лопух анисовый (трава), змееголовник молдавский (трава), лимонник китайский (лист), шиповник майский (плоды). Фиточай обладает тонизирующим и общеукрепляющим действием, повышает умственную и физическую работоспособность. Полезен при переутомлении, склонности к простудным заболеваниям (грипп, ОРЗ) и как профилактическое средство, предупреждающее старение. Придаёт бодрость и силы людям преклонного возраста» [27].

Таким образом, несмотря на то, что основные промышленные посевы эхинацеи пурпурной расположены в Московской, Самарской, Белгородской областях и в Краснодарском крае [28], она с успехом возделывается на почвах Брянской области и даёт фармакологическое сырьё хорошего качества. Качество сырья будет повышаться, если учитывать погодные условия, полив и применять антистрессовые препараты.

Учитывая, что содержание оксикоричных кислот, в том числе цикориевой, в *E. purpurea* выше при благоприятных погодных условиях ее возделывания, сочетающих достаточное увлажнение с солнечными днями. Следует учитывать, что такие стрессовые условия, как высокие температуры и низкая влагообеспеченность могут негативно влиять на рост лекарственного растения и снижать урожайность сырья. Качественное лекарственное сырьё эхинацеи пурпурной можно получать на дачных и приусадебных участках и использовать ее в домашних условиях. Предлагается немало рецептов на основе сырья *E. purpurea* для внутреннего использования.

Например, 10%-ная спиртовая настойка из корневищ и корней эхинацеи и/или наземных частей (листьев, соцветий, стеблей). Для этого 50 г измельченного растения заливают 450 мл 40-градусного спирта на 20 дней. Затем настойка процеживается. Применяют настойку по 15-30 капель 3 раза в день перед едой. Курс лечения длится не менее 2-3 недель.

Для наружного применения при фурункулезе, карбункулах, гнойных ранах, язвах и особенно при ожогах можно приготовить настой: 2 ст. л. цветочных корзинок *E. purpurea* настаивают 8 часов в 250 мл холодной кипяченой воды [27].

Фармацевтическая промышленность предлагает ряд препаратов на основе *E. purpurea*.

«Эхинацея-П» - биологически активная добавка (БАД) в виде таблеток. В состав (из расчёта на 1 таблетку) входит трава эхинацеи пурпурной - 50 мг; аскорбиновая кислота (витамин С) - 10 мг. Фармакологическое действие: оказывает иммуномодулирующий и противовоспалительный эффекты. Показания к применению: рекомендуется в качестве биологически активной добавки к пище - дополнительного источника витамина С, источника гидроксикоричных кислот и других биоактивных соединений. Некоторые показания: для эффективного поддержания иммунного статуса организма; при инфекционных заболеваниях в составе комплексной терапии; для профилактики простудных заболеваний, ОРВИ и гриппа; для угнетения роста и размножения стрептококка, стафилококка, кишечной палочки, вирусов гриппа, герпеса, стоматита; при психическом и физическом переутомлении, депрессии; при заболеваниях, связанных с нарушением обмена веществ (сахарный диабет, ожирение, заболевания печени), в составе комплексной терапии. Способ применения и дозы: взрослым - по 2–3 таблетки 3 раза в день во время еды, запивая достаточным количеством воды. Продолжительность приёма для профилактики - 2–3 недели [29].

«Экстракт эхинацеи пурпурной» — БАД в виде капсул бренда Solgar («Солгар»). Состав (из расчёта на 1 капсулу): трава эхинацеи пурпурной - 265 мг; экстракт корней эхинацеи пурпурной - 65 мг. Рекомендуются в качестве источника гидроксикоричных кислот. Фармакологическое действие: эхинацея способствует стимуляции иммунитета, повышению сопротивляемости организма к инфекциям, облегчению симптоматики и снижению продолжительности простудных заболеваний, препятствует проникновению в организм и активному размножению патогенных микроорганизмов. Принимают не более 10 дней в месяц. Для достижения максимального эффекта - начать приём при первых признаках простуды [29].

«Эхинацея-Вилар» - иммуностимулирующее средство растительного происхождения в форме сока для приёма внутрь. Состав: трава эхинацеи пурпурной - 1710 г; этиловый спирт (этанол) 95% - 270 г. Препарат применяют у взрослых и детей старше 12 лет в качестве иммуностимулирующего средства для усиления неспецифической иммунной реакции при часто повторяющихся острых воспалительных процессах или обострениях хронических заболеваний респираторных и мочевыводящих путей, а также при других заболеваниях, сопровождающихся снижением иммунного статуса организма. Способ применения и дозировка: внутрь после еды с небольшим количеством воды. В острый период заболевания (первые 3–5 дней) - по 30–40 капель на приём 3–4 раза в сутки; в дальнейшем - по 20–30 капель на приём до 3–4 раз в сутки в течение 2 недель [29].

«Эхинацин ликвидум» - иммуностимулирующее средство растительного происхождения в форме раствора для приёма внутрь. Состав (на 100 г раствора): сок травы эхинацеи пурпурной (1,7–2,5:1) - 80 г; этанол 96% - 18,1 г, вода - 1,9 г. Применяют для профилактики острых респираторных вирусных заболеваний; в составе комплексной терапии острых и хронических рецидивирующих инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей и мочевыводящих путей; вторичных иммунодефицитных состояний различной этиологии (инфекции, радиация, химиотерапия). Дозировка «Эхинацин ликвидум»: дети от 4 до 6 лет - по 1,25 мл 3 раза в день; дети от 6 до 12 лет - по 2,0 мл 3 раза в день; взрослые и дети старше 12 лет - по 2,5 мл 3 раза в день. Курс лечения не должен превышать 2 недель [29].

«Доктор Тайсс Эхинацея форте» - иммуностимулирующее средство растительного происхождения в форме раствора для приёма внутрь. Состав (из расчёта на 100 мл раствора): сок, отжатый из свежего цветущего растения эхинацеи пурпурной (75,6 мл); этанол 90% (об.) (24,4 мл). Препарат применяют для профилактики и лечения простудных заболеваний; вспомогательного лечения хронических инфекций дыхательных и мочевыводящих путей. Способ применения и дозы: взрослым и подросткам старше 12 лет принимать по 55 капель (2,75 мл) 3–4 раза в день. Важно: препарат не следует принимать более 8 недель [29].

«Иммунал» - иммуностимулирующий препарат растительного происхождения в форме раствора для приёма внутрь и таблеток. Действующее вещество: высушенный сок травы эхинацеи пурпурной (80 мг). «Иммунал» рекомендуется применять для укрепления иммунитета у пациентов с неосложнёнными острыми инфекционными заболеваниями, предрасположенностью к частым простудам; для профилактики простудных заболеваний и гриппа; в качестве вспомогательного лекарственного средства при продолжительной антибиотикотерапии хронических инфекционных заболеваний, сопровождающихся снижением иммунитета. Для достижения терапевтического эффекта «Иммунал» следует принимать не менее 1 недели, продолжительность непрерывного курса лечения — не более 8 недель [29].

Выводы. В ходе исследования были рассмотрены абиотические факторы, влияющие на качество лекарственного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*), а также проанализированы её фармакологические свойства и практическое применение.

Эхинацея пурпурная обладает широким спектром фармакологического действия: иммуномодулирующим, противовоспалительным, антиоксидантным, противомикробным, противогрибковым и ранозаживляющим. Её эффективность подтверждена исследованиями при лечении острых респираторных заболеваний.

Эхинацея используется как сырьё для производства фиточаев (например, «Богатырь природы»), настоек, экстрактов, таблеток и капсул («Эхинацея-П», «Экстракт эхинацеи пурпурной», «Иммунал» и др.). Препараты на основе эхинацеи применяются для укрепления иммунитета, профилактики и лечения простудных заболеваний, а также в комплексной терапии хронических инфекций.

Фармакологический эффект эхинацеи обусловлен четырьмя основными классами соединений: производными кофейной кислоты; полисахаридами; алкаламидами; гликопротеинами, пептидами и флавоноидами.

Для получения качественного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) необходимо учитывать следующие абиотические факторы: умеренный температурный режим и влажность, хоро-

шая освещенность плантации, соблюдение почвенных условий.

Брянская область обладает благоприятными природно-климатическими и почвенными условиями для возделывания эхинацеи пурпурной.

Грамотное управление агротехническими факторами позволяет получать высококачественное лекарственное сырьё эхинацеи пурпурной, что открывает широкие возможности для развития отечественной фармацевтической и фиточайной промышленности.

Список источников

1. Определение суммы фенолпропаноидов в подземных органах эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench., Asteraceae) / Е.Ю. Бабаева, И.Н. Зилфикаров, В.А. Сагарадзе и др. // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. 2022. Т. 15, № 4. С. 552-561.
2. Ручкина Н. Эхинацея индейский антибиотик [Электронный ресурс] // Химия и жизнь. 2020. № 3. – Режим доступа: URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435256/Ekhnatseya_indeyskiy_antibiotik.
3. Влияние препаратов эхинацеи на состояние клеточного и гуморального иммунитета с точки зрения доказательной медицины / В.И. Струков, М.Ю. Сергеева-Кондраченко, О.П. Виноградова и др. // Медицинская сестра. 2023. Т. 25, № 6. С. 27-33.
4. Сорокин О.В., Панова А.С., Суботьялов М.А. Иммуномодулирующий и противовирусный потенциал *Echinacea* spp // Врач. 2021. Т. 32, № 7. С. 51-55.
5. Маркова Т.П., Ярилина Л.Г. Препараты эхинацеи в терапии и профилактике респираторных инфекций // РМЖ. 2014. Т. 22, № 5. С. 384-388.
6. Rady M.R., Aboul-Enein A.M., Ibrahim M.M. Active compounds and biological activity of in vitro cultures of some *Echinacea purpurea* varieties // Bulletin of the National Research Centre. 2018. Vol. 42, No. 1. P. 1-12.
7. Morphological evaluation and antioxidant activity of in vitro- and in vivo-derived *Echinacea purpurea* plants / E. Zayova, I. Stancheva, M. Geneva et al. // Медицинская сестра. 2023. Т. 25, № 6. С. 27-33.
8. *Echinacea Purpurea* For the Long-Term Prevention of Viral Respiratory Tract Infections During Covid-19 / E. Kolev, L. Mircheva, M.R. Edwards et al. // Pandemic: A Randomized, Open, Controlled, Exploratory Clinical Study. Front. Pharmacol. 2022. № 13. P. 856410.
9. In vitro screening of anti-viral and virucidal effects against SARS-CoV-2 by / L.H. Bajrai, El- S.A. Kafrawy, A.M. Hassan et al. // *Hypericum perforatum* and *Echinacea*. 2022. № 12. P. 21723.
10. Анализ компонентного состава экстрактов растений рода эхинацеи (*echinacea moench*) методами ЯМР и ВЭЖХ / А.В. Кручонок, Е.Г. Попов, Е.Д. Скаковский и др. // Труды БГТУ. Сер. 2 Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. № 1 (229). С. 117-124.
11. Антиоксидантная активность экстрактов эхинацеи пурпурной / Е.И. Тарун, М.М. Заруба, Н.А. Жарская, В.П. Курченко // Сахаровские чтения 2025: экологические проблемы XXI века: материалы 25-й междунар. науч. конф. В 2-х ч., Минск, 22–23 мая 2025 года. Мн.: Белорусский гос. ун-т, 2025. С. 392-395.
12. Анализ производных кофейной кислоты в каллусной культуре *Echinaceapurpurea* / Т.И. Дитченко, П.С. Шабуня, С.А. Фатыхова и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, № 2(21). С. 54-63.
13. Бирман Б.Я., Голубев Д.С. Эхинацея природный адаптоген с широким спектром действия // Ветеринарная наука производству. 2005. № 38. С. 107-112.
14. Васюнина Е.Ю. Природные адаптогены в коррекции иммунного статуса детей дошкольного возраста // Наука на благо человечества 2016: материалы ежегодной всерос. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов и студентов посвящ. 85-летию МГОУ: Биолого-химический факультет, Москва, 01–29 апреля 2016 года / отв. ред. Д.А. Климачев. М.: Московский гос. областной ун-т, 2016. С. 56-59.
15. Мирошина Т.А., В.М. Позняковский, Мирошин Е.В. Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) как лекарственное растение // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2 (203). С. 65-72.
16. Полиэкстракция травы эхинацеи системами экстрагентов с возрастающей полярностью / В.А. Вайнштейн, И.Е. Каухова, П.С. Амелина и др. // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 3 (24). С. 54-63.
17. Авдеева А.В. Влияние экологических факторов на продуктивность и накопление вторичных метаболитов растениями *Echinacea purpurea* (L.) Moench: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Тольятти, 2004. 19 с.
18. Заманова Н.А. Особенности биологии и технологии выращивания эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) в южной лесостепи Республики Башкортостан: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Уфа, 2009. 142 с.
19. Жаркова Н.Н., Сухоцкая В.В., Ермохин Ю. И. Содержание некоторых биологически актив-

ных веществ и химических элементов в лекарственном сырье *Echinacea Purpurea* (L.) Moench под влиянием эссенциального микроэлемента *cu* [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственная биология. 2020. № 3. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-nekotoryh-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-i-himicheskikh-elementov-v-lekarstvennom-syrie-echinacea-purpurea-l-moench>. - 16.02.2026 г.

20. Артемова О.Ю., Сумина Е.В., Белецкий С.В. Формирование урожайности надземной массы эхинацеи пурпурной в зависимости от микробиологического удобрения «Биогор» // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 4. С. 90-98.

21. Сумина Е.В., Олива Т.В. Применение биологического удобрения в культуре эхинацеи пурпурной // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: материалы VI междунар. студ. науч. конф., Майский, 13–15 марта 2024 года. п. Майский: Белгородский ГАУ, 2024. С. 242-243.

22. Яхтанигова Ж.М., Кулишова И.В. Применение удобрения в посевах эхинацеи пурпурной (*ECHINACEA PURPUREA* L.) в условиях Центрально-Черноземного региона // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 5. С. 145-154.

23. Дитченко Т.И., Юрин В.М. Регуляция продукции вторичных метаболитов фенольной природы каллусной культурой *Echinacea purpurea* L. Moench корневого происхождения // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2018. № 2. С. 57-64.

24. Дойко И.В. Накопление биологически активных веществ в *Echinacea Purpurea* L. Moench при искусственных условиях выращивания // Вестник КрасГАУ. 2013. № 11 (86). С. 266-268.

25. Ториков В.Е., Мешков И.И. Химический состав сырья лекарственных растений, возделываемых в ООО ССХП "Женьшень" Унечского района Брянской области // Актуальные проблемы развития АПК и пути их решения: сб. науч. тр. нац. науч.-практ. конф., Брянск, 23–24 сентября 2020 года. Брянск: Брянский ГАУ, 2020. С. 38-47.

26. Ториков В.Е., Мешков И.И. Особенности выращивания и элементный состав корней эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench) в Брянской области // Агроконсультант. 2016. № 1. С. 36-40.

27. Ториков В.Е., Мешков И.И. Экология, выращивание и элементный состав корней эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench) в Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (53). С. 58-64.

28. Гуцина В.А., Никольская Е.О., Лобанова Н.Ю. Элементы технологии возделывания эхинацеи пурпурной на кормо-лекарственное сырье в зоне неустойчивого увлажнения // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3 (31). С. 20-29.

29. Интернет-аптека «Планета здоровья»// <https://planetazdorovo.ru/>

Информация об авторах:

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

М.В. Резунова - кандидат филологических наук, доцент, доцент Института иностранных языков для профессиональных целей, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова

О.С. Абрамова - студент, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова.

Information about the authors:

V.Ye. Torikov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikov@bgsha.com.

M.V. Rezunova - Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Institute of Foreign Languages for Professional Purposes, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

O.S. Abramova – student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical 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 21.02.2026; одобрена после рецензирования 05.03.2026, принята к публикации 13.03.2026.

The article was submitted 21.02.2026; approved after reviewing 15.03.2026; accepted for publication 13.03.2026.

© Ториков В.Е., Резунова М.В., Абрамова О.С.

Научная статья
УДК 633.12:631.8

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГРЕЧИХИ СОРТА ДАША ПРИ РАЗНЫХ ДОЗАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Владимир Михайлович Никифоров, Михаил Иванович Никифоров
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В условиях полевого опыта Брянского ГАУ в 2022-2024 гг. изучили влияние четырёх доз минеральных удобрений на продуктивность и качество зерна гречихи сорта Даша. Почвы опытного участка серые лесные среднесуглинистые (pH_{KCl} 4,74 – 5,31, содержание гумуса от 2,69 до 2,93 %, P_2O_5 от 332 до 463 мг-экв /100 г почвы, K_2O от 186 до 407 мг-экв /100 г почвы. Предшественник – озимые зерновые (озимая рожь). Норма высева – 3,5 млн. всхожих семян на гектар. Система обработки почвы проводилась согласно региональным рекомендациям по возделыванию яровых зерновых культур. Схема опыта включала 4 варианта применения минерального удобрения: 1. $N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль); 2. $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3. $N_{45}P_{45}K_{45}$; 4. $N_{60}P_{60}K_{60}$. Общая площадь делянки 250 м², учётной 50 м², делянки размещались систематически, повторность опыта трёхкратная. Установлено, в засушливых и слабо засушливых условиях, наиболее оптимальной дозой минерального удобрения является $N_{45}P_{45}K_{45}$. При внесении такой дозы наблюдалась средняя степень полегания посевов на уровне 3,0 – 3,5 баллов. Получена максимальная хозяйственная урожайность зерна, как по годам исследований (от 19,2 до 22,6 ц/га), так и в среднем за 3 года (21,2 ц/га), с существенной прибавкой урожайности к остальным вариантам опыта от 3,0 до 7,7 ц/га (от 22,2 до 57,0%). Полученное зерно по качеству соответствует 1 классу (содержание ядра 76,8%, крупность 83,2%). Разность размера плода и ядра составила 0,80 мм, что является оптимальным значением.

Ключевые слова: гречиха (*Fagopyrum esculentum* Moench), доза удобрения, урожайность, качество.

Для цитирования: Никифоров В.М., Никифоров М.И. Продуктивность и качество зерна гречихи сорта Даша при разных дозах минеральных удобрений // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 27-31.

Original article

BUCKWHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE VARIETY DASHA UNDER DIFFERENT MINERAL FERTILIZER DOSES

Vladimir M. Nikiforov, Mikhail I. Nikiforov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. In the conditions of field experience of the Bryansk SAU in 2022-2024 the effect of four doses of mineral fertilizers on the buckwheat grain productivity and quality of the variety Dasha was studied. The soils of the experimental plot are gray forest medium loamy (pH_{KCl} 4.74-5.31, humus content from 2.69 to 2.93%, P_2O_5 from 332 to 463 mEq/100 g of soil, K_2O from 186 to 407 mEq/100 g of soil. The predecessor is winter grain crops (winter rye). The seeding rate is 3.5 million of germinating seeds per hectare. The soil treatment system was carried out in accordance with regional recommendations for the cultivation of spring grain crops. The experiment scheme included 4 options for the use of mineral fertilizer: 1. $N_{15}P_{15}K_{15}$ (control); 2. $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3. $N_{45}P_{45}K_{45}$; 4. $N_{60}P_{60}K_{60}$. The total area of the plot was 250 m², of the registered one - 50 m², the plots were placed systematically, the repetition of the experiment is threefold. It has been established that in dry and slightly dry conditions, the most optimal dose of mineral fertilizer was $N_{45}P_{45}K_{45}$. When adding such a dose, an average degree of crop lodging was observed at the level of 3.0-3.5 points. The maximum economic grain yields was obtained, both by years of the researches (from 19.2 to 22.6 c/ha), and on average over 3 years (21.2 c/ha), with a significant increase in the yields to the rest of the experiment options from 3.0 to 7.7 c/ha (from 22.2 to 57.0%). The resulting grain quality corresponds to class 1 (kernel content 76.8%, grain size 83.2%). The difference between the fruit and kernel size was 0.80 mm, which is the optimal value.

Key words: buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), fertilizer dose, yields, quality.

For citation: Nikiforov V.M., Nikiforov M.I. Buckwheat grain productivity and quality of the variety Dasha under different mineral fertilizer doses // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 27-31.

Введение. Российская Федерация является одним из крупнейших мировых производителей и экспортёров гречихи. Российская гречиха пользуется широким спросом в различных государствах:

Беларусь, Китай, Монголия, Армения, Казахстан, Киргизия, Сербия, Япония. Основные посевные площади под культурой сосредоточены в Сибирском, Приволжском и Центральном федеральных округах [1].

За последние 5 лет в России наблюдается рост валового сбора зерна гречихи с 786 (2019 г) до 1485 тыс. тонн (2023 г). Однако этот рост обусловлен не повышением урожайности культуры, а ростом посевных площадей с 0,811 до 1,293 тыс. га. Урожайность в указанный период составила от 0,94 до 1,15 т/га [2, 3].

Существует множество причин низкой урожайности зерна гречихи, одна из которых обусловлена биологическими особенностями культуры, которые определяют повышенную требовательность, как к условиям минерального питания, так и к климатическим условиям. Поэтому, для повышения урожайности зерна гречихи необходимо изучение различных доз минеральных удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях [4].

Поскольку гречиха весьма требовательна к условиям минерального питания, она хорошо отзывается на применение минеральных удобрений, доля которых в общей урожайности культуры составляет 20-30 % [5]. Установлено, что, на формирование 2 т зерна и 6 т соломы гречиха выносит из почвы в среднем 90 кг/га азота, 60 кг/га фосфора и 150 кг/га калия, значение минеральных удобрений в формировании урожая возрастает при возделывании её на почвах с низким и средним содержанием питательных элементов. [6].

Ежегодно Государственный реестр селекционных достижений пополняется новыми, адаптивными, высокопродуктивными сортами гречихи. Они отличаются детерминантным типом роста, дружно созревают, увеличенной массой 1000 зёрен (32-34 г), высоким выходом крупы (70-74 %) и содержанием белка (13-16 %) [7].

Однако на данный период имеется недостаточно сведений по отношению этих сортов к условиям минерального питания. Поэтому изучение, корректировка и оптимизация доз применяемых удобрений в конкретных природно-климатических условиях при возделывании сортов гречихи является актуальной и представляет практическую значимость.

Цель исследования – выявить оптимальную дозу минерального удобрения, обеспечивающую повышение и стабилизацию урожайности и качества зерна гречихи сорта Даша в условиях серых лесных почв Брянской области.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены в 2022 – 2024 гг на опытном поле Брянского ГАУ.

По данным Чекина Г.В., Смольского Е.В. (2022) почва под опытными участками - серая лесная среднесуглинистая, сильнопылеватая, образованная на лессовидных карбонатных суглинках. Содержание органического вещества в пахотном горизонте (25 см) составляет 2,69 – 2,93 % (слабогумусированные почвы), реакция почвенного раствора pH_{KCl} 4,74 – 5,31 (средне- и слабокислые почвы), содержание подвижных форм фосфора очень повышенное (332 – 463 мг-экв/100 г почвы), содержание подвижного калия от повышенного (186 мг-экв/100 г почвы) до очень повышенного (407 мг-экв/100 г почвы)[8].

Объектом исследования являлся среднеспелый сорт гречихи Даша. Оригинаторы сорта: ФГБНУ Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур / ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. Включён в Госреестр по Центральному (3), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам в 2018 году [18].

Предшественник – озимые зерновые (озимая рожь). Норма высева – 3,5 млн. всхожих семян на гектар. Система обработки почвы проводилась согласно региональным рекомендациям по возделыванию яровых зерновых культур.

Схема опыта включала 4 варианта применения минерального удобрения: 1. $N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль); 2. $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3. $N_{45}P_{45}K_{45}$; 4. $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Основное удобрение вносили зернотуковой сеялкой СЗП-3,6 под предпосевную культивацию полной дозой. В качестве удобрения использовали азофоску 16-16-16.

Посев проводился рядовым способом с междурядьями 15 см сеялкой СПУ-3 в качественно подготовленную почву в 3 декаде мая – 1 декаде июня.

Размещение делянок в опыте – систематическое, повторность – трёхкратная, общая площадь делянки – 250 м², учетной – 50 м².

Полевые исследования и статистическую обработку результатов вели по методике Б.А. Доспехова (2014) и методике государственного сортоиспытания (2019). Учёт урожая проводили поделочно методом прямого комбайнирования с помощью селекционного комбайна Terrion SR2010. Качество зерна определяли по методике государственного сортоиспытания (1989).

Результаты и их обсуждение. Проведённые исследования показали, что в 2022-2024 гг. гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) в период вегетации растений гречихи составил от 0,94 до 1,26. По годам распределялся следующим образом: в 2022 и 2023 гг. ГТК соответствовал 1,13 и 1,26 единиц (слабо засушливые условия); в 2024 г. ГТК составил 0,94 единиц (засушливые условия). В критический период роста и развития растений гречихи (фаза цветения) в 2022 и 2023 годах ГТК составил 1,36 и 1,47, что соответствует оптимальным условиям увлажнения. В 2024 году в фазу цветения ГТК соответствовал засушливым условиям (0,93), однако май характеризовался избыточными условиями увлажнения, что способствовало накоплению почвенной влаги.

Оценка устойчивости гречихи к полеганию показала, что на контрольном варианте растения были более устойчивы к полеганию, чем на вариантах с более высокими дозами удобрений. Так, на вариантах с внесением удобрений в дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$ балл полегания на момент уборки составил 3,5-4,0 (от слабой до средней степени). На вариантах с дозой $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 3,0-3,5 балла (средняя степень), на варианте с дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 2,0-2,5 балла (сильно полегшие, затрудняющие машинную уборку урожая).

Неблагоприятные условия увлажнения и полегание растений сказались на сохранности растений и продуктивности гречихи в целом. В среднем за 3 года количество растений перед уборкой составило от 202 до 210 шт/м², при сохранности растений на момент уборки от 57,7 до 60,0 % (табл. 1).

Таблица 1 – Элементы структуры урожая гречихи (среднее за 2022-2024 гг.)

Доза удобрения	Количество растений перед уборкой, шт/м ²	Сохранность растений на момент уборки, %	Количество зёрен с 1 растения, шт	Масса 1000 зёрен, г	Масса зерна с 1 растения, г
$N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль)	202	57,7	23	29,7	0,67
$N_{30}P_{30}K_{30}$	210	60,0	27	30,2	0,81
$N_{45}P_{45}K_{45}$	208	59,4	33	30,9	1,02
$N_{60}P_{60}K_{60}$	209	59,6	29	30,1	0,87

Минимальные значения элементов структуры урожая отмечены на контрольном варианте с дозой $N_{15}P_{15}K_{15}$: среднее количество зёрен с 1 растения 23 шт, масса 1000 зёрен 29,7 г, массы зерна с 1 растения 0,67 г. Максимальные значения элементов структуры урожая отмечены на варианте с внесением дозы $N_{45}P_{45}K_{45}$ и соответствовали значениям 33 шт, 30,9 г и 1,02 г.

На варианте с внесением дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ средняя озернёность растения составила 29 шт, масса зерна с растения 0,87 г, на варианте с внесением дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ данные показатели составили 27 шт и 0,81 г соответственно. Масса 1000 зёрен на этих вариантах различалась на 0,1 г и составила 30,1 г при внесении 60 кг действующего вещества NPK на гектар и 30,2 г при внесении 30 кг д.в./га.

Урожайность гречихи зависела от условий года и дозы удобрения. Самая низкая урожайность получена в засушливых условиях 2024 года (ГТК=0,94), в среднем по культуре она составила 15,4 ц/га, с колебаниями в интервале от 10,2 до 19,2 ц/га, в зависимости от дозы удобрения. В слабо засушливых условиях 2022 года (ГТК=1,13) колебания урожайности составили от 12,7 до 21,8 ц/га со средним значением 17,4 ц/га. Максимальная урожайность получена в слабо засушливых условиях 2023 года (ГТК=1,26) – 19,6 ц/га и изменялась от 17,7 до 22,6 ц/га. В среднем за 3 года урожайность гречихи составила 17,5 ц/га и в зависимости от дозы удобрения изменялась в интервале от 13,5 до 21,2 ц/га (табл. 2).

Таблица 2– Урожайность гречихи, ц/га

Доза удобрения	Урожайность, ц/га			Среднее за 2022-2024 гг.	Прибавка урожайности к контролю	
	2022 г ГТК=1,13	2023 г ГТК=1,26	2024 г ГТК=0,94		ц/га	%
$N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль)	12,7	17,7	10,2	13,5	-	-
$N_{30}P_{30}K_{30}$	16,2	19,1	15,7	17,0	3,5	25,9
$N_{45}P_{45}K_{45}$	21,8	22,6	19,2	21,2	7,7	57,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	18,9	19,1	16,6	18,2	4,7	34,8
Среднее по культуре	17,4	19,6	15,4	17,5	-	-
НСР ₀₅	1,14	0,73	1,02	0,96	-	-

Самая низкая урожайность из изучаемых доз минеральных удобрений, как по годам исследований, так и в среднем за 2022-2024 годы, зафиксирована на контрольных вариантах: от 10,2 до 17,7 ц/га (среднее значение 13,5 ц/га).

Внесение удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ существенно увеличивало среднюю урожайность гречихи на 3,5 ц (25,9 % к контролю) до 17,0 ц/га. По годам исследований колебания урожайности при этой дозе удобрения составили от 15,7 до 19,1 ц/га, прибавка урожайности к контролю от 1,4 до 5,5 ц/га при уровне $НСР_{05}=0,73$ - 1,14 т/га, что свидетельствует о существенной прибавке.

При внесении дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайность к контролю существенно повышалась на 1,4 – 6,4 ц/га до показателей 16,6 – 19,1 ц/га, в зависимости от года исследования. Средняя урожайность за 3 года составила 18,2 ц/га, прибавка к контролю существенная (4,7 ц/га или 34,8 %).

Самая высокая урожайность отмечена при внесении минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$, в зависимости от года она изменялась в пределах от 19,2 до 22,6 ц/га, с существенной прибавкой к контролю на уровне 4,9 - 9,1 ц/га. Средняя урожайность гречихи при использовании этой дозы составила 21,2 ц/га, что на 3,0 ц выше, чем при внесении дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$, на 4,2 ц выше, чем при внесении дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ и на 7,7 ц выше, чем на контроле.

Согласно ГОСТ 19092-2021. Гречиха. Технические условия, норма по содержанию ядра для 1-го класса зерна составляет не менее 73 %, 2-го класса – не менее 71 %, 3-го – не менее 70 %. В условиях опыта на всех вариантах получено зерно с содержанием ядра от 76,1 до 76,8 %, что соответствует 1-ому классу (табл. 3).

Таблица 3 – Качество зерна гречихи (среднее за 2022-2024 гг.)

Доза удобрения	Содержание ядра, %	Крупность, %	Разность размера плода и ядра, мм
$N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль)	76,1	85,1	0,71
$N_{30}P_{30}K_{30}$	76,7	82,4	0,76
$N_{45}P_{45}K_{45}$	76,8	83,2	0,80
$N_{60}P_{60}K_{60}$	76,1	85,2	0,82

На варианте с внесением удобрения в дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$ (контроль) содержание ядра в зерне гречихи составило 76,1%, при использовании дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 76,7%, дозы $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 76,8% (максимальное значение), $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 76,1%.

По крупности, согласно того же ГОСТ, зерно гречихи делится на категории: крупное – остаток на сите с отверстиями диаметром 4,0 мм должен быть 80% и более, среднее – менее 80 до 50% и мелкое – менее 50 %. На всех вариантах опыта получено крупное зерно. Остаток на сите превысил 80% и в зависимости от дозы удобрения колебался в интервале от 82,4% (доза удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$) до 85,2% (доза удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$).

В технологическом отношении показатель «разность размеров иплода и ядра» имеет очень большое значение, при разности 0,80-0,90 мм получается наибольший выход крупы. Значения данного показателя в условиях опыта составили 0,71-0,82 мм. Оптимальная разность, на уровне 0,80 и 0,82 мм отмечена на вариантах с внесением удобрений в дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ соответственно. Близкая к оптимальной (0,76 мм) - на варианте с внесением удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. На контроле, разность размера плода и ядра составила 0,71 мм.

Заключение. Проведённые трёхлетние исследования показали, что при возделывании гречихи сорта Даша на серых лесных почвах Брянской области, в засушливых и слабо засушливых условиях, наиболее оптимальной дозой минерального удобрения является $N_{45}P_{45}K_{45}$. При внесении такой дозы наблюдалась средняя степень полегания посевов на уровне 3,0 – 3,5 баллов, получена максимальная хозяйственная урожайность зерна на уровне 21,2 ц/га (с колебаниями по годам от 19,2 до 22,6 ц/га) с качеством зерна, соответствующим 1 классу (содержание ядра 76,8%, крупность 83,2%). Разность размера плода и ядра составила 0,80 мм, что является оптимальным значением.

Список источников

1. Полухин А.А., Панарина В.И. Современное положение культуры гречихи на российском рынке // АПК: экономика, управление. 2021. № 2. С. 41-45.
2. Успехи в развитии аграрного сектора экономики Брянской области / С.М. Сычёв, С.А. Бельченко, Г.П. Малякко и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 1. С. 190-197.

3. Акимова Ю.А., Семенова Н.Н., Колесник Н.Ф. Конкурентная среда на рынке агропродовольственной продукции (на примере зернового рынка) // Региональные проблемы преобразования экономики. 2024. № 11. С. 177-188.

4. Глазова З.И. Агроэкономическая эффективность применения микро- и органоминеральных удобрений при выращивании гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2. С. 74-82.

5. Малявко Г.П., Смольский Е.В., Шаповалов В.Ф. Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2. С. 83-88.

6. Влияние биомодифицированных азотных удобрений на урожай и вынос питательных элементов гречихи разных лет селекции / Р.Г. Иванов, А.Н. Налиухин, С.Л. Белопухов, Г.К. Джанчарова // Агрехимический вестник. 2024. № 6. С. 14-21.

7. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 4. С. 381-387.

8. Чекин Г.В., Смольский Е.В. Агрехимические свойства почв опытного поля Брянского ГАУ // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 5. С. 31-38.

Информация об авторах:

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

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

Information about the authors:

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

M.I. Nikiforov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, 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 29.11.2025, одобрена после рецензирования 08.02.2026, принята к публикации 21.02.2026.

The article was submitted 29.11.2025, approved after reviewing 08.02.2026; accepted for publication 21.02.2026.

© Никифоров В.М., Никифоров М.И.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

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

Научная статья

УДК 636.4:612.11:636.087.7

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ
ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ СКАРМЛИВАНИИ ЛИЗИНСИНТЕЗИРУЮЩЕГО
ПРЕПАРАТА ПОРОСЯТАМ-ОТЪЁМЫШАМ**

¹Леонид Никифорович Гамко, ¹Анна Георгиевна Менякина,
²Иван Иванович Сидоров

¹ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ Брянская область, Кокино, Россия

²Брянский филиал федерального государственного бюджетного учреждения
«Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Брянск, Россия

Аннотация. Проведён научно-хозяйственный опыт по оценке влияния периодического скармливания лизинсинтезирующего препарата «Симбиохит» (*E. coli* VL-613) на продуктивность и морфобиохимические показатели крови поросят-отъёмышей крупной белой породы. В условиях КФХ Карачевского района Брянской области сформировали две группы по 10 голов. Продолжительность учёта составила 90 суток. Контрольная группа получала зерновую кормосмесь (дёрть пшеничная 40%, ячменная 40%, овсяная 5%, люпиновая 15%) и минерально-витаминную добавку. Опытной группе дополнительно задавали «Симбиохит» из расчёта 900 млн микробных клеток на животное 1 раз утром через 3 дня (после активации и разведения в питьевой воде). На фоне применения препарата конечная живая масса составила 43,9±0,34 кг против 42,0±0,27 кг в контроле, абсолютный прирост - 32,7 против 30,3 кг, среднесуточный прирост - 363±11,7 против 337±14,2 г. Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста снизились с 5,22 до 4,85. Кровь отбирали из хвостовой вены в конце третьего периода опыта; у опытных животных отмечены тенденции к увеличению эритроцитов (5,88±0,024 против 5,78±0,068·10¹²/л), лейкоцитов (7,89±0,021 против 7,56±0,073·10⁹/л) и гемоглобина (99,70±0,259 против 98,00±1,812 г/л), а также повышение общего белка (70,3±1,446 против 67,1±0,604 г/л). Показатели глюкозы, мочевины, кальция и фосфора находились на уровне, интерпретируемом как физиологическая норма, что указывает на отсутствие неблагоприятных сдвигов обмена веществ. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности периодического применения препарата в технологии выращивания поросят-отъёмышей.

Ключевые слова: поросята-отъёмышы; кормление; лизин; симбиотический препарат; продуктивность; морфологические показатели крови; биохимические показатели крови.

Для цитирования: Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Сидоров И.И. Продуктивность и морфобиохимические показатели крови при периодическом скармливании лизинсинтезирующего препарата поросьятам-отъёмышам // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 32-36.

Original article

**PRODUCTIVITY AND MORPHOBIOCHEMICAL INDICATORS OF BLOOD
WHEN FEEDING WEANED PIGLETS WITH LYSINE-SYNTHESIZING PREPARATION
PERIODICALLY**

¹Leonid N. Gamko, ¹Anna G. Menyakina, ²Ivan I. Sidorov

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

²Bryansk Branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Animal Health
Protection", Bryansk, Russia

Abstract. A scientific and economic experiment was conducted to assess the impact of periodic feeding of the lysine-synthesizing preparation "Simbiokhit" (*E. coli* VL-613) on the productivity and morpho-biochemical blood parameters of the large white weaned piglets. Two groups of 10 pigs were formed in the conditions of a peasant farm in the Karachev district of the Bryansk region. The duration of the record was 90 days. The control group received a grain food mixture (40% wheat flour, 40% - barley, 5% - cotton, and 15% - lupine) and a mineral vitamin additive. The experimental group was additionally given Simbiokhit at a

rate of 900 million microbial cells per animal once in the morning 3 days later (after activation and dilution in drinking water). Against the background of the preparation use, the final live weight was 43.9 ± 0.34 kg versus 42.0 ± 0.27 kg in the control, the absolute increase was 32.7 versus 30.3 kg, and an average daily gain of -363 ± 11.7 g compared to 337 ± 14.2 g. The energy feed unit costs per kg of gain decreased from 5.22 to 4.85. The blood was taken from the tail vein at the end of the third experimental period; in the experimental animals there were tendencies to increase red blood cells (5.88 ± 0.024 versus $5.78 \pm 0.068 \cdot 10^{12}/l$), leukocytes (7.89 ± 0.021 versus $7.56 \pm 0.073 \cdot 10^9/l$) and hemoglobin (99.70 ± 0.259 versus 98.00 ± 1.812 g/l), as well as an increase in total protein (70.3 ± 1.446 versus 67.1 ± 0.604 g/l). The levels of glucose, urea, calcium, and phosphorus were within the physiological range, indicating that there were no adverse metabolic changes. These findings support the use of the symbiotic preparation in the feeding of weaned piglets.

Key words: weaned piglets; feeding; lysine; symbiotic preparation; productivity; blood morphology; blood biochemistry.

For citation: Gamko L.N., Menyakina A.G., Sidorov I.I. Productivity and morphobiochemical parameters of blood when feeding weaned piglets with lysine-synthesizing preparation periodically // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 32-36.

Введение. Период отъема у свиней сопровождается выраженной стресс-реакцией, перестройкой микробиоценоза желудочно-кишечного тракта и повышенным риском снижения приростов. На фоне ограничений на профилактическое использование антибиотиков возрастает интерес к эубиотическим стратегиям (пробиотики/симбиотики, пребиотики), способным стабилизировать пищеварение и обмен веществ. Особый интерес представляют препараты, сочетающие нормализующее действие на микробиоту с потенциальной метаболической поддержкой за счет биосинтеза лимитирующих аминокислот, в том числе лизина [1-12].

Цель исследований - оценить влияние периодического скармливания лизинсинтезирующего симбиотического препарата «Симбиохит» (*Escherichia coli* VL-613) на продуктивность поросят-отъемышей и ряд морфобиохимических показателей крови.

Материал и методика исследований. Исследования были проведены на поросятах-отъемышах крупной белой породы в условиях крестьянско-фермерского хозяйства в Карачевском районе Брянской области. Препарат «Симбиохит» разработан учеными «Всероссийского научно-исследовательского института биологической промышленности» и был представлен нам для проведения эксперимента. Во флаконе (2 см^3) содержатся микробные клетки *E. coli* VL-613 (по данным производителя). Препарат «Симбиохит» для поросят-отъемышей подготавливают и дают в следующем порядке: берут с утра один флакон с симбиотическим препаратом, в него одноразовым десятисантиметровым шприцем через резиновую пробку вводят 10 см^3 стерильного физраствора, тщательно встряхивают до полного растворения таблетки и оставляют для активации на 0,5 – 1 час при температуре 22-25 градусов Цельсия. После активации содержимое флакона переливают в ёмкость с 0,5-0,6 л кипячёной охлаждённой до комнатной температуры воды. Препарат дают из расчета 900 млн. микробных клеток на одно животное. Для постановки научно-хозяйственного опыта было отобрано две группы поросят-отъемышей по 10 голов в каждой средней живой массой 11,2-11,8 кг. Учётный период длился 90 суток. Взвешивание поросят-отъемышей проводили в конце каждого периода. Для расчета продуктивности молодняка свиней проводили индивидуальное взвешивание, для расчета изучаемых показателей использовали стандартные формулы. Образцы крови отбирали из хвостовой вены в конце третьего периода опыта утром натощак до раздачи корма. В период опыта поросята-отъемыши получали зерновую кормосмесь в состав которой включали: дерть пшеничную – 40%, дерть ячменную – 40%, дерть овсяную – 5,0%, дерть люпиновую – 15,0% по массе. Опытной группе к основному рациону добавляли приготовленный препарат «Симбиохит» 900 млн микробных клеток. на одно животное, один раз утром в три дня, а контрольная группа получала кормосмесь без добавки. Для балансирования рациона в состав зерновой кормосмеси для обеих групп включали минерально-витаминную добавку.

Методы анализа крови. Отбор крови проводили утром натощак до раздачи корма из хвостовой вены с соблюдением правил асептики. Для гематологических исследований кровь стабилизировали антикоагулянтом К2/К3-ЭДТА; для биохимических исследований получали сыворотку (выдерживание до образования сгустка, центрифугирование, отделение сыворотки). Пробы, не соответствующие преаналитическим требованиям (сгустки, выраженный гемолиз), к анализу не допускали.

Гематологические показатели (эритроциты, лейкоциты, гемоглобин) определяли на автоматическом гематологическом анализаторе IDEXX ProCyte Dx. Измерения выполняли в соответствии с руководством производителя и регламентом внутреннего контроля качества лаборатории. Принцип измере-

ния основан на сочетании лазерной проточной цитометрии (оценка клеток по параметрам светорассеяния/флуоресценции) и импедансного подсчёта в соответствующих измерительных каналах, что обеспечивает автоматизированный подсчёт форменных элементов и расчёт связанных показателей.

Биохимические показатели сыворотки крови (глюкоза, мочевины, общий кальций, неорганический фосфор) определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Clima MC-15 фотометрическими методами с использованием коммерческих диагностических наборов и калибраторов, применяемых в Брянской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», в соответствии с инструкциями к наборам и стандартными операционными процедурами. Для глюкозы применяли ферментативный колориметрический метод; для мочевины - уреазный ферментативный метод; для кальция - колориметрический метод с комплексообразующим реагентом; для неорганического фосфора - колориметрический метод по образованию фосфомолибденового комплекса.

Общий белок определяли рефрактометрически на рефрактометре по показателю преломления сыворотки с пересчётом результата в г/л; перед измерением прибор калибровали по дистиллированной воде и контролировали чистоту измерительной призмы.

Кетоновые (ацетоновые) тела определяли экспресс-методом согласно регламенту лаборатории (качественная/полуколичественная оценка по изменению окраски в реакции нитропрусида с кетоновыми телами, с интерпретацией по шкале используемой тест-системы).

Результаты и обсуждение. В период опыта поросята-отъёмышы в сутки получали 1300 г зерновой кормосмеси, в которой содержалось – 17,6 МДж обменной энергии, 18,6 г переваримого протеина, лизина - 10,7 г, метеонина+цистина – 6,8 г, сырой клетчатки – 62,1 г, в соответствии с программой кормления молодняка свиней рацион по энергетической и протеиновой питательности сбалансирован и обеспечивает основные физиологические функции организма. Периодическое скармливание препарата «Симбиохит» в составе зерновой кормосмеси оказало влияние на изменение живой массы и среднесуточного прироста за учётных период, результаты которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Живая масса и среднесуточные приросты у порослят-отъёмышей при периодическом скармливании в составе кормосмеси препарата «Симбиохит»

Показатель	I-контрольная	II-опытная
Рацион	ОР – основной рацион (зерновая кормосмесь)	ОР + 900 млн. м.к. на одно животное один раз в три дня
Живая масса в начале опыта, кг	11,7 ± 0,28	11,2 ± 0,29
Живая масса в конце опыта, кг	42,0 ± 0,27	43,9 ± 0,34***
Абсолютный прирост, кг	30,3	32,7
Среднесуточный прирост, г	337 ± 14,2	363 ± 11,7
% к контролю	100	107,7
Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста	5,22	4,85
% к контролю	100	92,9

Примечание: здесь и далее: * - P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

Скармливание в составе зерновой кормосмеси второй опытной группы препарата «Симбиохит» достоверно оказало влияние на получение конечной живой массы (в конце учетного периода) на 4,5%. Повышение среднесуточного прироста на 7,7% при снижении затрат энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста на 7,1% следует трактовать не только как «улучшение пищеварения», но и как возможное повышение эффективности использования лимитирующей аминокислоты лизина на уровне тканевого белкового синтеза. При периодическом введении препарата 1 раз через 3 дня эффект может быть связан с волнообразной перестройкой микробного метаболизма и/или с кратковременным повышением поступления микробных метаболитов, влияющих на барьерную функцию кишечника.

Отмечен небольшой рост эритроцитов (+1,7%) и гемоглобина (+1,7%), что можно рассматривать как тенденцию к усилению кислородтранспортной функции крови и, опосредованно, к улучшению тканевого энергетического обмена. Возможная причина - лучшая обеспеченность белком (или аминокислотами, необходимыми для эритропоэза), либо уменьшение субклинического воспаления кишечника и потерь железа.

Увеличение числа лейкоцитов (+4,4%) при сохранении значений в пределах нормы может отражать умеренную стимуляцию неспецифической резистентности, характерную для ряда пробиотических или симбиотических вмешательств. Возможная причина - физиологическая вариация

бельность на фоне стрессовых факторов (иерархические взаимодействия, микроклимат) и индивидуальных различий.

Таблица 2 – Морфо-биохимические показатели крови у поросят-отъёмышей при периодическом скармливании препарата «Симбиохит»

Показатель	I-контрольная	II-опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,78 \pm 0,068$	$5,88 \pm 0,024$
Лейкоциты, $10^9/л$	$7,56 \pm 0,073$	$7,89 \pm 0,021$
Гемоглобин, г/л	$98,00 \pm 1,812$	$99,70 \pm 0,259$
Общий белок, г/л	$67,1 \pm 0,604$	$70,3 \pm 1,446^*$
Кальций общий, ммоль/л	$2,60 \pm 0,21$	$2,72 \pm 0,15$
Фосфор, ммоль/л	$2,56 \pm 0,06$	$2,67 \pm 0,02$
Мочевина, ммоль/л	$3,10 \pm 0,26$	$3,16 \pm 0,14$
Глюкоза, ммоль/л	$4,0 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,2$

Достоверное повышение содержания в сыворотке крови общего белка (+4,8%) мы рассматриваем как усиление белкового синтеза и более полноценное обеспечение аминокислотами, что согласуется с ростостимулирующим эффектом.

Отмечена тенденция к повышению уровня общего кальция (+4,6%) и фосфора (+4,3%), что по нашему мнению, может отражать более интенсивное формирование костной ткани и ее минерализацию в период активного роста, а также улучшение усвоения минеральных веществ при оптимизации микробиоты кишечника.

Незначительное повышение мочевины (+1,9%) при близких значениях между группами указывает на отсутствие выраженного сдвига в катаболизме белка и в функции печени и почек. В нашем случае увеличение среднесуточных приростов косвенно поддерживает гипотезу о перераспределении азота в сторону анаболизма, а не усиления распада белка.

Установлено умеренное повышение глюкозы (+7,5%), что может свидетельствовать о более стабильном энергетическом обеспечении и меньшей выраженности отрицательных последствий стресса после отъёма.

Выводы.

1. Периодическое скармливание препарата «Симбиохит» в дозе 900 млн микробных клеток на 1 животное 1 раз через 3 дня на фоне зерновой кормосмеси обеспечило повышение среднесуточного прироста поросят-отъёмышей на 7,7% и снижение затрат энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста на 7,1% по сравнению с контролем.

2. По итогам опыта морфологические и биохимические показатели крови оставались в пределах физиологической нормы; при этом у опытных животных отмечены тенденции к повышению эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, общего белка, кальция и фосфора, что может отражать оптимизацию белкового и минерального обмена в период активного роста.

Список источников

1. Пшеничная Е.А., Ермолова Е.М. Влияние «Спектолак экстра» на скорость роста поросят-отъёмышей // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 11 (196). С. 26-30.

2. Саломатин В.В., Небыкова Ю.А. Влияние кормовых добавок «Тетра+» и «Глималаск» на мясную продуктивность свиней и потребительские свойства свинины // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 5 (190). С. 12-21.

3. Гамко Л.Н., Сидоров И.И., Менякина А.Г. Обмен веществ и энергии у молодняка свиней на откорме при скармливании кормосмеси с пробиотической добавкой // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 3 (51). С. 197-202.

4. Трубников Д.В., Горобец А.Ю. Микрокапсулированный пробиотический препарат «Энзимспорин с ферментом» в кормлении свиней // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 4 (213). С. 13-27.

5. Влияние пробиотика на мясную продуктивность и показатели контрольного убоя свиней / А.Г. Мурашов, Е.М. Ермолова, В.И. Косилов, Ю.А. Кармацких // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 7 (204). С. 23-31.

6. Пробиотические добавки в составе кормосмеси: влияние на продуктивность откормочного молодняка / Л.Н. Гамко, И.И. Сидоров, А.Г. Менякина и др. // Свиноводство. 2020. № 6. С. 29-31.
7. Никанова Л. Применение фитобиотика ЭкстраКор в питании поросят-отъемышей // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2024. № 10 (223). С. 7-12.
8. Разработка технологии производства симбиотического препарата Пролизэр на основе *Escherichia coli* VL-613. Ч. 1. Оптимизация технологии культивирования *Escherichia coli* VL-613 для получения симбиотического препарата Пролизэр / И.В. Павленко, А.Я. Самуйленко, В.И. Еремец и др. // Вестник технологического университета. 2025. Т. 16, № 9. С. 171–175.
9. Разработка технологии производства симбиотического препарата Пролизэр на основе *Escherichia coli* VL-613. Ч. 2. Оптимизация условий сохранения жизнеспособности *Escherichia coli* VL-613 в симбиотическом препарате Пролизэр / И.В. Павленко, А.Я. Самуйленко, В.И. Еремец и др. // Вестник технологического университета. 2025. Т. 16, № 9. С. 176–180.
10. Твердофазный способ получения пробиотических кормовых добавок для сельскохозяйственных животных / Н.А. Ушакова, В.Г. Правдин, И.В. Правдин и др. // Микробиология. 2024. Т. 93, № 5. С. 666-670.
11. Productivity and parameters of blood of sows fed with probiotic supplements / L.N. Gamko, T.L. Talyzina, V.E. Podolnikov et al. // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. P. 00025.
12. Добавка пробиотического комплекса в рацион растущих свиной ускоряет ежедневный привес и снижает выделение кишечных газов / Сонбо Чо и др. // Канадский журнал зоотехнии. 2023. № 104 (1).

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.

И.И. Сидоров - доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора Брянский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ» — Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Information about the authors:

L.N. Gamko - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry and Animal Products Processing Bryansk State Agrarian University

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

I.I. Sidorov - Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director of the Bryansk Branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Animal Health Protection"

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 12.01.2026, одобрена после рецензирования 21.02.2026, принята к публикации 28.02.2026.

The article was submitted 12.01.2026, approved after reviewing 21.02.2026, accepted for publication 28.02.2026.

© Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Сидоров И.И.

Научная статья
УДК 636.52/.58.087.7

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТУШЕК ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ
ВЫРАЩЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БЕЛКОВО-ВИТАМИНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА НА ОСНОВЕ
РЫЖИКОВОГО ЖМЫХА СОВМЕСТНО С БИШОФИТОМ**

**Елена Андреевна Липова, Сергей Иванович Николаев,
Ольга Юрьевна Брюхно, Сергей Юрьевич Агапов,
Мария Алексеевна Рябова**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоградская область, Волгоград, Россия

Аннотация. Использование в кормлении бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата на основе рыжикового жмыха (БВМК(Р)) и бишофита улучшает усвояемость кормов, ведет к увеличению живой массы цыплят-бройлеров. Масса непотрошенной тушки цыплят-бройлеров в 1-опытной группе, где в кормлении применялся БВМК(Р) в количестве 7,5%, 10%, 12% в период старта, роста, финиша составила 2275,9 г., что на 27,4 г больше в сравнении с цыплятами-бройлерами контрольной группы, которые в своем рационе получали стандартный БВМК в том же количестве что и опытные группы. Масса непотрошенной тушки 2-опытной группы наилучшей по привесу, где в рационе использовано 7,5%, 10%, 12% БВМК(Р) совместно с + 2 мл бишофита на 1 кг комбикорма составила 2311,7 г. что на 63,2 г больше массы цыплят-бройлеров непотрошенной тушки контрольной группы, и на 35,8 г 1-опытной группы. Тушка цыплят-бройлеров 3-опытной группы весила 2293,9 г что на 45,4 г больше цыплят-бройлеров контрольной группы, на 18,0 г больше 1-опытной группы и на 17,8 г меньше 2-опытной группы. В 3-опытной группе для кормления цыплят-бройлеров в рационе применялся БВМК(Р) совместно с 2,5 мл бишофита на 1 кг комбикорма. В показателях массы потрошенной тушки (тушка, у которой удалены голова по второй шейный позвонок, ноги по заплюсневый сустав, шея без кожи на уровне плечевых суставов и все внутренние органы) наблюдалась та же тенденция.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, живая масса, кормление, бишофит, белково-витаминно-минеральный концентрат, рыжиковый жмых, морфологический состав мяса.

Для цитирования: Морфологический состав тушек цыплят-бройлеров выращенных с использованием белково-витаминно-минерального концентрата на основе рыжикового жмыха совместно с бишофитом / Е.А. Липова, С.И. Николаев, О.Ю. Брюхно и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 37-42.

Original article

***MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF BROILER CHICKEN CARCASSES RAISED USING
A PROTEIN-VITAMIN-MINERAL CONCENTRATE BASED ON CALENDAR FLOWER CAKE
COMBINED WITH BISHOFITE***

***Yelena A. Lipova, Sergey I. Nikolaev, Ol'ga Yu. Brykhno, Sergey Yu. Agapov,
Mariya A. Ryabova***

*Volgograd State Agrarian University, Volgograd region, Volgograd,
Russian Federation*

Abstract. The inclusion of a protein-vitamin-mineral concentrate based on camelina meal (BVMK) and bischofite in the diet of broiler chickens enhances feed digestibility and results in an increased live body weight of the birds. The live carcass weight of broiler chickens in the first experimental group, where a protein-vitamin-mineral concentrate based on camelina meal (BVMK) was used at levels of 7.5%, 10%, and 12% during the starter, grower, and finisher phases, amounted to 2275.9 g which is 27.4 g more than that of broiler chickens in the control group, which received the same amount of standard PVMC in their diet as the experimental groups. The weight of the uneviscerated carcass of the 2nd experimental group with the best weight gain, where the diet included 7.5%, 10%, 12% BVMK(R) together with + 2 ml of bischofite per 1 kg of compound feed, was 2311.7 g, which is 63.2 g more than the weight of the uneviscerated carcass of broiler chickens in the control group, and 35.8 g more than in the 1st experimental group. The carcass of broiler chickens in the 3rd experimental group weighed 2293.9 g, which is 45.4 g more than the broiler chickens in the control group, 18.0 g more than in the 1st experimental group, and 17.8 g less than in the 2nd experimental group. In the 3-test group, broiler chickens were fed a diet containing BVMK(R) along with 2.5 ml of

bischofite per 1 kg of feed. The same trend was observed in the eviscerated carcass weight (carcass with the head down to the second cervical vertebra, feet up to the metatarsal joint, neck without skin at the shoulder joint, and all internal organs removed).

Key words: broiler chickens, live weight, feeding, bischofite, protein-vitamin-mineral concentrate, camelina cake, morphological composition of meat.

For citation: Morphological composition of broiler chicken carcasses raised using a protein-vitamin-mineral concentrate based on calendar flow-er cake combined with bishofite / Ye.A. Lipova, S.I. Nikolaev, O.Yu. Bryukhno et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 37-42.

Введение. В 2025 году российская птицеводческая отрасль демонстрирует уверенное развитие. Министерство сельского хозяйства России сообщает, что в текущем году с января по июль 2025 года сельскохозяйственные организации произвели 3,96 миллиона тонн мяса птицы в живом весе – на 3,3% больше, чем за аналогичный период 2024 года. Увеличение объемов производства стало возможным благодаря внедрению различных эффективных мероприятий в области кормления для получения высококачественной продукции.

Внимание исследователей привлекает не только количественные показатели получаемого продукта, а в большей степени качественные, данное утверждение верно и в отношении выращивания цыплят-бройлеров [1-5].

Новейшие исследования в области секвенирования генома выявили сложность его, превосходящую предыдущие представления. Экспериментально было установлено, что некодирующая РНК может влиять на процессы жиросотложения, роста мышечных волокон и метаболизм, через эпигенетику возможно повлиять на качество мяса потомства, а структурные вариации – это крупные изменения – дупликации, делеции, инверсии целых участков хромосом, которые сильно влияют на фенотип птицы.

Всестороннее понимание и изучение качеств куриного мяса крайне важны для повышения стандартов качества птицы, удовлетворения ожиданий потребителей и стимулирования развития птицеводческой отрасли [6].

Мышцы цыплят-бройлеров – один из основных источников мяса во всем мире, характеризующееся высоким содержанием белка, питательной ценностью и универсальностью применения, что делает их основным продуктом питания рациона человека. Качество, вкусовые и органолептические свойства мяса цыплят-бройлеров во многом определяются задаваемым рационом во все периоды выращивания. Влияние корректировки состава корма возможно только с применением высококачественных кормовых и минеральных добавок [7-8].

Кафедра «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» 80 лет изучает и разрабатывает различные рационы, используя кормовые добавки и минеральные вещества Волгоградской области. Одно из последних исследований направлено на изучение белково-витаминно-минерального концентрата, в основе которого использован продукт маслоэкстракционной промышленности – рыжиковый жмых БВМК(Р) совместно с бишофитом на различные показатели цыплят-бройлеров.

Среди разнообразных природных ресурсов Волгоградской области ведущее место по добыче занимает бишофит, который сформирован в результате сложных процессов тепломассопереноса, управляемых термодинамическими и кинетическими факторами более 200 миллионов лет назад.

Наибольшее месторождение расположено в Светлоярском соляном куполе. Химический состав бишофита представлен преимущественно хлоридом магния (95–96%). Дополняют его широким спектром микроэлементов, включая бром, йод, литий, молибден, титан, железо, а также соединения кальция, натрия и кремния.

Цель исследования - изучить влияние белково-витаминно-минерального концентрата, в основе которого рыжиковый жмых совместно с бишофитом и без него на морфологический состав тушек цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт проводился в условиях уникального, не имеющего аналогов в мире центра нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы, созданного в Волгоградском ГАУ на кафедре «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных». Условия содержания птицы в центре идентичны производственным. Для проведения научно-хозяйственного опыта были закуплены суточные цыплята-бройлеры кросса «Росс-308», в количестве 480 голов для формирования трех опытных групп и одной контрольной. Каждая группа укомплектована 120 головами цыплят. С целью обеспечения между группами сравнимости такие факторы как кросс, живая масса, клинические показатели были снивелированы. Кормление птицы проводили с учетом периода выращивания. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группы			
Контрольная	1-опытная	2-опытная	3-опытная
Длительность опыта (дней)			
37	37	37	37
Количество голов (шт)			
120	120	120	120
Условия эксперимента в период старта			
Основной рацион (ОР) с 7,5 % стандартным БВМК	ОР с 7,5 % БВМК (Р)	ОР с 7,5 % БВМК (Р) + 2 мл/кг комбикорма бишофита	ОР с 7,5 % БВМК (Р) + 2,5 мл/кг комбикорма бишофита
Условия эксперимента в период роста			
Основной рацион (ОР) с 10 % стандартным БВМК	ОР с 10 % БВМК (Р)	ОР с 10 % БВМК (Р) + 2 мл/кг комбикорма бишофита	ОР с 10 % БВМК (Р) + 2,5 мл/кг комбикорма бишофита
Условия эксперимента в период финиша			
Основной рацион (ОР) с 12 % стандартным БВМК	ОР с 12 % БВМК (Р)	ОР с 12 % БВМК (Р) + 2 мл/кг комбикорма бишофита	ОР с 12 % БВМК (Р) + 2,5 мл/кг комбикорма бишофита

Согласно условиям эксперимента, контрольная группа цыплят-бройлеров получала в период старта, роста и финиша основной рацион в состав которого входил стандартный БВМК с процентом ввода 7,5, 10 и 12% соответственно. Цыплятам-бройлерам 1-опытной группы задавался рацион с содержанием 7,5, 10 и 12% БВМК наполнителем которого являлся рыжиковый жмых. Процент ввода БВМК также, как и в контрольной группе определялся периодом выращивания – старт, рост и финиш. Цыплятам-бройлерам второй и третьей опытных групп дополнительно в состав рациона введен минеральный компонент бишофит, его количество не зависело от периода выращивания и составило во 2-опытной группе 2 мл на 1 кг комбикорма, в 3-опытной группе 2,5 мл на 1 кг комбикорма. БВМК(Р) и полнорационные комбикорма были изготовлены на промышленном предприятии по производству премиксов, комбикормов и белково-витаминно-минеральных добавок. Для изучения живой массы цыплят-бройлеров всех групп нами производились контрольные взвешивания в первые сутки и на 7-, 14-, 21-, 28-, 37-день выращивания.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований получены следующие данные (таблица 2), характеризующие основные зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров кросса Росс-308 поставленных на научно-хозяйственный опыт.

Таблица 2 – Зоотехнические показатели цыплят-бройлеров

Показатели	Группа			
	Контрольная	1-опытная	2-опытная	3-опытная
Посажено птицы, гол.	120	120	120	120
Срок откорма, дн.	37	37	37	37
Средняя живая масса суточного цыпленка, г	41,8 ± 0,12	41,7 ± 0,13	41,6 ± 0,09	41,5 ± 0,09
Средняя живая масса одного бройлера, г	2430,85 ± 17,81	2494,09* ± 17,98	2502,75* ± 18,12	2498,93* ± 17,98
Среднесуточный прирост живой массы, г	64,57	66,28	66,52	66,42
Конверсия корма	1,60	1,58	1,56	1,57
Сохранность бройлеров, %	100	100	100	100

Примечание: *P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

Можно отметить, что при применении в кормлении цыплят-бройлеров 2-опытной группы комбинации белково-витаминно-минерального концентрата на основе рыжикового жмыха с 2 мл/кг комбикорма бишофита обеспечило повышение живой массы на 3% в сравнении с цыплятами-бройлерами контрольной группы. Незначительно, но все-таки меньше прирост наблюдался в 1 и 3-опытных группах и находился в интервале 2,6 – 2,8%. Средняя живая масса одного бройлера в контрольной группе составила 2430,85 г. Среднесуточный прирост живой массы в опытных группах также был выше, чем в контрольной, в 1-опытной группе на 1,71 г, во 2-опытной группе на 1,95 г. и в 3-опытной группе 1,85 г. На протяжении всего опытного периода сохранность цыплят была высокой и составила в контрольной и опытной группах 100%.

Анатомическая разделка тушек цыплят-бройлеров является важной частью технологического процесса в мясной промышленности, обеспечивающая рациональное использование сырья и удовлетворение потребительского спроса на разнообразные мясопродукты птицы.

Отобранная птица в количестве по 6 голов с каждой группы, для анатомической разделки (согласно методическим наставлениям по проведению анатомической разделки тушек РАСХН ГНУ ВНИТИП Россельхозакадемии, 2013 г.), была клинически здоровой, типична по живой массе и упитанности кроссу Росс-308, а также соответствовала требованиям ГОСТ 18292-2012 «Птица сельскохозяйственная для убоя. Технические условия». Проведенная обвалка тушек цыплят-бройлеров представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Анатомическая разделка тушки

Показатели	Группа			
	Контрольная	1-опытная	2-опытная	3-опытная
Живая масса птицы после голодной выдержки, г	2424,1 ± 17,98	2465,0 ± 19,54	2491,0* ± 18,05	2473,7 ± 17,35
Масса тушки после обескровливания, г	2348,6 ± 17,29	2380,1 ± 17,62	2418,8* ± 16,56	2399,9 ± 17,81
Масса пера, г	80 ± 0,52	84** ± 0,62	85*** ± 0,68	85*** ± 0,62
Масса подкрылок, г	20 ± 0,21	20 ± 0,24	22*** ± 0,21	21* ± 0,24
Масса непотрошенной тушки, г	2248,5 ± 17,21	2275,9 ± 17,81	2311,7* ± 17,09	2293,9 ± 18,10
Масса потрошенной тушки, г	1723,1 ± 6,33	1819,8*** ± 11,46	1849,8*** ± 12,54	1834,1*** ± 9,21
Масса съедобных частей тушки, г.:				
Грудные мышцы	541,3 ± 3,83	590,1*** ± 4,82	608,1*** ± 3,88	600,6*** ± 3,88
Мышцы голени и бедренные мышцы	543,1 ± 3,56	595,1*** ± 3,81	610,1*** ± 3,89	599,4*** ± 3,10

Примечание: *P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

В ходе научно-хозяйственного опыта поставленного на цыплятах-бройлерах кросса Росс-308 представленных данных в виде таблицы свидетельствует что исходно живая масса птицы опытных групп выше контрольной на 1,7– 2,7%, так живая масса цыплят-бройлеров в контрольной группе после голодной выдержки составила 2424,1 г. Цыплята-бройлеры опытных групп, получавших в составе своего рациона белково-витаминно-минеральный концентрат, в основе которого использован продукт маслоэкстракционной промышленности – рыжиковый жмых БВМК(Р) совместно с бишофитом

и без него обладали следующей живой массой в 1-опытной группе 2465,0 г, во 2-опытной группе 2491,0 г., в 3-опытной группе 2473,7 г.

К технологическим отходами птицеводческой промышленности относится: масса пера и масса подкрылок. Их анализ важен с нескольких точек зрения: экономической, технологической, генетической и кормовой. Существенные отклонения (более чем в 5%) могут быть сигналом о проблемах в выращивании. Данные показатели у всех подопытных цыплят-бройлеров находилась в диапазоне от 80-85 г и 20-22 г соответственно.

Масса непотрошенной тушки в 1-опытной группе где в кормлении применялся белково-витаминно-минеральный концентрат, в основе которого рыжиковый жмых БВМК(Р) в количестве 7,5%, 10%, 12% в период старта, роста и финиша составила 2275,9 г. что на 27,4 г больше в сравнении с цыплятами-бройлерами контрольной группы которые в своем рационе получали стандартный БВМК в том же количестве что и опытные группы. Масса непотрошенной тушки цыплят-бройлеров 2-опытной группы оказалась наилучший по привесу, в рационе использовано 7,5%, 10%, 12% БВМК(Р) совместно с + 2 мл бишофита на 1 кг комбикорма, составила 2311,7 г. что на 63,2 г больше массы цыплят-бройлеров непотрошенной тушки контрольной группы, и на 35,8 г 1-опытной группы. Тушка без крови и пера с неудаленными внутренними органам, головой и конечностями 3-опытной группы весила 2293,9 г что на 45,4 г больше цыплят-бройлеров контрольной группы, на 18,0 г больше 1-опытной группы и на 17,8 г меньше 2-опытной группы. В 3-опытной группе в рационе применялся БВМК(Р) совместно с 2,5 мл бишофита на 1 кг комбикорма.

Масса съедобных частей тушки – отражает выход самого ценного продукта – чистой мышечной (мускульной) ткани. Для оценки эффективности конверсии корма в мясо необходимо рассчитать выход съедобных мышц от живой массы. Высокое развитие грудных мышц – главная цель современной селекции цыплят-бройлеров поскольку является наиболее ценной частью. Наибольшим мясными по пропорциям были цыплята-бройлеры 2 опытной группы, так выход грудных мышц цыплят-бройлеров 2-опытной группы составил 608,1 г это выше контрольной группы на 12,3 %. Масса грудных мышц контрольной группы составила 541,3 г. Цыплята бройлеры 1-опытной и 3-опытной групп также превосходили цыплят из контрольной группы на 48,8 г и 59,3 г соответственно.

Проведенный всесторонний анализ показателей анатомической разделки тушек цыплят-бройлеров позволяет сделать вывод что наилучшими показателями обладали цыплята-бройлеры опытных групп. Наилучшими данными были цыплята-бройлеры 2-опытной группы где в рационе при их выращивании использовался белково-витаминно-минеральный концентрат на основе рыжикового жмыха совместно с 2,0 мл бишофита на 1 кг комбикорма, также можно выделить и 3-опытную группу которая также получала БВМК(Р) с 2,5 мл бишофита на 1 кг корма.

Заключение. Согласно условиям эксперимента, в 37-дневной птица 2-опытной группы где в рационе была применена комбинация белково-витаминно-минерального концентрата на основе рыжикового жмыха с 2 мл/кг комбикорма бишофита имела превышение живой массы на 2,8% в сравнении с цыплятами-бройлерами контрольной группы.

При проведении анатомической разделки было выявлено, что масса непотрошенной тушки в 1-опытной группе где в кормлении применялся белково-витаминно-минеральный концентрат, в основе которого рыжиковый жмых БВМК(Р) в количестве 7,5%, 10%, 12% в период старта, роста и финиша составила 2275,9 г. что на 27,4 г больше в сравнении с цыплятами-бройлерами контрольной группы которые в своем рационе получали стандартный БВМК с том же количестве что и опытные группы. Масса непотрошенной тушки цыплят-бройлеров 2-опытной группы оказалась наилучший по привесу, где в рационе использовано 7,5%, 10%, 12% БВМК(Р) совместно с 2 мл бишофита на 1 кг комбикорма составила 2311,7 г. что на 63,2 г больше массы цыплят-бройлеров непотрошенной тушки контрольной группы, и на 35,8 г 1-опытной группы.

Список источников

1. Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата / Е.А. Липова, С.И. Николаев, О.Ю. Брюхной др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 262-268.
2. Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Подольников М.В. Повышение мясных качеств цыплят-бройлеров под воздействием оздоровительной добавки кормовой (ОДК) «Гумэл Люкс» // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4 (98). С. 29-34.
3. Повышение мясной продуктивности бройлеров при использовании кормового концентрата из растительного сырья "Сарепта" / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.В. Струк и др. // Главный зоотехник. 2013. № 7. С. 36-40.

4. Использование кормового белкового концентрата «Волжский» в рационах цыплят-бройлеров / М.А. Рябова, С.И. Николаев, Е.А. Липова и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 4 (82). С. 385-393.

5. Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Чернышова М.А. Кормовая добавка «Сафманнан» в рационах цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 32-35.

6. Влияние антиоксидантного комплекса на рост и продуктивные качества цыплят-бройлеров / А.П. Новицкий, О.А. Новицкая, М.В. Сыроватский, Д.В. Быков // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 5 (111). С. 40-45.

7. Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата / Е.А. Липова, С.И. Николаев, О.Ю. Брюхно и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 262-268.

8. Смоляк Е.А., Менякина А.Г., Масалов В.Н. Эффективность применения разных доз кормовой добавки «Мука протеиновая кормовая» в кормлении цыплят бройлеров // Вестник аграрной науки. 2025. № 6 (117). С. 56-65.

Информация об авторах:

Е.А. Липова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведении сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Lipova.elenka@mail.ru

С.И. Николаев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведении сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, nikolaevvolgau@yandex.ru

О.Ю. Брюхно – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведении сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, o.bruxno@yandex.ru

С.Ю. Агапов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведении сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, agapov_s_y@mail.ru

М.А. Рябова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведении сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, prosto-marija88@mail.ru

Information about the authors:

Ye.A. Lipova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University, Lipova.elenka@mail.ru

S.I. Nikolaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University, nikolaevvolgau@yandex.ru

O.Yu. Bryukhno – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University, o.bruxno@yandex.ru

S.Yu. Agapov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University, agapov_s_y@mail.ru

M.A. Ryabova - candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agricultural University, prosto-marija88@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 14.01.2026, одобрена после рецензирования 10.02.2026, принята к публикации 20.02.2026.

The article was submitted 14.01.2026, approved after reviewing 10.02.2026, accepted for publication 20.02.2026.

© Липова Е.А., Николаев С.И., Брюхно О.Ю., Агапов С.Ю., Рябова М.А.

Научная статья

УДК 636.52/.58.03:636.087.7

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СОСТАВЕ РАЦИОНА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ХРОМА

Валерий Егорович Подольников

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Актуальность исследований обусловлена растущим интересом к использованию наночастиц минеральных веществ в животноводстве и птицеводстве в качестве перспективного способа повышения их продуктивности. Приведены результаты научно-хозяйственного опыта, посвящённого изучению влияния наночастиц оксида хрома (Cr_2O_3) на продуктивность цыплят-бройлеров. Исследование выполнено на большой выборке птицы: 325305 голов в контрольной группе и 367965 голов в опытной. В кормлении опытной группы применяли наночастицы оксида хрома в концентрации 100 мкг/кг комбикорма. В ходе эксперимента выявлено, что включение добавки в рацион способствует росту продуктивности птицы на 0,52% за полный цикл выращивания (42 суток). Наиболее высокие показатели роста наблюдались в двух возрастных периодах: в первые 7 дней жизни (+5,1% относительно контроля) и в интервале 15–21 сутки (+5,8%). Кроме того, в опытной группе зафиксировали повышение сохранности поголовья на 13,72%, что дополнительно повлияло на продуктивность в целом. Экономические расчеты подтверждают целесообразность применения наночастиц: прирост условной прибыли от реализации мяса составил 14,3%, или 7449,339 тыс. руб., при минимальных затратах на приобретение добавки (203,41 руб. на всё поголовье). Общий прирост живой массы в опытной группе достиг 1028623,63 кг, что на 128744,53 кг (14,31%) больше, чем в контрольной группе. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования наночастиц оксида хрома в промышленном птицеводстве и указывают на необходимость дальнейшей оптимизации схемы их скармливания на протяжении всего периода выращивания.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, оксид хрома, продуктивность, наночастицы.

Для цитирования: Подольников В.Е. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в составе рациона наночастиц оксида хрома // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 43-47.

Original article

BROILER CHICKEN PRODUCTIVITY WHEN USING CHROMIUM OXIDE NANOPARTICLES IN THE DIET

Valeri Ye. Podol'nikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *The relevance of the researches is due to the growing interest in the use of nanoforms of mineral substances in animal husbandry and poultry farming as a promising way to increase their productivity. The results of scientific and economic experiments devoted to studying the effect of chromium oxide (Cr_2O_3) nanoparticles on the productivity of broiler chickens are presented. The research was conducted on a large sample of birds: 325,305 in the control group and 367,965 in the experimental group. In feeding the experimental group, chromium oxide nanoparticles were used at a concentration of 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ of compound feed. During the experiment, it was found that including the additive in the diet contributes to an increase in poultry productivity by 0,52% over the full growing cycle (42 days). The most pronounced growth stimulating effect was observed in two age periods: in the first 7 days of life (+5,1% compared to the control) and in the interval of 15–21 days (+5,8%). In addition, the experimental group showed an increase in flock survival rate by 13,72%, which further influenced overall productivity. Economic calculations confirm the feasibility of using nanoparticles: the increase in conditional profit from meat sales amounted to 14,3%, or 7449,339 thousand rubles, with minimal costs for purchasing the additive (203,41 rubles for the entire flock). The total increase in live weight in the experimental group reached 1028623,63 kg, which is 128744,53 kg (14,31%) more than in the control group. The obtained results indicate the potential of using chromium oxide nanoparticles in industrial poultry farming and highlight the need for further optimization of their feeding regimen throughout the entire growing period.*

Keywords: *broiler chickens, feeding, chromium oxide, productivity, nanoparticles.*

For citation: *Podolnikov V.E. Broiler chicken productivity when using chromium oxide nanoparticles in the diet// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 43-47.*

Введение. Микроэлементы играют значимую роль в физиологических процессах сельскохозяйственной птицы, выступая в качестве биорегуляторов обмена веществ. Они участвуют в работе ферментов, входят в состав витаминов и гормонов, способствуют повышению устойчивости к заболеваниям, в том числе инфекционным [1, 2].

Хром - один из элементов, оказывающих влияние на метаболизм. Его биологическая роль включает стимуляцию синтеза белков, активацию энергетических ферментов, поддержку функции инсулина и снижение стрессовых реакций у птицы [3, 4]. Эффективность усвоения хрома зависит от формы его подачи (в т.ч. размера частиц) и сбалансированности рациона по другим питательным веществам [5].

В последние годы особый интерес исследователей вызывает использование минеральных веществ в наноформе. Наночастицы обладают рядом преимуществ перед традиционными минеральными добавками: большей удельной поверхностью, повышенной биодоступностью и способностью проникать через биологические барьеры [6]. В частности, применение наночастиц хрома может способствовать более эффективному усвоению этого микроэлемента и усилению его положительного воздействия на организм птицы [7].

Несмотря на то, что положительное действие хрома на организм животных известно давно, его применение в форме наночастиц в птицеводстве изучено недостаточно. Исследования на других видах животных и обобщающие работы по нанотехнологиям в кормлении птицы показывают перспективность такого подхода: наноформы микроэлементов демонстрируют более высокую биодоступность и эффективность по сравнению с классическими соединениями, а также могут повышать стрессоустойчивость птицы. В частности, эксперименты с наночастицами хрома выявили их положительное влияние на элементный статус организма и продуктивность цыплят-бройлеров.

В связи с этим особую актуальность приобретает исследование влияния наночастиц оксида хрома на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, а также оценка экономической целесообразности их включения в рационы. Оптимизация минерального питания птицы с использованием нанотехнологий может стать эффективным инструментом повышения продуктивности и рентабельности промышленного птицеводства [8].

Материал и методика исследований. Научно-хозяйственный опыт проведён на базе бройлерного цеха «Первомайский» АО «Куриное Царство» (Почепский район, Брянская область) в 2023 году. Объектом исследования послужили суточные цыплята кросса ROSS-308, отобранные методом случайной выборки и разделённые на две группы с соблюдением принципа аналогов - по происхождению, возрасту, живой массе и физиологическому состоянию.

Контрольная группа включала 325305 голов и получала основной рацион (ОР), составленный в соответствии с нормами ВНИТИП (2021) для данного кросса. Рацион был сбалансирован по всем основным питательным и биологически активным веществам, включая протеин, энергию, витамины и макро-микроэлементы. Опытная группа насчитывала 367965 голов и получала тот же ОР, но с включением наночастиц оксида хрома (Cr_2O_3) в дозе 100 мкг/кг корма. Добавка вносилась на этапе смешивания компонентов комбикорма для обеспечения равномерного распределения наночастиц по всей массе корма.

Используемая добавка представляет собой мелкодисперсный порошок зелёного цвета с размером частиц 90–95 нм. По данным спектрального анализа содержание хрома в препарате составляло 99,8%. Добавка отличалась устойчивостью к внешним факторам — свету, температуре и атмосферным воздействиям, имела низкую растворимость в воде, кислотах и щелочах и не содержала токсичных примесей, что подтверждено сертификатом соответствия.

Условия содержания птицы обеих групп были идентичными и соответствовали зоогигиеническим нормативам для бройлеров кросса ROSS-308. Плотность посадки составляла 18 голов/м², температурный режим варьировался от +32°C в первые дни до +22°C к концу выращивания. Продолжительность эксперимента составила 42 дня - полный цикл выращивания цыплят-бройлеров до убойной кондиции. В ходе исследования проводили комплексную оценку продуктивности птицы. Живую массу определяли путём взвешивания цыплят в начале опыта (в суточном возрасте) и далее еженедельно - утром до кормления. На основании полученных данных рассчитывали валовой прирост и среднесуточный прирост живой массы, пользуясь стандартными формулами. Все технологические аспекты по выращиванию бройлеров выполнены в соответствии с рекомендациями Aviagen: БРОЙЛЕРЫ ROSS308:Нормативные показатели (2022 г), также как и проведенные в ходе эксперимента измерения и расчеты [9].

Сохранность поголовья учитывали ежедневно с регистрацией падежа и определением причин гибели птицы по результатам патологоанатомического вскрытия. Диагностика основана на комплексном анализе макроскопических и гистологических изменений органов, а также сопутствующих

данных (анамнеза, клинических признаков, лабораторных исследований) и включала следующие этапы: внешний осмотр, вскрытие грудобрюшной полости, извлечение и описание внутренних органов, обследование ротовой полости, языка, пищевода, трахеи [9].

По результатам эксперимента была дана экономическая оценка [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ продуктивности показал, что влияние наночастиц оксида хрома на рост цыплят менялось в зависимости от возрастного периода. В первые 7 дней выращивания опытная группа продемонстрировала значительное преимущество по приростам - они превысили показатели контрольной группы на 5,1%, что свидетельствует о выраженном ростостимулирующем эффекте на раннем этапе. Однако в следующий период (7- 14 дней) наблюдалась обратная картина: прирост живой массы в опытной группе снизился на 9,8% по сравнению с контрольной. Вероятно, это связано с адаптацией организма птицы к новой форме минерального вещества.

Динамика среднесуточного прироста живой массы цыплят бройлеров по периодам выращивания представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Динамика продуктивности подопытных цыплят-бройлеров, в расчете на 1 голову

Показатели	Контроль-ная группа	Опытная группа	± к контролю
Средняя живая масса в суточном возрасте, г	35	35	-
Средняя живая масса в возрасте 7 суток, г	170	177	+7
Валовой прирост живой массы за 1-й период, г/гол.	135	142	+7
Среднесуточный прирост живой массы за 1-й период, г/гол.	19,29	20,28	+0,99
Средняя живая масса в возрасте 14 суток, г	471	480	+9
Валовой прирост живой массы за 2-й период, г/гол.	336	303	-33
Среднесуточный прирост живой массы за 2-й период, г/гол.	48,00	43,29	-4,71
Средняя живая масса в возрасте 21 суток, г	954	991	+37
Валовой прирост живой массы за 3-й период, г/гол.	483	511	+28
Среднесуточный прирост живой массы за 3-й период, г/гол.	69,00	73,00	+4
Средняя живая масса в возрасте 28 суток, г	1551	1595	+44
Валовой прирост живой массы за 4-й период, г/гол.	597	604	+7,00
Среднесуточный прирост живой массы за 4-й период, г/гол.	85,29	86,28	+0,99
Средняя живая масса в возрасте 35 суток, г	2206	2251	+45
Валовой прирост живой массы за 5-й период, г/гол.	655	656	+1
Среднесуточный прирост ж. м. за 5-й период, г/гол.	93,57	93,71	+0,14
Средняя живая масса в возрасте 42 суток, г	2918	2933	+15
Валовой прирост живой массы за 6-й период, г/гол.	713	682	-31
Среднесуточный прирост живой массы за 6-й период, г/гол.	101,86	97,43	-4,43
Валовой прирост живой массы за опыт, г/гол	2883	2898	+15
Среднесуточный прирост живой массы за опыт, г/гол.	68,64	69,00	+0,36

К третьей неделе выращивания ситуация изменилась: в интервале 14–21 суток прирост в опытной группе вновь превысил контроль на 5,8%, что указывает на восстановление стимулирующего действия добавки. В последующие периоды (21–35 суток) эффект от применения наночастиц постепенно снижался, и разница между группами сокращалась до 1,2–0,15%. В заключительный этап выращивания (35–42 суток) прирост живой массы в опытной группе оказался ниже на 4,35% относительно контрольной, что может быть обусловлено насыщением организма микроэлементом или изменением метаболических процессов на поздних стадиях роста.

Важным результатом эксперимента стало повышение сохранности поголовья в опытной группе на 13,72% по сравнению с контрольной. Это дополнительно способствовало увеличению общей продуктивности. В итоге общий прирост живой массы в опытной группе достиг 1028623,63 кг, что на 128744,53 кг на 14,31% превысило показатель контрольной группы.

Экономическую эффективность применения наночастиц оценивали на основе нескольких показателей: затрат на приобретение и введение добавки, стоимости прироста живой массы, условной прибыли от реализации дополнительной продукции и уровня рентабельности производства (табл. 2).

Экономические расчёты подтвердили целесообразность использования наночастиц оксида хрома. Несмотря на увеличение затрат на корма в опытной группе, расходы на саму добавку оказались

минимальными и составили всего 203,41 руб. на всё поголовье. При этом условная выручка от реализации прироста живой массы в опытной группе превысила контрольную на 13998,974 тыс. руб. (14,3%), а дополнительный доход от применения добавки достиг 7449,339 тыс. руб.

Таблица 2 – Экономические показатели в научно-хозяйственном опыте

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Поступило на убой, голов	308 389	350 707
Общая живая масса всего поголовья, кг	899 879,10	1 028 623,63
Валовой прирост живой массы всего поголовья за опыт, кг/	889 085,48	1 016 348,88
Стоимость комбикорма, руб./кг	47,96	47,96
Затраты на комбикорм на все поголовье, руб.	69 069 884,33	75 556 316,08
Израсходовано наночастиц оксида хрома, мкг/кг корма	-	100
Стоимость наночастиц оксида хрома, руб./кг	-	2 700,00
Затраты на наночастицы оксида хрома на все поголовье, руб.	-	203,41
Общие затраты на корма и наночастицы оксида хрома, тыс. руб.	69 069, 884	75 556, 519
Цена реализации прироста живой массы, руб./кг	110,00	110,00
Условная выручка от реализации прироста живой массы всего поголовья, тыс. руб.	97 799,403	111 798,377
Условная прибыль от реализации, тыс. руб.	28 729,519	36 241,858
Дополнительный доход, тыс. руб.	-	7 449,339

Таким образом, даже с учётом колебаний продуктивности в отдельные периоды, использование наночастиц оксида хрома оказалось экономически оправданным.

Заключение. Проведённый научно хозяйственный опыт позволяет сделать следующие выводы:

1. Включение наночастиц оксида хрома в рацион цыплят бройлеров в дозе 100 мкг/кг корма способствует повышению продуктивности на 0,52% за 42-суточный период выращивания.
2. Максимальный стимулирующий эффект наблюдается в двух возрастных периодах: 1–7 суток и 15–21 суток, с приростом продуктивности на 5,1 и 5,8% соответственно.
3. Применение добавки повышает сохранность поголовья на 13,72%, что дополнительно увеличивает общую экономическую эффективность.
4. Использование наночастиц оксида хрома обеспечивает рост условной прибыли на 14,3%, или на 7449,339 тыс. руб., при незначительных затратах на саму добавку.

Список источников

1. Биологические эффекты, связанные с поступлением в организм цыплят-бройлеров наночастиц хрома в разной дозировке / С.В. Лебедев, И.А. Гавриш, И.З. Губайдуллина, С.В. Шабунин // Ветеринария и кормление. 2019. № 1–2. С. 45–51.
2. Никулин В.Н., Мустафина А.С. Биологическое действие наночастиц оксида кремния на организм цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 63–71.
3. Губайдуллина И.З., Гавриш И.А., Маркова И.В. Влияние ультрадисперсных частиц хрома на элементный статус и продуктивность цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2021. № 5. С. 28–34.
4. Смирнова И.Р., Павлов А.В. Наночастицы хрома как фактор повышения стрессоустойчивости цыплят-бройлеров // Ветеринария Кубани. 2021. № 4. С. 12–15.
5. Подольников В.Е., Стрельцов В.А., Миткова Д.В. Эффективность применения кормовых добавок с наночастицами металлов в рационах цыплят-бройлеров // Зоотехния. 2022. № 3. С. 15–20.
6. Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Нанотехнологии в кормлении сельскохозяйственной птицы: перспективы и риски // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58, № 1. С. 88–97.
7. Использование органических источников хрома в кормлении кур-несушек / С.И. Николаев, Н.М. Костомахин, И.Ю. Даниленко и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 3. С. 13-21.
8. Васильев А.А., Петрова О.Н. Экономическая эффективность включения наночастиц в рационы цыплят-бройлеров // АПК: экономика, управление. 2022. № 8. С. 72–78.
9. Малякко И.В., Гамко Л.Н., Малякко В.А. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве. СПб.: Лань, 2022. 180 с.

Информация об авторе

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

Information about the author

V. Ye. Podol'nikov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Animal Feeding, Special Zootechnics and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, the data presented and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 12.01.2026, одобрена после рецензирования 15.02.2026, принята к публикации 26.02.2026.

The article was submitted 12.01.2026, approved after reviewing 15.02.2026, accepted for publication 26.02.2026.

© Подольников В.Е.

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

Научная статья
 УДК 631.22:621.565.83

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЯ ВОЗДУХА НА ЭЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЕ
ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

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

Аннотация. Повышенная влажность воздуха в животноводческих помещениях является одной из ключевых проблем обеспечения нормируемого микроклимата, особенно в зимний период. Традиционное решение, основанное на увеличении воздухообмена, приводит к значительным энергозатратам на подогрев приточного воздуха. В качестве энергоэффективной альтернативы в статье рассматривается применение термоэлектрических осушителей на элементах Пельтье, которые позволяют удалять избыточную влагу непосредственно внутри помещения с возможностью утилизации тепла. Целью исследования является разработка и аналитическое обоснование математической модели установки для осушения воздуха на основе термоэлектрических модулей Пельтье с рециркуляцией воздуха, предназначенной для использования в системах вентиляции животноводческих ферм. Предложенная математическая модель описывает полный термодинамический цикл работы устройства, который включает три последовательных процесса: изобарное охлаждение рециркуляционного воздуха в конденсационном теплообменнике (холодный спай) с выделением конденсата; адиабатное смешение охлажденного осушенного потока с наружным приточным воздухом (с возможностью вторичной конденсации); и последующий изобарный нагрев полученной смеси в радиаторе горячего спаия модуля Пельтье перед подачей в помещение. Разработанная модель позволяет выполнить количественную оценку влияния ключевых управляющих параметров - холодопроизводительности термоэлектрических модулей и соотношения расходов рециркуляционного и наружного воздуха - на выходные характеристики установки: температуру воздуха после охлаждения, температуру смеси, общую производительность по конденсату и температуру воздуха на выходе. Верификация модели на предельных случаях подтвердила ее адекватность. Выполненный пример расчета для условий фермы КРС ($T_n = -10^\circ\text{C}$, $T_v = +10^\circ\text{C}$) показал, что применение таких осушителей позволяет снизить влажность до санитарных норм, сократить требуемый воздухообмен на 30-35% и уменьшить затраты на подогрев приточного воздуха на 18-22%. Модель может быть использована для проектирования систем микроклимата и выбора рациональных режимов работы оборудования в зависимости от климатических условий и типа помещения.

Ключевые слова: осушение воздуха, элемент Пельтье, математическое моделирование, рециркуляция, животноводческое помещение, энергоэффективность.

Для цитирования: Безик Д.А., Бычкова Т.В. Моделирование осушителя воздуха на элементах Пельтье для животноводческих помещений // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 48-54.

Original article

MODELING OF A PELTIER-ELEMENT AIR DEHUMIDIFIER FOR LIVESTOCK FACILITIES

Dmitry A. Bezik, Tat'yana V. Bychkova
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Elevated air humidity in livestock buildings is one of the key challenges in ensuring a regulated microclimate, especially during the winter period. The traditional solution, based on increasing air exchange, leads to significant energy costs for heating the supply air. As an energy-efficient alternative, the article considers the use of thermoelectric dehumidifiers on Peltier elements, which allow for the removal of excess moisture directly inside the building with the possibility of heat recovery. The aim of the study is to develop and analytically substantiate a mathematical model of an air dehumidification unit based on thermoelectric Peltier modules with air recirculation, intended for use in ventilation systems of livestock farms. The proposed mathematical model describes the complete thermodynamic cycle of the device, which includes

three sequential processes: isobaric cooling of recirculated air in a condensing heat exchanger (cold junction) with condensate release; Adiabatic mixing of the cooled dehumidified flow with outside supply air (with the possibility of secondary condensation); and subsequent isobaric heating of the resulting mixture in the hot junction radiator of the Peltier module before supplying it to the room. The developed model allows for a quantitative assessment of the influence of key control parameters—the cooling capacity of the thermoelectric modules and the ratio of the flow rates of recirculated and outside air—on the output characteristics of the unit: air temperature after cooling, mixture temperature, total condensate capacity, and outlet air temperature. Verification of the model in extreme cases confirmed its adequacy. An example of calculation for cattle farm conditions ($T_n = -10^\circ\text{C}$, $T_b = +10^\circ\text{C}$) showed that the use of such dehumidifiers allows for a reduction in humidity to sanitary standards, a decrease in the required air exchange by 30-35%, and a decrease in the cost of heating the supply air by 18-22%. The model can be used for designing microclimate systems and selecting rational operating modes of equipment depending on climatic conditions and the type of premises.

Keywords: air dehumidification, Peltier element, mathematical modeling, recirculation, livestock facility, energy efficiency.

For citation: Bezik D.A., Bychkova T.V. Modeling of a Peltier-element air dehumidifier for livestock facilities // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 48-54.

Введение. Повышение эффективности животноводства в значительной степени определяется возможностью обеспечения нормируемых параметров микроклимата в животноводческих помещениях. Одной из наиболее актуальных проблем в зимний период является повышенная влажность воздуха, приводящая к интенсивной конденсации на ограждающих конструкциях, развитие респираторных заболеваний поголовья, увеличение травматизма и осложнение эксплуатации оборудования. Расчет воздухообмена в животноводческих помещениях обычно производится по критерию удаления избыточной влаги, что приводит к значительным энергозатратам на подогрев приточного воздуха для поддержания температуры на уровне зоотехнических требований.

Альтернативным подходом является применение активного осушения воздуха непосредственно внутри помещения. Снижение в нем влагосодержания позволяет перейти к расчету вентиляции по концентрации углекислого газа, что приводит к ослаблению санитарных требований к кратности воздухообмена. Среди различных технологий осушения интерес представляют термоэлектрические осушители на основе элементов Пельтье, характеризующиеся компактностью, бесшумностью, отсутствием хладагентов и движущихся частей в воздушном тракте, а также простотой и точностью управления [1, 2]. Однако их широкое внедрение сдерживается относительно низким коэффициентом эффективности, особенно при значительных перепадах температур [3].

Повышения общей энергоэффективности вентиляции можно достичь за счет реализации схем с рекуперацией тепла. Теплота, отводимая от конденсирующейся влаги и джоулево тепло, рассеиваемое на горячем спае модуля, в термоэлектрических осушителях на основе элементов Пельтье можно использовать для подогрева приточного воздуха. Большинство исследований термоэлектрических осушителей посвящено автономным бытовым приборам, в то время как их интеграция в системы вентиляции сельскохозяйственных объектов, особенно с рекуперацией, изучена недостаточно [4, 5].

Целью исследования является разработка математической модели термоэлектрического осушителя-рекуператора для оценки его эффективности в условиях животноводческого помещения.

Материалы и методы. Для осушения воздуха нами предложено устройство термоэлектрического осушителя с рециркуляцией воздуха. Схема устройства представлена на рис. 1.

Процесс осушения протекает следующим образом: теплый влажный рециркуляционный воздух через регулируемую заслонку (1) поступает в конденсационный теплообменник. Здесь в результате теплоотвода на холодных спаях термоэлектрических модулей Пельтье (ТЭМ) происходит его охлаждение ниже точки росы и конденсация избыточной влаги, которая отводится через дренажную систему. Осушенный и охлажденный поток смешивается адиабатически с наружным воздухом, дозируемым заслонкой (2). Сформированный поток направляется через нагревательный радиатор, где выделяющаяся на горячих спаях ТЭМ теплота передается воздуху, повышая его температуру перед подачей в помещение.

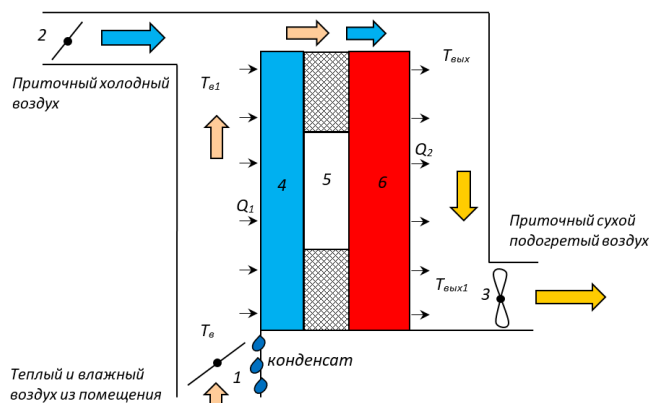


Рисунок 1 – Схема установки термоэлектрического осушителя на элементах Пельтье с рециркуляцией воздуха: 1 – регулирующая заслонка поступления в осушитель воздуха из помещения; 2 – регулирующая заслонка поступления в осушитель приточного воздуха; 3 – вентилятор; 4 – конденсационный теплообменник; 5 – элемент Пельтье; 6 – радиатор

Режим работы осушителя обеспечивается заданной производительностью вентилятора (3), степенью открытия регулирующих заслонок (1) и (2) и силой тока через элементы Пельтье, что позволяет гибко регулировать производительность установки в зависимости от требуемых параметров микроклимата.

Для количественного анализа работы установки разработана математическая модель, структурно разделенная на три расчетных блока, соответствующих основным термодинамическим процессам: охлаждению и конденсации, смешению (возможно тоже с конденсацией) и нагреву. Приняты следующие допущения: процесс стационарный, потоки воздуха одномерны, камера смешения адиабатическая, воздух и водяной пар подчиняются уравнению состояния идеального газа. Тепловые и гидравлические потери в корпусе установки не учитываются.

Первый блок модели описывает изобарное охлаждение влажного рециркуляционного воздуха в конденсационном теплообменнике, термически связанном с холодной гранью ТЭМ. На этом этапе определяется температура воздуха после охлаждения $T_{в1}$ и массовый расход конденсата Δm_1 при заданной холодопроизводительности Q_1 .

Расчет ведется для интервала времени $\Delta t = 1$ с. Объемы забранного из помещения и охлажденного воздуха за секунду:

$$V_B = \Phi_B \Delta t, V_{B1} = \Phi_{B1} \Delta t,$$

где Φ_B, Φ_{B1} - объемные расходы воздуха на входе и выходе конденсационного теплообменника, м³/с.

Параметр входящего потока - влагоемкость воздуха $a_{max}(T)$, определяется через давление насыщенных паров по формуле Магнуса:

$$p_{нас}(T) = 610.5 \exp\left(\frac{17.269 \cdot T}{237.3 + T}\right), a_{max}(T) = \frac{p_{нас}(T) \cdot M_{H_2O}}{R \cdot (T + 273.15)}, \quad (1)$$

где T – температура в °С, $M_{H_2O} = 0.01802$ кг/моль – молярная масса воды, $R = 8.314$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная.

Масса водяного пара во входящем потоке:

$$m_{H_2O.B} = a_B \cdot V_B, \quad (2)$$

где $a_B = \varphi_B \cdot a_{max}(T_B)$ - абсолютная влажность входящего воздуха, φ_B - относительная влажность воздуха из помещения.

Масса сухого воздуха во входящем потоке:

$$m_{с.в.В} = \frac{(p_a - \varphi_B \cdot p_{нас}(T_B)) \cdot V_B}{R_B \cdot (T_B + 273.15)}, \quad (3)$$

где $R_B = 287.05$ Дж/(кг · К) - удельная газовая постоянная сухого воздуха.

На выходе из конденсационного теплообменника воздух насыщен, поэтому его абсолютная влажность определяется температурой T_{B1} : $m_{H_2O.B1} = a_{max}(T_{B1}) \cdot V_{B1}$, где V_{B1} — неизвестный объём охлаждённого воздуха, м³, подлежащий определению.

Масса конденсата, образовавшегося за расчётный интервал времени $\Delta t = 1$ с, составляет:

$$\Delta m_1 = m_{H_2O.B} - m_{H_2O.B1}. \quad (4)$$

Закон сохранения массы сухого воздуха устанавливает связь между объёмами V_B и V_{B1} при изменении температуры и парциального давления пара (из уравнения состояния идеального газа):

$$\frac{(p_a - \varphi_B \cdot p_{нас}(T_B)) \cdot V_B}{T_B + 273.15} = \frac{(p_a - p_{нас}(T_{B1})) \cdot V_{B1}}{T_{B1} + 273.15}. \quad (5)$$

Уравнение энергетического баланса для адиабатного изобарного процесса:

$$Q_1 = \Delta m_1 r + (c_{рв} \cdot m_{с.в.в} + c_{рп} \cdot m_{H_2O.B}) \cdot (T_B - T_{B1}), \quad (6)$$

где $c_{рв} = 1005$ Дж/(кг·К) – удельная теплоёмкость сухого воздуха при постоянном давлении, $c_{рп} = 1870$ Дж/(кг·К) – удельная теплоёмкость водяного пара, $r = 2.501 \cdot 10^6$ Дж/кг - удельная теплота парообразования воды (значение при 0°C)

Система уравнений (1) – (6) с учётом условия сохранения массы сухого воздуха является замкнутой относительно переменных T_{B1} , V_{B1} и Δm_1 . Вследствие нелинейной зависимости $p_{нас}(T)$, решение находится численно с использованием оптимизационного инструмента «Поиск решения» в MS Excel, который итерационно варьирует значения T_{B1} и V_{B1} до выполнения уравнений баланса массы и энергии с заданной точностью.

Выходные параметры первого блока: T_{B1} , Φ_{B1} , $\Delta m_1/\Delta t$, полученные в результате решения задачи охлаждения, являются исходными данными для второго блока.

Второй блок модели описывает адиабатическое изобарное смешение охлажденного рециркуляционного воздуха с наружным воздухом. Основными расчётными параметрами, подлежащими определению, являются: равновесная температура смеси $T_{вых}$, результирующий объёмный расход $\Phi_{вых}$ и, в случае достижения состояния насыщения, массовый расход вторичного конденсата $\Delta m_2/\Delta t$.

Для фиксированного временного интервала $\Delta t = 1$ с. определяются массы компонентов в каждом потоке:

$$m_{с.в.н} = \frac{(p_a - \varphi_n p_{нас}(T_n)) \cdot V_n}{R_B \cdot (T_n + 273.15)}, m_{с.в.в1} = \frac{(p_a - p_{нас}(T_{B1})) \cdot V_{B1}}{R_B \cdot (T_{B1} + 273.15)}, \quad (7)$$

$$m_{H_2O.н} = a_{max}(T_n) \varphi_n V_n, m_{H_2O.в1} = a_{max}(T_{B1}) V_{B1}, \quad (8)$$

где $m_{с.в.н}$ - масса сухого воздуха в наружном потоке;

$m_{с.в.в1}$ - масса сухого воздуха в охлаждённом потоке;

$m_{H_2O.н}$ - масса водяного пара в наружном потоке;

$m_{H_2O.в1}$ - масса водяного пара в охлаждённом потоке;

$R_B = 287.05 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ — удельная газовая постоянная сухого воздуха.

Общая масса влаги: $m_{H_2O.сум} = m_{H_2O.в1} + m_{H_2O.н}$.

Процесс смешения описывается системой, составленной на основании законов сохранения масс, аддитивности парциальных объёмов компонентов при параметрах смеси, **баланса энтальпии и фазового равновесия.**

Закон сохранения массы сухого воздуха (сухой воздух не конденсируется и не участвует в фазовых переходах):

$$m_{с.в.вых} = m_{с.в.в1} + m_{с.в.н}. \quad (9)$$

Уравнение состояния для объёма смеси:

$$V_{\text{ВЫХ}} = \frac{m_{\text{с.в.ВЫХ}} R_{\text{в}} (T_{\text{ВЫХ}} + 273.15)}{p_{\text{а}} - p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}}} + \frac{m_{\text{H}_2\text{O.СУМ}} R_{\text{H}_2\text{O}} (T_{\text{ВЫХ}} + 273.15)}{p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}}}, \quad (10)$$

где $R_{\text{H}_2\text{O}} = 461.5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - удельная газовая постоянная водяного пара, $p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}}$ - парциальное давление водяного пара в смеси на выходе из камеры смешения, Па.

Уравнение баланса энтальпии:

$$\sum_{i=1,2} (m_{\text{с.в.}i} c_{\text{рв}} + m_{\text{H}_2\text{O.}i} c_{\text{рп}}) T_i = (m_{\text{с.в.ВЫХ}} c_{\text{рв}} + (m_{\text{H}_2\text{O.СУМ}} - \Delta m_2) c_{\text{рп}}) T_{\text{ВЫХ}} + \Delta m_2 \cdot r, \quad (11)$$

где $i=1$ — охлаждённый воздух ($T_{\text{В1}}, m_{\text{с.в.В1}}, m_{\text{H}_2\text{O.В1}}$), $i=2$ — наружный воздух ($T_{\text{Н}}, m_{\text{с.в.Н}}, m_{\text{H}_2\text{O.Н}}$).

Для режима с конденсацией:

$$p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}} = p_{\text{нас}}(T_{\text{ВЫХ}}), \quad (12)$$

$$\Delta m_2 = m_{\text{H}_2\text{O.СУМ}} - \frac{p_{\text{нас}}(T_{\text{ВЫХ}}) V_{\text{ВЫХ}}}{R_{\text{H}_2\text{O}} (T_{\text{ВЫХ}} + 273.15)}, \quad (13)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}} = m_{\text{H}_2\text{O.СУМ}} - \Delta m_2.$$

Система (7)–(13) образует замкнутую математическую модель, допускающую два физических режима, разделяемых критерием достижения насыщения. *На первом этапе система уравнений (9)–(11) решается в предположении отсутствия конденсации: $\Delta m_2 = 0$, $m_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}} = m_{\text{H}_2\text{O.СУМ}}$.* В результате находятся пробные значения температуры $T_{\text{ВЫХ}}$, объёма $V_{\text{ВЫХ}}$ и соответствующее парциальное давление водяного пара $p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}}$.

Если выполняется неравенство $p_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}} \leq p_{\text{нас}}(T_{\text{ВЫХ}})$, то смесь остаётся ненасыщенной, конденсация отсутствует. В противном случае смесь является пересыщенной, и её конечное состояние соответствует насыщению. Параметры $T_{\text{ВЫХ}}$ и $V_{\text{ВЫХ}}$ определяются как решение системы нелинейных уравнений (10)–(11) с учётом условия насыщения (12) и связи (13). Для решения применяется численный метод, реализованный с помощью «Поиск решения» в MS Excel, с минимизацией невязки исходных уравнений.

Результатом расчёта являются равновесная температура смеси $T_{\text{ВЫХ}}$, результирующий объёмный расход $\Phi_{\text{ВЫХ}}$ и, при наличии конденсации, массовый расход вторичного конденсата $\Delta m_2 / \Delta t$. Данные параметры служат исходными для последующего блока модели, описывающего нагрев воздушного потока.

Третий блок модели охватывает нагрев смешанного воздушного потока в радиаторе, термически связанном с горячими спаями термоэлектрических модулей. На этом шаге определяются температуры воздуха на выходе установки $T_{\text{ВЫХ1}}$, итоговый объёмный расход $\Phi_{\text{ВЫХ1}}$ и сила тока I через элементы Пельтье при заданной холодопроизводительности Q_1 .

На вход блока поступают параметры смеси из блока смешения: расход $\Phi_{\text{ВЫХ}}$, температура $T_{\text{ВЫХ}}$. Теплоёмкость влажного воздуха, поступающего в нагреватель за время $\Delta t = 1$ с:

$$c_{\text{р}} = m_{\text{с.в.ВЫХ}} \cdot c_{\text{рв}} + m_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}} \cdot c_{\text{рп}}, \quad (14)$$

где $m_{\text{с.в.ВЫХ}}$ и $m_{\text{H}_2\text{O.ВЫХ}}$ — массы сухого воздуха и пара в смеси за секунду.

Для элемента Пельтье мощность нагрева горячей спаевой Q_2 связана с холодопроизводительностью Q_1 и силой тока I :

$$Q_2 = Q_1 + R_{\text{ЭП}} \cdot I^2, \quad (15)$$

где $R_{\text{ЭП}} = 2.05456$ Ом — активное сопротивление элемента Пельтье. Разность температур горячей T_4 и холодной T_3 граней модуля:

$$T_4 - T_3 = \frac{R_{\text{ЭП}} \cdot I}{\alpha}, \quad (16)$$

где α — коэффициент Зеебека элемента Пельтье, В/К, определяется по методике [6].

Тепловой поток Q_2 , отводимый радиатором в воздух, определяется разностью температур радиатора T_4 и воздуха на входе $T_{\text{ввых}}$ через $R_{T.\text{рад}}$ - тепловое сопротивление радиатора. Теплота Q_2 расходуется также на изобарный нагрев влажного воздуха.

$$Q_2 = \frac{T_4 - T_{\text{ввых}}}{R_{T.\text{рад}}}, \quad Q_2 = c_p \cdot (T_{\text{ввых1}} - T_{\text{ввых}}), \quad (17)$$

где $R_{T.\text{рад}}$ — тепловое сопротивление радиатора, °C/Вт.

С учётом теплового сопротивления конденсатора $R_{T.\text{конд}}$:

$$T_3 = \frac{T_{\text{в}} + T_{\text{в1}}}{2} - R_{T.\text{конд}} \cdot Q_1, \quad (18)$$

где $R_{T.\text{конд}}$ — тепловое сопротивление конденсатора, °C/Вт.

Система уравнений (14)–(18) является замкнутой относительно переменных $T_{\text{ввых1}}$, T_4 , T_3 и I . Вследствие нелинейной связи тока и тепловых потоков, решение находится численно, используя «Поиск решения» в MS Excel, варьируется сила тока I до выполнения условий (15)–(17) одновременно.

Результатом расчёта являются:

- температура осушенного воздуха на выходе установки: $T_{\text{ввых1}}$;
- итоговый объёмный расход: $\Phi_{\text{ввых1}} = \Phi_{\text{ввых}} \cdot \frac{T_{\text{ввых1}} + 273.15}{T_{\text{ввых}} + 273.15}$;
- сила тока через элементы Пельтье: I ;
- общий массовый расход конденсата: $\Delta m / \Delta t = \Delta m_1 / \Delta t + \Delta m_2 / \Delta t$.

Таким образом, трёхблочная математическая модель позволяет рассчитать все ключевые параметры работы осушительной установки на элементах Пельтье: от температурных режимов и воздушных потоков до расхода конденсата и электрических характеристик термоэлектрических модулей.

Результаты и обсуждение. Модель верифицирована предельными случаями: при $\varphi_{\text{в}}=100\%$ и $Q_1=0$ получено $T_{\text{в1}} = T_{\text{в}}$, $\Delta m_1 = 0$; при $I=0$ А — $Q_2=Q_1$, $T_{\text{ввых1}} \approx T_{\text{ввых}}$; смешение насыщенных потоков даёт $\Delta m_2 > 0$.

Для зимних условий: $T_{\text{н}} = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{н}} = 30\%$, $T_{\text{в}} = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{в}} = 80\%$ при $Q_1=50$ Вт, поток холодного воздуха $\Phi_{\text{н}} = 0,009$ м³/с, поток рециркуляционного воздуха $\Phi_{\text{в}} = 0,0058$ м³/с, установлено:

- температура воздуха после охлаждения - $T_{\text{в1}} = 4,4^\circ\text{C}$;
- температура после смешения наружного и рециркуляционного потока $T_{\text{ввых}} = -0,86^\circ\text{C}$;
- температура холодной грани элемента Пельтье $T_3 = -3,12^\circ\text{C}$;
- температура горячей грани $T_4 = 2,31^\circ\text{C}$;
- мощность нагрева $Q_2 = 97,3$ Вт;
- сила тока элемента Пельтье $I = 4,8$ А;
- влажность воздуха на выходе осушителя – 53%;
- температура на выходе осушителя грани $T_{\text{ввых}} = 0,4^\circ\text{C}$;
- масса конденсата $\Delta m_1 = 3,79 \cdot 10^{-6}$ кг/с.

В этом расчете требуемый воздухообмен фермы КРС рассчитан по концентрации углекислого газа, что обусловило выбор потоков воздуха. Для фермы КРС на 200 голов необходимо установить 365 модулей Пельтье (типа TEC1206) с общим энергопотреблением 17.3 кВт. При этом расчетный поток конденсированной влаги 119.5 кг/сут.

Данный пример расчета показывает, что применение осушителей на животноводческих фермах позволит довести влажность до санитарных норм, увеличить температуру приточного воздуха, снизить затраты на подогрев притока воздуха на 18–22%, сокращение воздухообмена на 30–35%.

Выводы. Разработана модель термоэлектрического осушителя, описывающая процессы охлаждения, смешения и нагрева с учётом вторичной конденсации. Модель рассчитывает ключевые параметры: температуру воздуха после охлаждения, температуру после смешения наружного и рециркуляционного потока, температуру холодной и горячей грани элемента Пельтье, мощность нагрева, силу тока элемента Пельтье, массу конденсата.

Модель применима для проектирования и настройки систем вентиляции животноводческих помещений, позволяет подбирать режимы осушителя под конкретные условия содержания и климат.

Список источников

1. Система обеспечения параметров воздуха в помещении для содержания крупного рогатого скота / И.М. Довлатов, В.В. Кирсанов, И.В. Комков и др. // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 3. С. 5-12.
2. Довлатов И.М., Юрочка С.С. Современные системы микроклимата и их техническая реализация для животноводческих помещений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021 Т. 15, № 3. С. 73-80.
3. Вишневский Е.П. Анализ использования основных методов осушения воздуха [Электронный ресурс] // Кондиционирование и Вентиляция. - Режим доступа: URL: https://comfortenergy.ru/poleznye-stati/article_post/analiz-osobennostej-ispolzovaniya-osnovnyh-metodov-osusheniya-vozduha. - 17.03.2025 г.
4. Термоэлектрическая установка осушения и подогрева воздуха в животноводческих помещениях / Д.А. Тихомиров, С.С. Трунов, А.В. Кузьмичев, Н.Г. Ламонов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67, № 3 (40). С. 17-24.
5. Тихомиров Д.А., Трунов С.С., Кузьмичев А.В. Разработка и исследование осушителя и подогревателя воздуха на базе элементов Пельтье // Техника и оборудование для села. 2021. № 5 (287). С. 30-36.
6. Безик Д.А., Бычкова Т.В. Определение параметров тепловой модели элементов Пельтье // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2025. № 2 (38). С. 103-112.

Информация об авторах:

Д.А. Безик - кандидат технических наук, директор института энергетики и природопользования, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

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

Information about the authors:

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

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

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

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

Статья поступила в редакцию 16.02.2026, одобрена после рецензирования 13.03.2026, принята к публикации 18.03.2026.

The article was submitted 16.02.2026, approved after reviewing 13.03.2026, accepted for publication 18.03.2026.

© Безик Д.А., Бычкова Т.В.

Научная статья
УДК 631.31:631.459

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ОБРАБОТКУ СО СНИЖЕНИЕМ ЭРОЗИИ ПОЧВЫ

Алексей Владимирович Русинов, Липовский Владимир Евгеньевич
ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г.Саратов, Россия

Аннотация. Главной задачей сельскохозяйственного производства является сохранность плодородия почвы и получения стабильно высоких урожаев. В климатических условиях Саратовской области особое внимание уделяется обработке почвы на полях, имеющих уклоны обеспечивая снижение поверхностного стока, что способствует снижению эрозии почвы, повышению влагозапаса и урожая. Для выполнения обработки почвы нами предлагается новая конструкция почвообрабатывающего агрегата, обеспечивающего обработку почвы с нарезанием водозадерживающих борозд синусоидального характера. Представлено описание конструкции нового почвообрабатывающего агрегата и определены аналитические зависимости, позволяющие определить его основные конструктивно-технологические параметры. Выполнены расчеты конструктивно-технологических параметров предлагаемого почвообрабатывающего агрегата, позволяющие определить их величину с учетом ширины захвата. Установлено, что при достижении максимальной величины амплитуды водозадерживающей борозды $A_b=0,1$ м и увеличении ширины захвата почвообрабатывающего агрегата с 5 м до 20 м необходимо увеличивать расстояние от места крепления поворотного круга до места шарнирного крепления рабочего органа на раме почвообрабатывающего агрегата в диапазоне от 0,12 м до 0,61 м в зависимости от величины смещения крепления тяги на поворотном круге относительно центра его вращения, тогда длина тяг будет находится в диапазоне от 2,5 м до 10,02 м. На величину периода синусоидального характера водозадерживающей борозды оказывает влияние скорость движения трактора и ее увеличение с 6 км/ч до 12 км/ч приводит к увеличению периода с 0,01 м до 0,104 м.

Ключевые слова: водозадерживающая борозда синусоидального характера, луцильник, эрозия почвы, почвообрабатывающий агрегат.

Для цитирования: Русинов А.В., Липовский В.Е. Теоретические основы создания почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего обработку со снижением эрозии почвы // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 55-60.

Original article

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR CREATING A SOIL TILLAGE UNIT ENSURING TILLAGE WITH REDUCED SOIL EROSION

Alexey V. Rusinov, Vladimir Ye. Lipovsky

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
Saratov, Russia*

Abstract. The main objective of agricultural production is to preserve soil fertility and achieve consistently high yields. In the climatic conditions of the Saratov region, special attention is paid to soil cultivation in fields with slopes, which helps to reduce surface runoff and soil erosion, thereby increasing moisture reserves and crop yields. To achieve this, we propose a new design for a soil-cultivating unit that allows for the creation of sinusoidal water-retaining furrows. The article presents a description of the design of a new tillage unit and defines analytical dependencies that allow for the determination of its main design and technological parameters. The article also performs calculations of the design and technological parameters of the proposed tillage unit, which allow for the determination of their values, taking into account the width of the unit. It has been established that when the maximum amplitude of the water-retaining furrow reaches $A_b=0.1$ m and the width of the soil-processing unit increases from 5 m to 20 m, it is necessary to increase the distance from the pivot circle attachment point to the articulated attachment point of the working body on the frame of the soil-processing unit in the range from 0.12 m to 0.61 m, depending on the amount of offset of the traction attachment point on the pivot circle relative to its center of rotation. In this case, the length of the tracts will be in the range from 2.5 m to 10.02 m. The period of the sinusoidal nature of the water-retaining furrow is affected by the tractor's speed, and an increase in speed from 6 km/h to 12 km/h leads to an increase in the period from 0.01 m to 0.104 m.

Keywords: *sinusoidal water-retaining furrow, harrow, soil erosion, and tillage unit.*

For citation: *Rusinov A.V., Lipovsky V.Ye. Theoretical foundations for creating a soil tillage unit ensuring tillage with reduced soil erosion // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 55-60.*

Введение. В Саратовской области хорошо развито сельскохозяйственное производство, в частности растениеводство. Так как территория области располагается в сложных климатических и рельефных условиях, то для обеспечения стабильно высоких урожаев требуется применение новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Многолетними исследованиями установлено, что наибольшее количество осадков выпадает в зимний период времени [1]. Весной происходит таяние снега и на полях имеющих даже небольшой уклон (до 2%) происходит поверхностный сток с выносом плодородного слоя почвы массой 0,3-0,6 т/га, что вызывает снижение плодородия почвы и образование эрозии [2]. Помимо потерь плодородного слоя почвы и гумуса, так же происходит снижение влаги в почве, что вызывает ее дефицит в вегетационный период сельскохозяйственных растений приводящий к снижению урожая или гибели посевов. Для эффективной борьбы с эрозией почвы используются разные агротехнические методы, такие как обработка почвы поперек склона, глубокое рыхление, мульчирование и другие способы обработки почвы с применением новых почвообрабатывающих агрегатов [3, 4]. Однако все имеющиеся методы и конструкции почвообрабатывающих агрегатов имеют ряд недостатков, связанных с прямолинейной обработкой почвы после которой происходит свободное движение воды. Установлено, что наиболее перспективным способом обработки почвы обеспечивающей снижение эрозии почвы и накопления влаги в ней является обработка почвы с формированием криволинейных водозадерживающих борозд [5]. Но создание почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающих нарезание криволинейных водозадерживающих борозд в процессе обработки почвы требует детального рассмотрения конструкции и обоснования ее параметров.

В связи с вышеизложенной целью данной работы является теоретическое исследование обоснования конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего поверхностную обработку почвы на полях со сложным рельефом с формированием водозадерживающих борозд.

Материалы и методы. Проводя анализ существующих конструкций почвообрабатывающих агрегатов обеспечивающих обработку почвы с формированием водозадерживающих борозд [6, 7, 8] было установлено, что все они имеют ряд значительных недостатков связанных со сложностью конструкции и отсутствием возможности обеспечивать плавное изменение угла положения рабочего органа относительно направления движения обеспечивая формирования криволинейной водозадерживающей борозды на поверхности поля.

С целью устранения вышеизложенных недостатков нами предлагается новая конструкция почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего формированию на поверхности поля криволинейной водозадерживающей борозды в процессе обработки почвы. Предлагаемый агрегат, рис. 1а, состоит из рамы 1 с прицепным устройством 2 и ходовыми колесами 3, боковыми брусками 4 с рабочими органами 5. На концах боковых брусков 4 с помощью шарниров крепится опорная каретка 6 с установленными на ней опорными колесами 7 так же имеющих шарнирное крепление с возможностью поворачиваться по направлению движения почвообрабатывающего агрегата. На опорной каретке 6 шарнирно крепится телескопическая или гибкая тяга 8, другой конец тяги закреплен на поворотном круге 9 в одном из трех шарнирных соединений 10 расположенных друг относительно друга на расстоянии «а». Тяги 8 на шарнирном соединении 10 крепятся на одной оси с возможностью свободного вращения. Вращение поворотного круга с заданной угловой скоростью ω осуществляется гидромотором 11 установленным в нижней части рамы 1, а вал гидромотора крепится на поворотном круге 9 в центральной части. Так же предусмотрено в раме 1 выполнение трех отверстий 12 выполненных равноудаленно относительно центрального отверстия и необходимых для установки гидромотора с поворотным кругом, что в дальнейшем позволит изменять углы атаки α_1 и α_2 рабочих органов.

Предлагаемый почвообрабатывающий агрегат обеспечивает нарезание на поверхности поля криволинейной водозадерживающей борозды синусоидального характера с амплитудой A_6 и периодом T_6 , рис. 1б. Для обеспечения формирования криволинейной борозды необходимо, чтобы в процессе движения трактора и перемещения почвообрабатывающего агрегата происходило вращение поворотного круга 9 с заданной угловой скоростью. При вращении поворотного круга шарнирно закрепленные на нем тяги 8 начинают изменять свое положение относительно рамы почвообрабатывающего агрегата в противофазе и тем самым изменять попеременно углы атаки α_1 и α_2 рабочих органов расположенных по обе стороны относительно продольной оси почвообрабатывающего агрегата.

Синхронизация движения трактора по полю и скорость вращения поворотного круга обеспечивают в процессе обработки почвы выполнять нарезание на поверхности поля водозадерживающую борозду синусоидального характера с оптимальными параметрами амплитуды и периода.

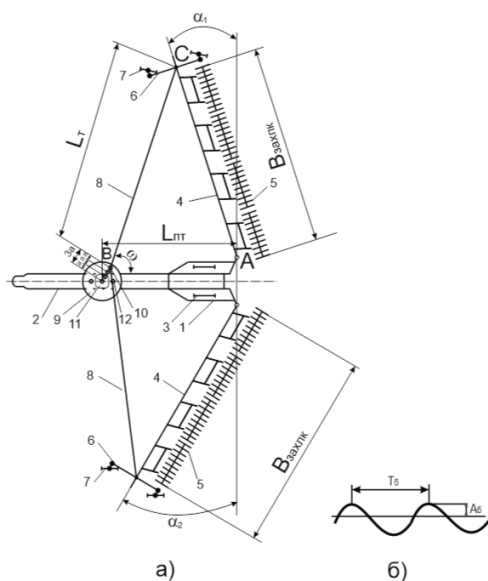


Рисунок 1 – Почвообрабатывающий агрегат обеспечивающий формирование на поверхности поля криволинейной водозадерживающей борозды в процессе обработки почвы:

- а – общий вид почвообрабатывающего агрегата (вид сверху);
- б – схема нарезаемой криволинейной водозадерживающей борозды на поверхности поля

Установлено, что на величину амплитуды водозадерживающей борозды оказывает влияние геометрические параметры почвообрабатывающего агрегата, а в частности длина продольных тяг L_m , место их крепления на поворотном круге относительно центра вращения $3a$, ширина захвата крыла почвообрабатывающего агрегата (рабочего органа) $B_{захлк}$ и расстояние от места крепления поворотного круга до места шарнирного крепления рабочего органа на раме почвообрабатывающего агрегата $L_{пт}$.

Для определения оптимальных геометрических параметров рабочего органа, обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды амплитудой A_δ , рассмотрим треугольник ABC стороны которого являются основными конструктивными элементами предлагаемого рабочего органа. Тогда амплитуда борозды равна нулю $A_\delta=0$ при условии, что сторона $AC=B_{захлк}$ и располагается перпендикулярно направлению движения почвообрабатывающего агрегата, а угол $\alpha_1=0$. Это условие соответствует максимальной величине перемещения тяги на поворотном круге на величину $3a$.

Исследованиями установлено, что оптимальная величина амплитуды водозадерживающей борозды составляет в зависимости от уклона поверхности поля $A_\delta=8-10$ см [9]. Это достигается путем поворота рабочего органа в точке А против направлении движения на угол α_1 который можно определить из условия

$$\cos \alpha_1 = \frac{B_{захлк} - A_\delta}{B_{захлк}}, \tag{1}$$

где $B_{захлк}$ – ширина захвата одного крыла почвообрабатывающего агрегата, м; A_δ – величина амплитуды водозадерживающей борозды, м.

Поворот рабочего органа на величину A_δ обеспечивается поворотом поворотного круга на максимальную величину, составляющую $6a$, что соответствует повороту треугольника ABC на угол α_3 , который определяется как

$$\cos \alpha_3 = \frac{6a}{L_{пт}}, \tag{2}$$

где a – величина смещения крепления тяги на поворотном круге относительно центра его вращения, м; $L_{пт}$ – расстояние от места крепления поворотного круга до места шарнирного крепления рабочего органа на раме почвообрабатывающего агрегата, м.

Исходя из условия, что поворот рабочего органа на угол α_1 соответствующий максимальной величине $A_{\delta}=\max$ происходит при максимальной величине угла α_3 , тогда зависимость, позволяющая обеспечить взаимосвязь параметров, a и L_{nm} с учетом ширины захвата рабочего органа выглядит как

$$L_{nm} = \frac{6a}{1 - \frac{A_{\delta}}{B_{захк}}} \quad (3)$$

Сделав допущение, что рассматриваемый ΔABC является прямоугольным, тогда зная величину L_{nm} , можно определить оптимальную величину длины тяг L_m с учетом ширины захвата рабочего органа

$$L_m = \sqrt{B_{захк}^2 + \left(\frac{6a}{1 - \frac{A_{\delta}}{B_{захк}}}\right)^2} \quad (4)$$

По представленным зависимостям можно определить оптимальные конструктивные параметры рабочего органа, обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды амплитудой A_{δ} . Вторым параметром водозадерживающей борозды является ее период T_{δ} , который определяется исходя из технологических параметров работы почвообрабатывающего агрегата, а в частности скоростей обработки почвы и вращения поворотного круга. Зная, что период синусоидального характера водозадерживающей борозды выполняется за один оборот поворотного круга, тогда связь между конструктивно-технологическими параметрами почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды с период T_{δ} определяется как

$$T_{\delta} = \frac{v_p \pi}{10}, \quad (5)$$

где v_p – рабочая скорость почвообрабатывающего агрегата, м/с.

С целью определения оптимальных конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающего агрегата, обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды синусоидального характера, были проведены аналитические расчеты представленные ниже.

Результаты и обсуждение. Аналитические расчеты по определению оптимальных конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающего агрегата, обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды синусоидального характера выполнялись на примере луцильников ЛДГ-5А, ЛДГ-10Б, ЛДГ-15Б, ЛДГ-20. Согласно данных технических характеристик в зависимости от тягового класса базового трактора ширина захвата луцильников может варьироваться от 5 до 20 м. При достижении максимальной величины амплитуды водозадерживающей борозды $A_{\delta}=0,1$ м установлено, что с увеличением ширины захвата почвообрабатывающего агрегата с 5 м до 20 м необходимо увеличивать расстояние от места крепления поворотного круга до места шарнирного крепления рабочего органа на раме почвообрабатывающего агрегата в диапазоне от 0,12 м до 0,61 м в зависимости от величины смещения крепления тяги на поворотном круге относительно центра его вращения, рис. 2.

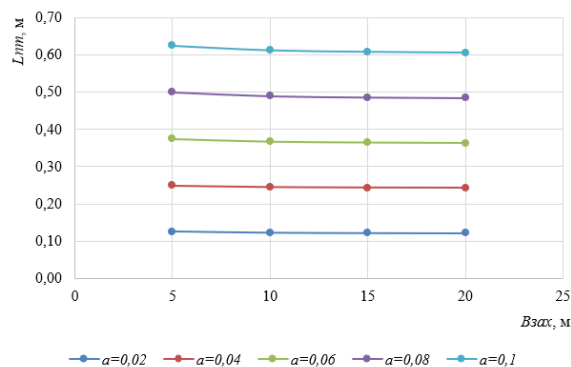


Рисунок 2 – Влияние ширины захвата почвообрабатывающего агрегата ($B_{зах}$, м) на расстояние от места крепления поворотного круга до места шарнирного крепления рабочего органа на раме почвообрабатывающего агрегата (L_{nm} , м)

Аналогичная ситуация прослеживается и с величиной длины тяг, обеспечивающих отклонение рабочего органа на угол α_1 , рис. 3. Расчеты показали, что с увеличением ширины захвата почвообрабатывающего агрегата с 5 м до 20 м необходимо обеспечивать длину тяг от 2,5 м до 10,02 м в зависимости от зависимости от величины смещения крепления тяги на поворотном круге относительно центра его вращения.

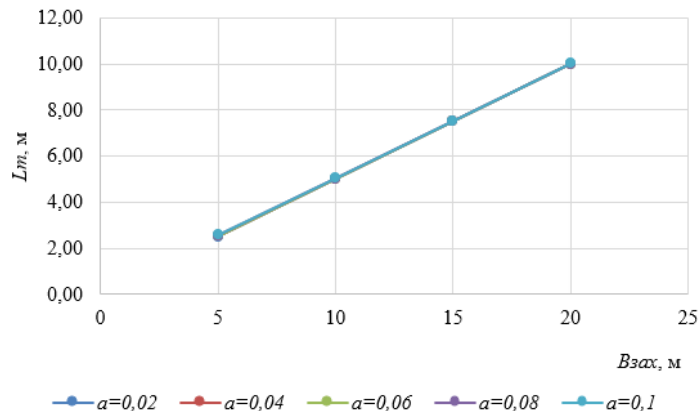


Рисунок 3 – Влияние ширины захвата почвообрабатывающего агрегата ($B_{зах}$, м) на длину тяг (L_m , м)

Рассматривая период синусоидального характера водозадерживающей борозды было установлено, что повышение скорости движения трактора с 6 км/ч до 12 км/ч приводит к увеличению периода с 0,01 м до 0,104 м в зависимости от величины смещения крепления тяги на поворотном круге относительно центра его вращения и однократном повороте круга, рис. 4. Снижение частоты вращения поворотного круга с 1 об/с до 0,5 об/с позволит увеличить период синусоидального характера борозды с 0,02 м до 0,208 м. Дальнейшее кратное снижение частоты вращения поворотного круга обеспечивает кратное увеличение периода синусоидального характера борозды.

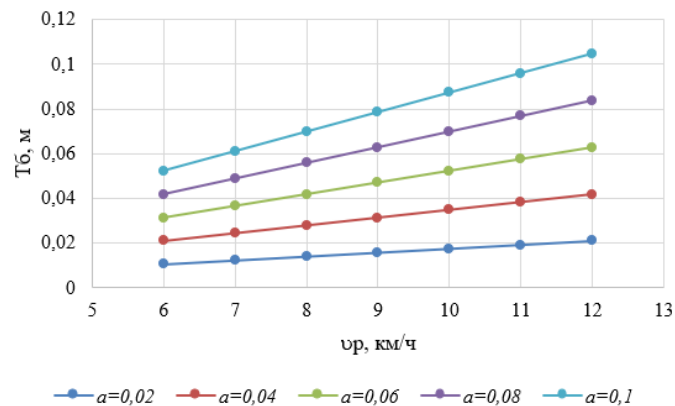


Рисунок 4 – Влияние скорости движения трактора (v_p , км/ч) на величину периода синусоидального характера водозадерживающей борозды (T_b , м)

Представленные аналитические зависимости и их теоретическое обоснование позволяют определить оптимальные конструктивно-технологические параметры почвообрабатывающего агрегата обеспечивающего нарезание водозадерживающей борозды синусоидального характера в зависимости от ширины захвата.

Заключение. Проведенный анализ недостатков существующих конструкций почвообрабатывающих агрегатов обеспечивающих обработку почвы с формированием водозадерживающей борозды синусоидального характера позволил разработать новую конструкцию почвообрабатывающего агрегата позволяющего изменять попеременно угол атаки рабочих органов расположенных по обе стороны относительно продольной оси рамы агрегата. Такое конструктивное выполнение позволит выполнять качественную обработку почвы с предотвращением образования эрозионных процессов, особенно на полях имеющих уклон, а так же обеспечивать повышение влагозапаса в почве, что позволит повысить урожай сельскохозяйственных культур.

Полученные аналитические зависимости позволяют определить конструктивно-технологические параметры новой конструкции почвообрабатывающего агрегата. Выполненные расчеты позволили определить оптимальные параметры предлагаемого почвообрабатывающего агрегата с учетом ширины его захвата.

Список источников

1. Левицкая Н.Г., Демакина И.И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 7-12.
2. Догеев Г.Д., Халилов М.Б. Ресурсосберегающие влагонакопительные агроприемы и машины // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1 (45). С. 43-50.
3. Обоснование нового метода и технического средства борьбы с водной эрозией на склоновых почвах Центрального Кавказа / М.К. Аушев, М.М. Куриева, А.А. Плиева, С.И. Дзармотов // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 2 (46). С. 11-17.
4. Осипов А.В., Колесниченко Т.В., Димитриенко О.В. Виды эрозии почв и методы борьбы с ней в Краснодарском крае // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 80-7. С. 139-142.
5. Рабочие органы для обработки почвы с водозадерживающим прерывистым бороздованием // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 3 (91). С. 337-347.
6. Модульное почвообрабатывающее орудие: пат. 2211552 С1 Рос. Федерация: МПК А01В 7/00, А01В 51/00 / Сметанкин С.А., Руднев Ю.И., Мазитов Н.К. и др.; заявитель и патентообладатель ГУП Завод "Сибсельмаш-Спецтехника". - № 2002104147/13; заявл. 14.02.2002; опубл. 10.09.2003.
7. Широкозахватное почвообрабатывающее орудие: а. с. 4897975 А1 СССР: МПК А01В 7/00, А01В 73/00 / В.Ф. Рясный, Ю.А. Гебель, С.А. Сметанкин; заявитель и патентообладатель производственное объединение "Сибсельмаш". - № 1764526; заявл. 29.12.1990; опубл. 30.09.1992.
8. противоэрозионное широкозахватное орудие: пат. 2369061 С1 Рос. Федерация: МПК А01В 73/06 / Рогачев А.Ф., Скитер Н.Н., Салдаев А.М. и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2008118957/12; заявл. 13.05.2008; опубл. 10.10.2009.
9. Рабочие органы для обработки почвы с водозадерживающим прерывистым бороздованием // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 3 (91). С. 337-347.

Информация об авторах:

А.В. Русинов - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферная безопасность и транспортно-технологические машины, ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова. rusinovsar@yandex.ru.

В.Е. Липовский – соискатель, кафедра «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова.

Information about the authors:

A.V. Rusinov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. rusinovsar@yandex.ru.

V.Ye. Lipovsky – Applicant of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering.

Все авторы внесли равный вклад в выполнение работы, подготовку рукописи и несут равную ответственность за представленные данные. Конфликт интересов отсутствует.

All authors contributed equally to the work, preparation of the manuscript, and bear equal responsibility for the presented data. There are no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 14.11.2025, одобрена после рецензирования 15.02.2026, принята к публикации 12.03.2026.

The article was submitted 14.11.2025, approved after reviewing 15.02.2026, accepted for publication 12.03.2026.

© Русинов А.В., Липовский В.Е.

Научная статья
УДК 631.331:634.71

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОШНИКА ПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ С КОРНЯМИ САЖЕНЦЕВ МАЛИНЫ

Виктор Николаевич Ожерельев, Владислав Владимирович Карманов
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье проанализированы конструктивные особенности ряда посадочных машин, которые использованы в качестве прототипа при разработке конструкции перспективной машины для посадки малины. При ее практическом использовании установлено, что имеет место опрокидывание отдельных саженцев и их полное засыпание почвой. Отчасти это обусловлено асимметричностью корневой системы значительной части посадочного материала. В связи с этим были выполнены соответствующие измерения параметров корневой системы и проведена статистическая обработка полученных результатов. На этой основе выдвинута гипотеза о том, что одной из причин сбоя в процессе посадки могут служить неудачный подбор параметров сошника. В частности, это касается ширины его внутренней полости, которая может быть существенно меньше ширины корневой системы значительной части саженцев. Рассмотрен характер взаимодействия сошника с корневой системой саженца в критической ситуации. Получено уравнение равновесия между возникающей силой опрокидывания саженца в результате сжатия его корневой системы внутренними поверхностями вертикальных стенок сошника и силой трения корней по дну борозды. Выявлено критическое соотношение параметров, при котором наиболее вероятен сбой технологического процесса путем опрокидывания саженца. На базе полученных ранее уравнений регрессии, связывающих степень деформации корневой системы типичных саженцев малины с силой ее упругости в поперечном направлении, сформулированы рекомендации по назначению минимальной ширины внутренней полости сошника. Сделан вывод о перспективном направлении дальнейшего совершенствования конструкции путем снабжения высаживающего диска конструктивными элементами для поддержки саженца после раскрытия держателя.

Ключевые слова: малина, посадка, корневая система, машина посадочная, сошник.

Для цитирования: Ожерельев В.Н., Карманов В.В. Особенности взаимодействия сошника посадочной машины с корнями саженцев малины // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 61-65.

Original article

FEATURES OF INTERACTION OF THE PLANTING MACHINE'S COULTER WITH THE ROOTS OF RASPBERRY SEEDLINGS

Viktor N. Ozherel'yev, Vladislav V. Karmanov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. This article analyzes the design features of several planting machines used as a prototype in the development of a promising raspberry planting machine. Practical use revealed that individual seedlings sometimes topple over and become completely buried in soil. This is partly due to the asymmetry of the root system of a significant portion of the planting material. Therefore, the corresponding measurements of the root system parameters were taken and the obtained results were statistically processed. Based on this, a hypothesis is put forward that one of the causes of planting failures may be the poor selection of the opener parameters. In particular, this concerns the width of the opener's internal cavity, which can be significantly smaller than the root system width of a significant portion of the seedlings. The nature of the interaction between the opener and the root system of the seedling in a critical situation is considered. An equilibrium equation is derived between the resulting seedling tipping force due to compression of its root system by the inner surfaces of the vertical walls of the opener and the friction force of the roots along the furrow bottom. A critical parameter ratio was identified that most likely results in process failure, resulting in seedling overturning. Based on previously obtained regression equations linking the degree of root system deformation in typical raspberry seedlings with their elastic force in the transverse direction, recommendations were formulated for setting the minimum width of the coulter's internal cavity. A conclusion was reached regarding a promising direction for further design improvements, including equipping the planting disk with structural elements to support the seedling after the holder is deployed.

Key words: raspberry, planting, root system, planting machine, coulter.

For citation: Ozherel'yev V.N., Karmanov V.V. Features of interaction of the planting machine's coulter with the roots of raspberry seedlings// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 61-65.

Введение. Проблема механизированной посадки малины обусловлена спецификой посадочного материала. Эта ягодная культура размножается вегетативными частями растения, каждая из которых представляет собой стебель с локальной корневой системой, связанной в исходном состоянии с корневищем маточного куста [1, 2]. На формирование локальной корневой системы саженца в питомнике влияет ряд неконтролируемых факторов (например – пространственная дифференциация твердости почвы), вследствие чего ее форма и размеры варьируются в широких пределах. Нестабильность формы корневой системы затрудняет проектирование посадочной машины в целом и, в частности, вызывает трудности при выборе основных параметров сошника.

Материалы и методы. Следует отметить, что в научной литературе отсутствуют упоминания о разработке специальной машины, предназначенной для посадки малины кроме разработанной и испытанной на практике в 1991 году в к(ф)х «Ягодное» [1]. Этот образец посадочной машины в наших исследованиях и был принят за прототип (рис. 1).

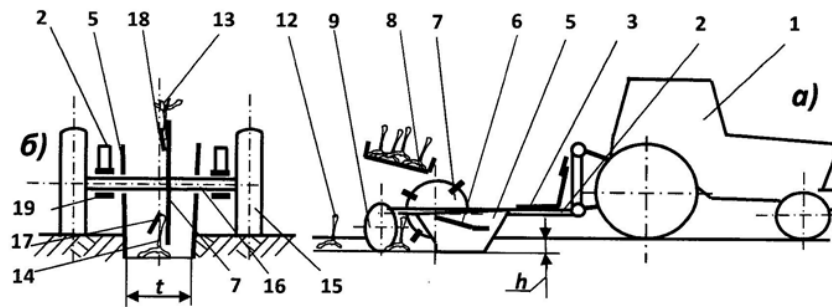


Рисунок 1 - Принципиальная схема машины для посадки малины:

а) – вид сбоку; б) – сечение по оси 16 высаживающего аппарата;

1 – трактор; 2 – рама; 3 – сиденье; 4 – устройство навесное; 5 – сошник;

6 – подножка; 7 – диск высаживающего аппарата; 8 – бункер с саженцами;

9 – загортачи; 12 – 14 – саженцы; 15 – колесо опорное; 16 – ось диска высаживающего аппарата;

17, 18 – зажимы; 19 – подшипник скольжения

Поскольку конструкция машины изначально разрабатывалась исходя из ее приемлемости для условий небольшого фермерского хозяйства, то это наложило свой отпечаток как на выбор основных рабочих органов, так и на компоновочное решение. В частности, высаживающий аппарат был заимствован от рассадопосадочной машины СКН-6А. Он включает диск 7, снабженный зажимами (рассадодержателями) 17 (18), в которые сажалщик, размещенный на сиденье 3, вручную вкладывает саженцы 13. Попытки автоматизировать подачу посадочного материала в высаживающий аппарат были предприняты в садоводстве только по отношению к рассаде земляники садовой еще в 1980-х годах, но приемлемую конструкцию, выходящую за уровень лабораторной установки, получить не удалось. Это обусловлено тем, что при ее использовании основной объем трудозатрат перераспределяется при такой автоматизации на подготовительные операции, при которых посадочный материал с закрытой корневой системой размещается в ячейках свернутой в рулон ленты, которую затем заправляют в высаживающий аппарат. В целом экономии трудозатрат достигнуто тогда не было.

Если же рассматривать с этой точки зрения посадочный материал малины, то габариты корневой системы саженцев и степень варьирования параметров корней исключают возможность их автоматизации подачи в высаживающий аппарат, если не считать приемлемым (с экономической точки зрения) снабжение сажалки соответствующим роботизированным комплексом. В условиях фермерского хозяйства приемлемой пока является ручная подача саженцев в высаживающий аппарат.

В базовой посадочной машине и ее аналогов, используемых в лесном хозяйстве, привод высаживающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса цепной передачей, что существенно усложняет конструкцию [2-5]. Принятая схема посадки малины (с шагом 0,5 м) позволяет существенно упростить конструкцию, разместив на диске 7 четыре или пять зажимов 17 (18). При этом сам диск 7 смонтирован на оси 16, на концах которой установлены жестко связанные с ней колеса 15. К заимствованному от рассадопосадочной машины высаживающему диску 7 подошли передние колеса 15, заимствованные от трактора Т-25А размером 170-406 мм. Поскольку сезонная загрузка машины в фермерском хозяйстве не превышает пять – семь дней, то вполне приемлемым является монтаж оси 16 высаживающего аппарата на раме 2 посредством простейших подшипников скольжения 19. Таким образом, задача адаптации конструкции к условиям небольшого фермерского

хозяйства была решена вполне успешно.

Практическое использование посадочной машины позволило выявить недостаток, заключающийся в том, что до 5% саженцев опрокидываются на дно борозды и полностью засыпаются почвой, что затрудняет их приживаемость и рост в первый год после посадки. Анализ ситуации позволил выявить влияние на процесс посадки асимметричности корневой системы, что можно нивелировать путем специальной ориентации саженцев при их закладке в высаживающий аппарат [1]. Дальнейшие исследования свидетельствуют о том, что на устойчивость саженцев на дне борозды оказывает влияние и соотношение между шириной корневой системы саженца $b_{кк}$ и соответствующим параметром t полости внутри сошника (рис. 2).

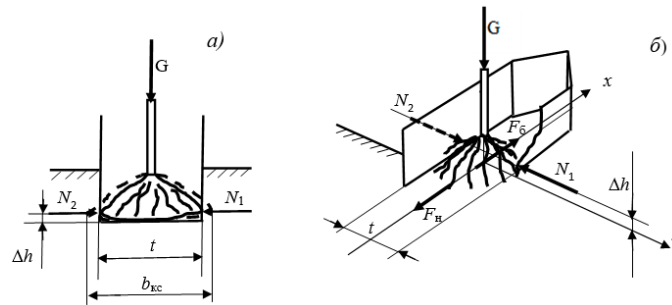


Рисунок 2 - Взаимодействие корневой системы саженца малины с боковыми стенками внутренней полости сошника:

а) – поперечное сечение сошника; б) – силовое взаимодействие корней и стенок сошника

Для оценки силового взаимодействия боковых стенок сошника с корневой системой саженцев малины были выполнены измерения ее ширины, упругости корней и коэффициента их трения по стальной поверхности.

Результаты и их обсуждение. Для измерения ширины корневой системы и других ее параметров были отобраны 112 типичных саженцев сорта Бальзам. В результате статистической обработки полученного массива данных было установлено, что ширина корневой системы варьируется в пределах от 40 до 190 мм (рис. 3а). Распределение саженцев по этому параметру их корневой системы подчиняется нормальному закону.

Что касается упругости корневой системы, то с высокой степенью достоверности ($R^2 = 0,9702$) установлена логарифмическая зависимость между усилием сжатия корневой системы и ее шириной

$$y = -23,82 \ln(x) + 85,312$$

где x – сила сжатия корневой системы P , Н;
 y – ширина корневой системы саженца, мм.

При исходной ширине корневой системы саженца $b_{кк}$ (обозначена пунктирной линией), превышающей ширину t внутренней полости сошника (рис. 2а), возникают поперечные силы сжатия N_1 и N_2 , деформирующие корни (контур обозначен сплошной линией). Вследствие этого возникает сила трения $F_σ$, стремящаяся переместить саженец в направлении оси x вместе с сошником (рис. 2б). Перемещению саженца вместе с сошником препятствует сила сцепления корней с дном борозды F_n . Условие устойчивой работы посадочной машины можно сформулировать следующим образом:

$$F_σ = 2N \cdot \mu < F_n = G \cdot \mu_{сц}$$

где μ – коэффициент трения скольжения корневой системы саженца по стали;
 $\mu_{сц}$ – коэффициент сцепления корневой системы саженца с дном борозды;
 G – вес саженца, Н;
 N – сила нормального давления стенки сошника на корневую систему саженца, Н.

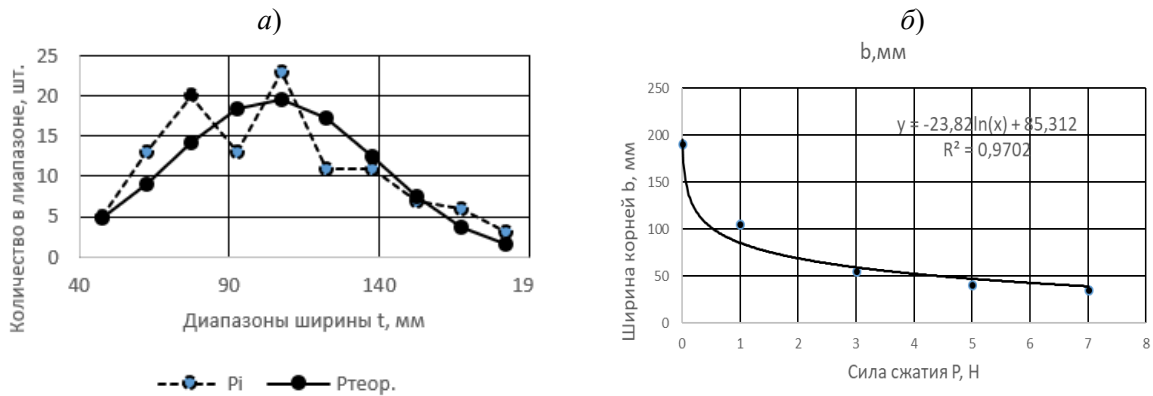


Рисунок 3 - Параметры корневой системы саженцев малины:
а) – распределение ширины корневой системы; б) – упругость корней

При весе саженцев с наиболее разветвленной корневой системой порядка 1Н можно условно считать, что примерно такой же величине может равняться сила поперечного давления P , что соответствует степени деформации ширины корней Δb от 200 до 100 мм (рис. 3б).

Как следует из схемы, изображенной на рис. 2б, сила трения F_6 корней по стенкам сошника локализуется, как правило, не на уровне дна борозды, а выше его на величину Δh . Вследствие этого возникает опрокидывающий момент $M_{on} = F_6 \cdot \Delta h$, стремящийся опрокинуть саженец на дно борозды. Следовательно, целесообразно снабдить высаживающий диск дополнительным поддерживающим устройством, препятствующим опрокидыванию саженцев после их освобождения от зажима.

Выводы. 1. Ширина внутренней полости сошника машины для посадки малины должна превышать 100 мм.

2. Высаживающий диск должен быть снабжен дополнительным поддерживающим устройством, препятствующим опрокидыванию саженцев после раскрытия держателей на дно борозды.

Список источников

1. Ожерельев В.Н., Самусенко В.И., Кузьменко И.В. Особенность механизированной посадки малины саженцами с асимметричной корневой системой // Наука в центральной России. 2023. № 6. С. 44-52.
2. Драпалюк М.В., Стасюк В.В., Зеликов В.А. Новые конструкции универсальных лесопосадочных машин для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 4 (44). С. 112-123.
3. Бухтояров Л.Д., Малюков С.В., Лысыч М.Н. Кинематика рабочего органа посадочной машины, предназначенного для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2 (77). С. 136-144.
4. Ghaffariyan M. A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting // Silva Balcanica. 2021. Vol. 22. P. 25-32. 10.3897/silvabalcanica.22. e64233.
5. Manner J., Ersson B.T. Mechanized tree planting in Nordic forestry: Simulating a machine concept for continuously advancing site preparation and planting. J. For. Sci. 2021. Vol. 67. P. 242–246.

Информация об авторах:

В.Н. Ожерельев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vicoz@bk.ru.

В.В. Карманов - аспирант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. vladkarmanov837@gmail.com.

Information about the authors:

V.N. Ozherel'yev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, vicoz@bk.ru.

V.V. Karmanov - postgraduate student of the Bryansk State Agrarian University. vladkarmanov837@gmail.com.

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

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

Статья поступила в редакцию 12.02.2026, одобрена после рецензирования 17.02.2026, принята к публикации 11.03.2026.

The article was submitted 12.02.2026, approved after reviewing 17.02.2026, accepted for publication 11.03.2026.

© Ожерельев В.Н., Карманов В.В.

Научная статья
УДК 631.333

МАШИНА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ

¹Николай Иванович Белоусов, ¹Андрей Петрович Бабков, ¹Юрий Анатольевич Гуреев,
²Борис Сергеевич Блинков, ²Алексей Олегович Гороховцев

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования

«Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова», Курск, Россия,

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия

Аннотация. В результате проведённого анализа применяемых технических средств на внесении химических мелиорантов установлено, что они сложные по конструкции, дорогостоящие, малопродуктивные и обладают высокой неравномерностью внесения. При обоснованном выборе транспортно-технологических средств для внесения химических мелиорантов возникает потребность определения параметров транспортно-технологической машины с наиболее рациональными технико-экономическими критериями. Технологические схемы внесения химических мелиорантов могут быть следующие: прямоточная, перевалочная, перегрузочная с использованием передвижной эстакады, перегрузочная с использованием автомобиля-самосвала с предварительным подъёмом платформы, перегрузочная с использованием низкорамной машины для внесения химических мелиорантов. Исследованиями установлено, что при транспортировке химических мелиорантов, агрегатом, состоящим из трактора и разбрасывателя, по прямоточной технологии, при транспортировке на 5 км, время основной работы на внесение химических мелиорантов составляет 40 %, на транспортировку 47 %, на вспомогательные операции 13 %. Рассмотрен низкорамный разбрасыватель извести, состоящий из рамы, колёс, прицепного устройства, кузова, ленточного транспортёра, падающего шнека, вертикального рабочего органа, механизма привода. Экспериментальные исследования распределения извести вертикальным рабочим органом позволяют обосновать рациональные параметры. Опыты проводились со следующими параметрами: диаметр вертикального рабочего органа 920 мм, число лопаток вертикального рабочего органа принималось 2,3,4,5 и 6, частота вращения вертикального рабочего органа равнялась 600, 700, 800, 900 и 1000 мин⁻¹. Применение тракторного агрегата по перегрузочной технологии, при перевозке извести на 5 км, состоящего из трактора Беларус 80.1 и низкорамной машины для внесения химических мелиорантов, увеличит производительность опытного агрегата по сравнению с серийным агрегатом состоящего из машины для внесения удобрений МВУ-6 и трактора Беларус 80.1 на 48%, затраты денежных средств снизятся на 28%.

Ключевые слова: известь, химический мелиорант, тракторный агрегат, разбрасыватель, рабочий орган, автомобиль-самосвал, производительность.

Для цитирования: Машина для внесения химических мелиорантов / Н.И. Белоусов, А.П. Бабков, Ю.А. Гуреев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 66-71.

Original article

MACHINE FOR APPLYING CHEMICAL MELIORANTS

¹Nikolai I. Belousov, ¹Andrey P. Babkov, ¹Yuri A. Gureyev, ¹Boris S. Blinkov,
²Alexey O. Gorokhovtsev

¹Federal State budgetary Institution of Higher Education

«Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov», Kursk, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk, Russia

Abstract. As a result of the analysis of the technical means used for applying chemical ameliorants, it was found that they are complex in design, expensive, low-productivity and have a high degree of uneven application. When making a justified selection of transport and technological equipment for applying chemical ameliorants, there arises a need to determine the parameters of the transport and technological machine with the most rational technical and economic criteria. Technological schemes for applying chemical ameliorants can be as follows: direct-flow, transshipment, transshipment using a mobile overpass, transshipment using a dump truck with a pre-lifting platform, transshipment using a low-frame machine for applying chemical ameliorants. Research has shown that when transporting chemical ameliorants by an assembly consisting of a tractor and a spreader using direct-flow technology, when transporting 5 km, the main work time for applying chemical ameliorants is 40%, for transportation 47%, and for auxiliary operations 13%. A low-frame lime

spreader consisting of a frame, wheels, a trailer, a body, a belt conveyor, a falling auger, a vertical working body, and a drive mechanism is considered. Experimental studies of lime distribution by a vertical working body make it possible to substantiate rational parameters. The experiments were carried out with the following parameters: the diameter of the vertical working body was 920 mm, the number of blades of the vertical working body was 2,3,4,5 and 6, the rotational speed of the vertical working body was 600, 700, 800, 900 and 1000 min⁻¹, The use of a tractor unit using transshipment technology, when transporting lime for 5 km, consisting of a tractor Belarus 80.1 and a low-bed machine for applying chemical ameliorants, will increase the productivity of the experimental unit compared with the serial unit consisting of a machine for applying fertilizers MVU-6 and tractor Belarus 80.1 by 48%, cash costs will decrease by 28%.

Keywords: *lime, chemical ameliorant, tractor unit, spreader, working element, dump truck, productivity.*

For citation: *Machine for applying chemical meliorants / N.I. Belousov, A.P. Babkov, Yu.A. Gureev et al. // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. № 2 (114). pp. 66-71.*

Введение. Одной из основных задач агропромышленного комплекса является продовольственная безопасность страны, ключевым критерием является продовольственная независимость, которая самостоятельно обеспечивает себя основными продуктами питания. Исследованиями установлено, что прирост сельскохозяйственной продукции увеличивает расход топлива, который не компенсируется ростом производительности агрегатов. Приведём пример, при увеличении производства зерновых культур на 9 %, потребность в горюче-смазочных материалах возрастает на 14 %. Для того чтобы сократить расход горюче-смазочных материалов, необходимо развивать систему машин, технологий, внедрять новые прорывные способы и технологии в производстве [1, с. 51-52; 2, с. 65-70; 3, с. 33-34].

При проведении ранжирования важности факторов, влияющих на показатели урожайности сельскохозяйственных культур, установлено, что первым по прибавке урожайности является внесение минеральных удобрений [4, с. 64-69], вторым фактором применение современных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Так же на урожайность оказывают влияние рациональное использование состава и структуры возделываемых культур, посевных площадей, проведение и реализация мелиоративных работ, выполнение сельскохозяйственных работ в агротехнические сроки. Из приведенного анализа важности факторов по прибавке урожайности является внесение минеральных удобрений, которое приводит к увеличению кислотности обрабатываемых почв. Почвы с кислой средой негативно влияют на полезную микрофлору, полезные микроорганизмы резко снижают своё положительное воздействие, а их место занимают стойкие микроскопические грибы с токсическим воздействием на сельскохозяйственные культуры. На кислых почвах замедляется рост сельскохозяйственных культур, ухудшается усваиваемость полезных соединений и минеральных веществ, снижается плодородие почвы, что приводит к уменьшению урожайности [1, с. 8-15; 2, с. 8-10; 3, с. 40-41].

Предлагается использовать на внесении извести агрегат, состоящий из трактора Беларус 80.1 и низкорамного разбрасывателя, транспортировку химических мелиорантов предлагается осуществлять с помощью обычных автомобилей-самосвалов, причём объём кузова автомобиля-самосвала не привязан к объёму кузова разбрасывателя. Рекомендуется использовать автомобиль-самосвал в системе обслуживания с ожиданием. При этом не нужно использовать дополнительные погрузчики, перегрузчики, специализированные автомобили-самосвалы с предварительным подъёмом платформы, манипуляторы, передвижные эстакады. Использование тракторного агрегата с разбрасывателем по прямой технологии внесения, не позволяет использовать разбрасыватель в полной мере, при удалении склада с химическими мелиорантами от поля на расстояние 5 км время основной работы разбрасывателя на внесении составляет менее 50 %.

Материалы и методы. Опыты проводились на низкорамной машине для внесения химических мелиорантов с вертикальным рабочим органом, который и отвечает за качество работы агрегата при внесении. Неравномерность внесения химических мелиорантов по поверхности поля зависит от конструктивно-режимных параметров вертикального рабочего органа. Конструктивно-режимные параметры вертикального рабочего органа машины для внесения химических мелиорантов влияют на стабильность процесса внесения. Сравнительный анализ результатов работы машины для внесения химических мелиорантов позволяет выявить наиболее рациональные конструктивно-режимные параметры вертикального рабочего органа. Которые и определяют качество распределения химических мелиорантов по поверхности поля, как по ширине захвата, так и по ходу движения.

Полученные экспериментальные данные по неравномерности внесения обрабатывались с помощью способов математической статистики, в результате были рассчитаны и отображены сопряжённые зависимости и уравнения. Массу химических мелиорантов приходящуюся на один квадратный метр рассчитаем, как случайную величину математического ожидания по следующему уравнению:

$$o_x = \frac{\sum_{i=1}^{-k} \sum_j^k c_i \cdot r_j}{\sum_{j=1}^k r_j}, \quad (1)$$

где o_x – случайная величина математического ожидания массы химических мелиорантов или среднее значение, $г/м^2$; c_i – i значение массы химических мелиорантов которое находится в противне, $г/м^2$; r_j – число повторов случайной величины в одном разряде, в нашем случае количество противней, шт.; k – число разрядов случайной величины; j – минимальное значение разряда случайной величины.

Рассчитаем значение среднеквадратического отклонения массы химических мелиорантов в противне. В числителе данного уравнения приведена сумма чисел произведения разности между значением массы химических мелиорантов, которая находится в противне и случайной величиной математического ожидания массы химических мелиорантов в квадрате на соответствующее число повторений случайной величины, разделённое на знаменатель суммы числа всех повторений случайной величины:

$$X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (c_i - o_x)^2 \cdot r_j}{\sum r}}, \quad (2)$$

где X – значение среднеквадратического отклонения массы химических мелиорантов в противне, $г/м^2$; $\sum r$ – сумма числа всех повторений случайной величины.

Далее рассчитаем неравномерность внесения химических мелиорантов всех значений случайных величин массы их в противнях, через коэффициент вариации по следующей зависимости:

$$v = \frac{X}{o_x} \cdot 100\%. \quad (3)$$

где v – неравномерность внесения химических мелиорантов, % [5].

Результаты и их обсуждение. Низкорамный разбрасыватель извести (рисунок 1) состоит из рамы с прицепным устройством, колёс, кузова, который крепится к раме, ленточного транспортёра, расположенного в нижней части кузова, в передней части разбрасывателя установлен подающий шнек, вертикальный рабочий орган [6; 7, с. 313-317], механизм привода, состоящий из карданной передачи и редукторов.



Рисунок 1 – Машина для внесения химических мелиорантов

Для загрузки низкорамного разбрасывателя предлагается использовать обычные автомобили-самосвалы, с обоснованными параметрами кузова разбрасывателя, которые позволяют производить выгрузку без дополнительных погрузчиков и перегрузчиков, специализированных автомобилей, манипуляторов, эстакад. Что приводит к экономии времени, технических и денежных средств.

Технология выгрузки химических мелиорантов из кузова обычного автомобиля-самосвала, который используется для транспортировки их от склада до поля, осуществляется следующим образом. Грузёный автомобиль-самосвал подъезжает задней частью, с правой стороны к передней части кузова разбрасывателя, при этом лонжероны рамы автомобиля-самосвала проходят выше верха борта ку-

зова разбрасывателя. Высота от поверхности поля до лонжерона кузова всех современных автомобилей-самосвалов больше чем 0,85 м, а высота от поверхности поля до верхней части борта кузова разбрасывателя равна 0,85 м. Автомобиль-самосвал поднимает кузов, при этом из кузова ссыпаются химические мелиоранты, но объём и количество высыпаемого груза ограничивается: снизу высотой ленточного транспортёра от поверхности поля, по бокам высотой правого и левого бортов кузова разбрасывателя, а сверху высотой выгружаемого материала от ленточного транспортёра разбрасывателя до кузова автомобиля-самосвала в поднятом положении. При этом весь выгружаемый материал не ссыпается, а ссыпается только некоторая часть его, данный параметр называется полнотой выгрузки автомобиля-самосвала. Далее механизатор включает пониженную передачу и осуществляет медленное движение вперёд, при этом оставшаяся часть выгружаемого материала из кузова автомобиля-самосвала высыпается в кузов разбрасывателя, далее происходит полное заполнение кузова разбрасывателя.

На рисунке 2 представлена схема низкорамного разбрасывателя извести.

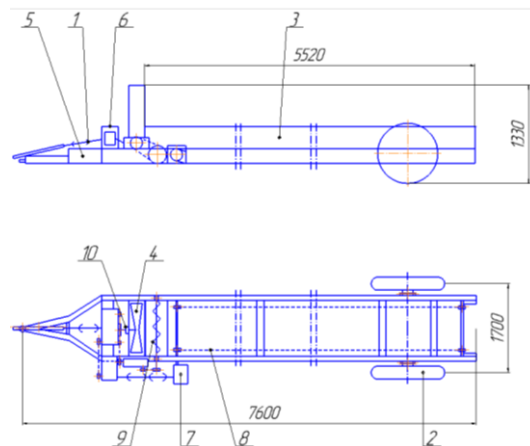


Рисунок 2 – Схема машины для внесения химических мелиорантов

- 1 – передача карданная; 2 – колесо; 3- кузов; 4- вертикальный рабочий орган; 5- рама;
6- редуктор цилиндрический; 7- редуктор червячный; 8- ленточный транспортёр;
9- подающий шнек; 10- корпус подшипников

Когда механизатор заполнил кузов разбрасывателя, водитель автомобиля-самосвала опускает кузов автомобиля с оставшимся выгружаемым материалом и ожидает следующей выгрузки в кузов разбрасывателя. Данный процесс называется обслуживание транспортно-технологического комплекса с ожиданием. Механизатор производит процесс внесения извести. Включает привод вала отбора мощности трактора, который через карданную передачу, цилиндрический редуктор, осуществляет привод вертикального рабочего органа, а через цепную передачу падающего шнека, через червячный редуктор ленточного транспортёра.

Для определения рациональных параметров вертикального рабочего органа разбрасывателя были проведены исследования по определению неравномерности внесения извести.

Зависимость распределения массы извести s_i от количества противней r_j , при диаметре ротора $D=0,92$ (м), числе лопаток вертикального рабочего органа $Z = 4$ (шт), частоте вращения вертикального рабочего органа n принималась 600, 700, 800, 900 и 1000 (мин^{-1}) [8; с. 329-333; 9, с. 395-400], основные статистики ряда распределения при внесении вертикальным рабочим органом представлена на рисунке 3.

Качество выполнения технологического процесса оценивается качественной и объективной оценкой равномерности распределения химических мелиорантов по поверхности поля. В результате проведенных экспериментальных исследований были определены основные статистики ряда распределения. Большое значение в технологическом процессе внесения химических мелиорантов имеет стабильность параметров и показателей. Из анализа экспериментальных данных установили, что наименьшая неравномерность внесения находится при частоте вращения вертикального рабочего органа разбрасывателя 800 мин^{-1} .

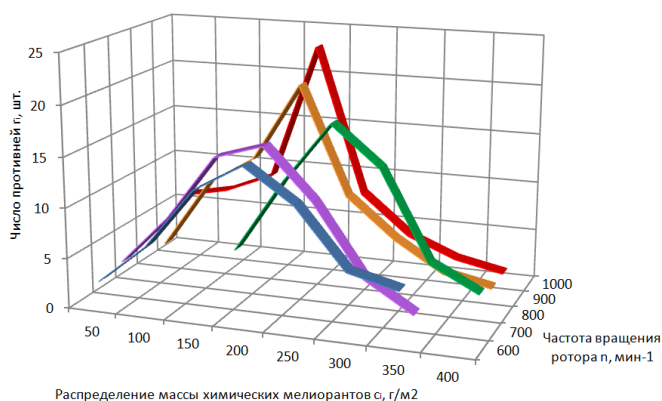


Рисунок 3 – Зависимость распределения массы извести c_i ($\text{г}/\text{м}^2$) от количества противней r_j (шт) и частоты вращения вертикального рабочего органа разбрасывателя n (мин^{-1})

С уменьшением частоты вращения вертикального рабочего органа с 800 до 600 мин^{-1} , неравномерность увеличивается. С увеличением частоты вращения с 800 до 1000 мин^{-1} , известь начинает измельчаться, что приводит к увеличению неравномерности внесения и ухудшению качества внесения. Поэтому рациональной частотой вращения вертикального рабочего ротора, составила – 800 мин^{-1} . Результаты экспериментальных исследований позволяют установить рациональные режимы работы машины для внесения химических мелиорантов.

Выводы. 1. Для агрегатирования низкорамного разбрасывателя химических мелиорантов рекомендуется применять трактор тягового класса 1,4, который работает на поле, а на транспортировке используются автомобили-самосвалы в системе обслуживания с ожиданием.

2. Рациональная частота вращения вертикального рабочего органа машины для внесения химических мелиорантов составила 800 мин^{-1} , число лопаток вертикального рабочего органа равно 4.

3. Применение тракторного агрегата по перегрузочной технологии, при перевозке извести на 5 км, состоящего из трактора Беларус 80.1 и низкорамной машины для внесения химических мелиорантов, увеличит производительность опытного агрегата по сравнению с серийным агрегатом, состоящим из машины для внесения удобрений МВУ-6 и трактора Беларус 80.1 на 48 %, затраты денежных средств снизятся на 28 %.

Список источников

1. Пашковский А.А., Прудников П.В., Смольский Е.В. Динамика свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы при совершенствовании системы удобрения картофеля // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 4 (110). С. 8-15.

2. Чуян Н.А., Чуян О.Г., Брескина Г.М. Влияние органических и минеральных удобрений на изменение содержания органического вещества чернозема типичного // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 2. С. 8-10.

3. Поддымкина Л.М. Биоактивность почвы при внесении удобрений и извести // Плодородие. 2007. № 5 (38). С. 40-41.

4. Трутаева Н.Н., Калянова Н.С. Влияние уровня минерального питания на урожайность озимой пшеницы // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы II всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием, Курск, 05 марта 2025 года. Курск: Курский ГАУ им. И.И. Иванова, 2025. С. 64-69.

5. Белоусов Н.И. Повышение эффективности работы агрегата на внесении извести: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Курск, 2002. 198 с.

6. Вертикальный рабочий орган разбрасывателя извести: пат. 234540 Рос. Федерация U1: МПК А01С 15/00 / Белоусов Н.И., Кончин В.А., Бабков А.П., Гуреев Ю.А., Варавин В.И., Блинков Б.С., Воропаев А.Е., Белоусова М.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова"; заявл. 07.02.2025; опубл. 02.06.2025.

7. Результаты распределения извести вертикальным ротором низкорамной машины / Н.И. Белоусов, Ю.А. Гуреев, Н.И. Сасин и др. // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конференции, Курск, 26 мая 2022 года. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2022. С. 313-317.

8. Влияние количества лопаток рабочего органа разбрасывателя на неравномерность внесения извести / Н.И. Белоусов, Ю.А. Гуреев, А.А. Смецкой, М.И. Шор // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: материалы III междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 15 ноября 2022 года. Ч. 2. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023. С. 329-333. EDN YBEZSE..

9. Касьянов А.В., Воробьев В.С., Белоусов Н.И. Улучшение процесса внесения известковых материалов // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. материалов IV междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», Саратов, 21–22 марта 2024 года. Саратов: ООО "Медиамир", 2024. С. 395-400.

Информация об авторах

Н.И. Белоусов - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

А.П. Бабков - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова. babkov_ap@mail.ru.

Ю.А. Гуреев - кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

Б.С. Блинков - кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

А.О. Гороховцев – аспирант Брянского государственного инженерно-технологического университета.

Information about the authors

N.I. Belousov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

A.P. Babkov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov. babkov_ap@mail.ru.

Yu.A. Gureev - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

B.S. Blinkov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

A.O. Gorokhovtsev - Postgraduate Student, Bryansk State Engineering and Technology 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 06.11.2025, одобрена после рецензирования 27.01.2026, принята к публикации 12.02.2026.

The article was submitted 06.11.2025, approved after reviewing 27.01.2026; accepted for publication 12.02.2026.

© Белоусов Н.И., Бабков А.П., Гуреев Ю.А., Блинков Б.С., Гороховцев А.О.

Научная статья

УДК 691.175.5/8:620.178.169

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПЕСКА В ЭПОКСИДНО-ПЕСЧАНОМ КОМПОЗИТЕ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ С УЧЕТОМ ВЫСОТЫ ОСАЖДЕНИЯ**Юрий Игоревич Филин, Сергей Александрович Феськов**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Установлено влияние дисперсности песчаного наполнителя d на абразивную износостойкость эпоксидно-песчаного композита, применяемого для восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственной техники, в частности лемехов почвообрабатывающих машин. Износостойкость c (мин/мм) определяли методом лунок на образцах высотой $h = 50$ мм для трёх уровней по высоте (верхний, средний, нижний), получаемых последовательным снятием слоя. Исследованы фракции песка $d = 0,1; 0,25; 0,5; 1$ мм при концентрациях $P = 30...70$ мас.ч. (общая дозировка 100 мас.ч.). Показано, что на верхнем уровне c возрастает с увеличением d (до 58,78 мин/мм при $d = 1$ мм), тогда как на нижнем уровне максимум достигается при $d = 0,1$ мм (151,32 мин/мм). При $d = 0,5$ мм высотный градиент минимален ($K_{31} \approx 0,98$), что указывает на повышение структурной однородности покрытия по толщине. Полученные закономерности позволяют обосновать подбор фракционного состава песка для ремонтных композитных покрытий, применяемых при восстановлении лемехов плугов и других рабочих органов сельскохозяйственных машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания почвенной средой. Дополнительно установлено, что дисперсность песчаного наполнителя оказывает существенное влияние на формирование структуры эпоксидно-песчаного композита и характер распределения его свойств по толщине материала. Анализ полученных результатов позволяет прогнозировать изменение износостойкости композитного покрытия в зависимости от размера частиц наполнителя и условий его осаждения при формировании материала. Практическая значимость исследования заключается в возможности целенаправленного подбора фракционного состава песчаного наполнителя при разработке технологий восстановления и упрочнения лемехов плугов и других рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Ключевые слова: лемех плуга; почвообрабатывающие машины; восстановление деталей сельскохозяйственной техники; эпоксидно-песчаный композит; дисперсность наполнителя; абразивное изнашивание; износостойкость; ремонтные покрытия.

Для цитирования: Филин Ю.И., Феськов С.А. Влияние дисперсности песка в эпоксидно-песчаном композите на износостойкость с учетом высоты осаждения // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С.72-77.

*Original article***INFLUENCE OF SAND DISPERSION IN EPOXY-SAND COMPOSITE ON WEAR RESISTANCE, CONSIDERING SEDIMENTATION HEIGHT****Yuri I. Filin, Sergei A. Fes'kov***Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia*

Abstract. *The effect of sand filler dispersion d on the abrasive wear resistance of epoxy-sand composite used for restoration and strengthening of working parts of agricultural machinery, in particular plowshares of tillage machines is established. Wear resistance c (min/mm) was determined by the pit method on samples of height $h = 50$ mm for three height levels (upper, middle, lower), obtained by sequential layer removal. Sand fractions $d = 0.1; 0.25; 0.5; 1$ mm were studied at concentrations $P = 30...70$ parts by weight (total dosage 100 parts by weight). It is shown that at the upper level c increases with increasing d (up to 58.78 min/mm at $d = 1$ mm), while at the lower level the maximum is achieved at $d = 0.1$ mm (151.32 min/mm). At $d = 0.5$ mm, the vertical gradient is minimal ($K_{31} \approx 0.98$), indicating increased structural homogeneity of the coating across its thickness. The obtained patterns allow us to justify the selection of sand fractional composition for repair composite coatings used to restore plow shares and other working parts of agricultural machinery operating under conditions of intense abrasive wear by the soil environment. It was also established that the dispersion of the sand filler has a significant impact on the formation of the structure of the epoxy-sand composite and the distribution of its properties across the thickness of the material. Analysis of the obtained results allows us to predict changes in the wear resistance of the composite coating depending on the filler particle size and the conditions of its deposition during material formation. The practical significance of the study lies in the possibility of targeted selection of the fractional composition of the*

sand filler in the development of technologies for the restoration and strengthening of plow shares and other working parts of tillage machines.

Keywords: *plow share; tillage machines; restoration of agricultural machinery parts; epoxy-sand composite; filler dispersion; abrasive wear; wear resistance; repair coatings.*

For citation: *Filin Yu.I., Fes'kov S.A. Influence of sand dispersion in epoxy-sand composite on wear resistance, considering sedimentation height // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 2 (114). pp.72-77.*

Введение. Рабочие органы почвообрабатывающих машин сельскохозяйственной техники работают в условиях интенсивного абразивного воздействия почвы. Наиболее подвержены изнашиванию лемехи плугов, лапы культиваторов и другие детали, контактирующие с почвенной массой. В процессе эксплуатации происходит постепенное уменьшение их геометрических размеров, что приводит к снижению качества обработки почвы и увеличению тягового сопротивления агрегатов.

Одним из эффективных способов продления ресурса таких деталей является восстановление и упрочнение их рабочих поверхностей с использованием композиционных материалов [1,2,3]. В практике ремонта сельскохозяйственной техники перспективным направлением является применение эпоксидно-песчаных композитов, обладающих высокой адгезией к металлической основе и повышенной абразивной стойкостью.

Износостойкость подобных композитов определяется не только концентрацией наполнителя, но и размером его частиц. Дисперсность песка влияет на характер взаимодействия материала с абразивными частицами почвы и формирование структуры композита. Кроме того, при формировании литых композитных покрытий происходит осаждение наполнителя, вследствие чего образуется градиент свойств по толщине покрытия.

Для ремонтных покрытий, используемых при восстановлении лемехов и других рабочих органов сельскохозяйственных машин, данный фактор имеет особое значение, поскольку изнашивание происходит преимущественно в поверхностных слоях.

Эпоксидно-песчаные композиты широко используются для восстановления и упрочнения деталей, работающих в абразивной среде. При неизменной химической природе компонентов износостойкость таких материалов определяется, с одной стороны, массовой долей твердой фазы, а с другой стороны, размером частиц наполнителя, который задает характер контакта с абразивом и способность кварцевых зерен сопротивляться микрорезанию [4,5,6]. Для литых и заливочных композиций существенную роль играет также осаждение частиц в процессе отверждения: формируется неоднородность по толщине, из-за которой эксплуатационные свойства верхнего и нижнего слоев покрытия различаются [7].

Научная новизна исследования заключается в установлении закономерностей изменения абразивной износостойкости эпоксидно-песчаного композита в зависимости от дисперсности песчаного наполнителя с учетом высоты его осаждения в процессе формирования покрытия. Впервые для данного типа композитов определен коэффициент высотной неоднородности износостойкости и выявлена фракция наполнителя, обеспечивающая минимальный градиент свойств по толщине материала. Полученные результаты позволяют обосновать выбор дисперсности минерального наполнителя для ремонтных покрытий рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Цель исследования - оценить влияние дисперсности песчаного наполнителя на износостойкость эпоксидно-песчаного композита с учетом высоты осаждения и обосновать выбор фракционного состава наполнителя для ремонтных покрытий рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Материалы и методы. Исследуемый эпоксидно-песчаный композит рассматривается как материал для формирования ремонтных покрытий при восстановлении изношенных лемехов почвообрабатывающих машин. В качестве матрицы использован эпоксидный компаунд промышленного назначения. Дисперсным наполнителем служил минеральный песок, рассев которого обеспечивал четыре диапазона диаметра частиц: $d = 0,1; 0,25; 0,5; 1$ мм. Композиции готовили при общей дозировке 100 мас.ч. по компонентам «песок – эпоксидная матрица» и изменяли содержание песка P в пределах 30...70 мас.ч. с соответствующим содержанием эпоксидной составляющей $E = 100 - P$ мас.ч. (варианты P/E : 30/70, 40/60, 50/50, 60/40, 70/30).

Смесь компаунда с песком выбранной фракции готовили механическим перемешиванием до визуального однородного состояния. Далее композицию заливали в форму, обеспечивающую получение образца высотой $h = 50$ мм. После отверждения образцы подвергали испытаниям. Плоскостность поверхностей контролировали шлифованием до получения идентичной базовой поверхности перед каждым циклом измерений.

Для оценки влияния осаждения наполнителя использована ступенчатая схема измерений: (1) первый цикл выполняли по исходной верхней поверхности (уровень 1); (2) после завершения истирания лунок образец стачивали до восстановления идентичной поверхности, что обеспечивало переход к более глубокому слою (уровень 2); (3) аналогично выполняли третий цикл по слою, приближенному к нижней части образца (уровень 3). Таким образом, последовательность 1→2→3 интерпретировалась как продвижение по высоте осаждения от верхней зоны к нижней.

Износостойкость определяли методом лунок при абразивном взаимодействии в условиях незакрепленного абразива по методике ускоренных сравнительных испытаний [8,9]. Износостойкость s выражали в мин/мм как отношение времени испытаний t к величине линейного износа Δh : $s = t/\Delta h$. Статистическую обработку выполняли по средним значениям \bar{c} , среднеквадратическому отклонению σ и коэффициенту вариации $V = \sigma/\bar{c}$; при $V \leq 0,33$ разброс оценивали как приемлемый для сопоставления серий.

Результаты и обсуждение. В результате проведённых экспериментальных исследований были получены данные, характеризующие влияние дисперсности песчаного наполнителя и его концентрации на абразивную износостойкость эпоксидно-песчаного композита. Особое внимание уделялось анализу распределения свойств по высоте образца, поскольку в процессе формирования композитного материала возможно осаждение минерального наполнителя, приводящее к возникновению градиента структуры и эксплуатационных характеристик.

Испытания проводились для трёх уровней по высоте образца (верхний, средний и нижний), что позволило оценить изменение износостойкости материала по толщине и установить характер влияния дисперсности песка на формирование структуры композита. Полученные экспериментальные результаты обобщены в таблицах и представлены графически, что позволяет наглядно проследить выявленные закономерности.

Анализ результатов направлен на установление оптимального размера частиц песчаного наполнителя, обеспечивающего высокую износостойкость композитного материала и равномерное распределение его свойств по толщине покрытия. Это имеет практическое значение при разработке ремонтных покрытий для восстановления лемехов плугов и других рабочих органов сельскохозяйственных машин, работающих в условиях интенсивного абразивного воздействия почвенной среды.

При формировании эпоксидно-песчаных композитов в процессе отверждения происходит осаждение частиц минерального наполнителя под действием силы тяжести. В результате этого явления распределение частиц песка по высоте материала становится неравномерным. Более тяжёлые и крупные частицы постепенно перемещаются в нижнюю часть образца, тогда как верхние слои композита содержат большее количество полимерной матрицы.

Такое перераспределение компонентов приводит к формированию *градиента свойств по толщине материала*, то есть к постепенному изменению структуры и эксплуатационных характеристик композита от верхней поверхности к нижней части образца. В верхнем слое материал характеризуется более высоким содержанием эпоксидной матрицы и меньшей концентрацией минерального наполнителя, тогда как в нижней части наблюдается более плотная упаковка частиц песка и повышенная доля твёрдой фазы.

Вследствие этого износостойкость композита по высоте образца может существенно различаться. Верхний слой, содержащий больше полимерной матрицы, обычно обладает меньшей устойчивостью к абразивному воздействию, тогда как нижние слои, обогащённые минеральным наполнителем, способны демонстрировать более высокую износостойкость.

Для количественной оценки степени изменения свойств по толщине материала в работе использован *коэффициент высотной неоднородности* K_{31} , определяемый как отношение износостойкости нижнего слоя образца к износостойкости верхнего слоя:

$$K_{31} = c_3/c_1$$

где c_1 - износостойкость верхнего уровня образца;

c_3 - износостойкость нижнего уровня образца.

Значение коэффициента K_{31} позволяет оценить выраженность градиента свойств. При $K_{31} \approx 1$ материал обладает практически равномерными свойствами по толщине. Значительное отклонение коэффициента от единицы свидетельствует о наличии выраженного градиента износостойкости, обусловленного осаждением наполнителя.

Учет данного явления имеет важное практическое значение при разработке ремонтных композитных покрытий для восстановления рабочих органов сельскохозяйственной техники, так как в про-

цессе эксплуатации изнашиваются преимущественно поверхностные слои материала. Поэтому понимание распределения износостойкости по толщине покрытия позволяет более обоснованно выбирать дисперсность наполнителя и прогнозировать долговечность восстановленных деталей.

Зависимость износостойкости от дисперсности имеет различный характер для каждого уровня по высоте (рисунок 1, таблица 1). На верхнем уровне (уровень 1) с увеличением диаметра частиц наблюдается рост \bar{c}_1 от 39,54 мин/мм при $d = 0,1$ мм до 58,78 мин/мм при $d = 1$ мм. Данный эффект согласуется с тем, что крупные зерна выступают над поверхностью и принимают основную долю контактной нагрузки, экранируя эпоксидную матрицу от прямого царапания.

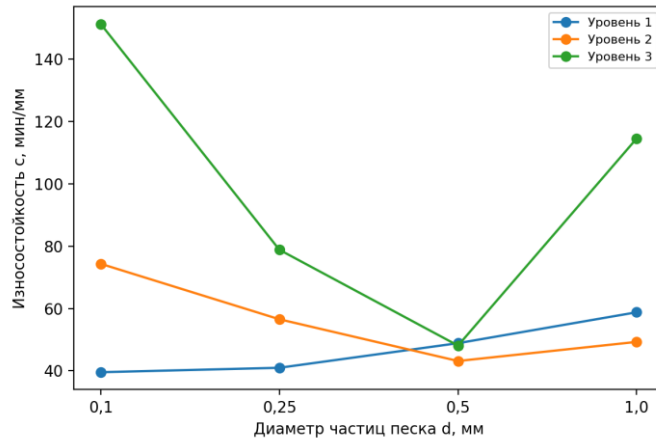


Рисунок 1 - Зависимость износостойкости \bar{c} от диаметра частиц песка d для различных уровней по высоте (усреднение по P)

Таблица 1 - Средняя износостойкость \bar{c} (мин/мм) в зависимости от диаметра частиц песка d и уровня по высоте (усреднение по P)

d , мм	\bar{c}_1 (верх)	\bar{c}_2 (сред.)	\bar{c}_3 (низ)	$K_{31} = \bar{c}_3/\bar{c}_1$
0,1	39,54	74,34	151,32	3,83
0,25	40,96	56,53	78,84	1,92
0,5	48,86	43,13	48,08	0,98
1	58,78	49,27	114,56	1,95

Полученные закономерности имеют практическое значение при разработке ремонтных покрытий для рабочих органов сельскохозяйственной техники. При эксплуатации лемехов плугов абразивное воздействие почвенных частиц приводит к интенсивному изнашиванию поверхностного слоя. Поэтому подбор оптимальной дисперсности наполнителя позволяет регулировать структуру композита и повышать долговечность восстановленных деталей.

На нижнем уровне (уровень 3) тенденция меняется: максимальная износостойкость достигается при $d = 0,1$ мм ($\bar{c}_3 = 151,32$ мин/мм), после чего наблюдается снижение до минимума при $d = 0,5$ мм ($\bar{c}_3 = 48,08$ мин/мм) и последующий рост при $d = 1$ мм ($\bar{c}_3 = 114,56$ мин/мм). Такой немономонный характер может быть связан с различной степенью уплотнения и упаковки частиц в зоне осаждения: мелкая фракция формирует более плотный каркас с меньшей долей дефектов и пор, тогда как промежуточные размеры ($d = 0,5$ мм) при данных концентрациях могут приводить к повышенной неоднородности распределения и локальным зонам матрицы, уязвимым к выкрашиванию.

Для среднего уровня (уровень 2) минимальные значения \bar{c}_2 фиксируются при $d = 0,5$ мм (43,13 мин/мм), а наибольшее значение наблюдается при $d = 0,1$ мм (74,34 мин/мм). В результате фактор дисперсности определяет не только абсолютный уровень износостойкости, но и направление изменения свойств по толщине.

Коэффициент высотной неоднородности K_{31} (таблица 1, рисунок 2) демонстрирует ключевую особенность: для $d = 0,1$ мм градиент максимален ($K_{31} = 3,83$), то есть нижний слой существенно превосходит верхний; для $d = 0,25$ и 1 мм градиент близок ($K_{31} \approx 1,92 \dots 1,95$), а при $d = 0,5$ мм наблюдается практически равномерное распределение износостойкости по высоте ($K_{31} \approx 0,98$) (рисунок 3). Следовательно, фракция $d = 0,5$ мм может рассматриваться как технологически целесообразная при необходимости обеспечения однородности покрытия по толщине.

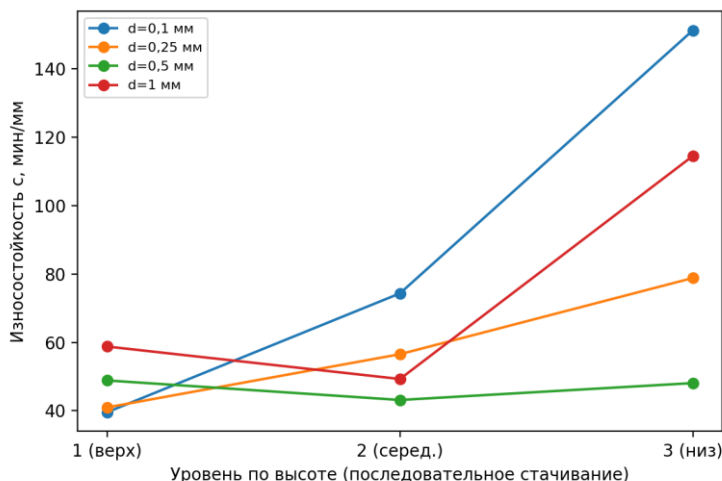


Рисунок 2 - Изменение износостойкости по высоте для различных фракций песка d (усреднение по концентрациям P)

Статистическая устойчивость к изменению концентрации песка при фиксированном d (таблица 2) характеризуется $V \leq 0,18$ для уровней 1–2 и $V \leq 0,33$ для уровня 3, что указывает на приемлемую воспроизводимость и на доминирование фактора дисперсности в формировании высотного градиента. Практически это означает, что при заданной технологии формования выбор размера частиц является более «жестким» рычагом управления распределением свойств по толщине, чем последующая корректировка концентрации в узком диапазоне.

Таблица 2 - Статистические характеристики по фактору концентрации (σ ; V) при фиксированном d

d, мм	σ_1	V1	σ_2	V2	σ_3	V3
0,1	3,58	0,09	11,37	0,15	49,86	0,33
0,25	6,21	0,15	9,96	0,18	10,42	0,13
0,5	6,59	0,13	4,21	0,10	3,32	0,07
1	6,72	0,11	1,61	0,03	13,89	0,12

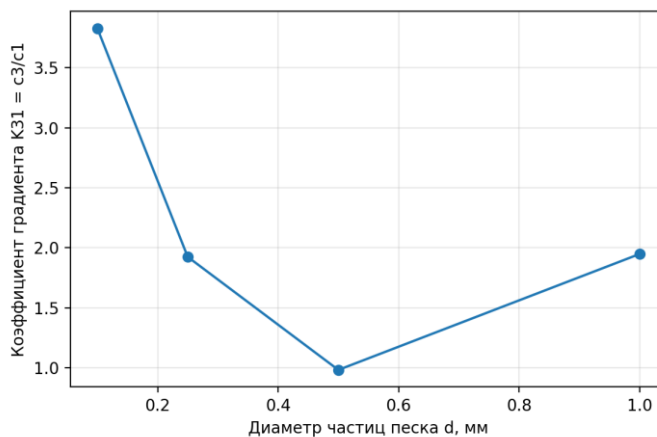


Рисунок 3 - Изменение коэффициента высотной неоднородности $K_{31} = \bar{c}_3/\bar{c}_1$ в зависимости от диаметра частиц песка d

Анализ результатов позволяет оценить влияние дисперсности песчаного наполнителя на износостойкость композитного материала, который может применяться при восстановлении рабочих поверхностей лемехов.

Выводы.

1. Установлено, что дисперсность песчаного наполнителя существенно влияет на износостойкость эпоксидно-песчаного композита, применяемого для формирования ремонтных покрытий рабочих органов сельскохозяйственных машин.

2. На верхнем уровне образцов износостойкость возрастает с увеличением размера частиц песка, тогда как в нижней зоне максимальные значения достигаются при использовании мелкодисперсной фракции.

3. Минимальный градиент износостойкости по толщине композитного слоя наблюдается при размере частиц песка 0,5 мм ($K_{31} \approx 0,98$), что свидетельствует о повышенной структурной однородности материала.

4. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий восстановления лемехов плугов и других почвообрабатывающих рабочих органов, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

Список источников

1. Бормотов А.Н. Оптимизация полимерной матрицы эпоксидных композитов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 1-1 (115). С. 28-33.

2. Егунова Т.Н. Влияние влажности наполнителя на свойства эпоксидно-песчаного композита // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 8. С. 45-48.

3. Егунова Т.Н. Баурова Н.И., Нефело И.С. Определение вязкоупругих характеристик эпоксидно-песчаных композитов, применяемых при ремонте дорожных машин // Клеи. Герметики. Технологии. 2023. № 5. С. 28-31.

4. Применение эпоксидно-гравийных композитов для упрочнения составных лемехов с возможностью устранения лучевидного износа / И.Н. Кравченко, С.А. Феськов, П.В. Сенин и др. // Инженерные технологии и системы. 2025. Т. 35, № 1. С. 155-169.

5. Влияние эпоксидно-песчаных покрытий различных составов на процесс изнашивания, специфику износа и ресурс плужных лемехов / А.М. Михальченков, С.А. Феськов, А.А. Осипов, А.С. Кононенко // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. № 1. С. 45-48.

6. Сивцов В.Н. Котин А.В. Новый этап в применении полимерных материалов в ремонтном производстве // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2021. № 39 (44). С. 15-19.

7. Effect of filler materials on abrasive wear performance of glass fiber reinforced epoxy composites / V. Suresha et al. // Tribology in Industry. 2023. Vol. 45, No. 1. P. 111-120.

8. Михальченков А.М. Козарез И.В., Кононенко А.С. Совершенствование техники лабораторных ускоренных сравнительных испытаний полимерных дисперсных композитов на изнашивание в незакрепленном абразиве // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. № 3. С. 34-38.

9. Mikhal'chenkov A.M., Torikov V.E., Filin Y.I. The influence of the concentration of components of an epoxy-sandy composite on its abrasive-wear resistance // Polymer Science. Series D. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 47-49.

Информация об авторах:

Ю.И. Филин - кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. rock2032@rambler.ru.

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

Information about the authors:

Yu. I. Filin - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Power Engineering and Electrical Technology, Bryansk State Agrarian University, rock2032@rambler.ru.

S.A. Fes'kov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы внесли равный вклад в выполнение работы, подготовку рукописи и несут равную ответственность за представленные данные. Конфликт интересов отсутствует.

All authors contributed equally to the work, preparation of the manuscript, and bear equal responsibility for the presented data. There are no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 14.01.2026, одобрена после рецензирования 15.02.2026, принята к публикации 12.03.2026.

The article was submitted 14.01.2026, approved after reviewing 15.02.2026, accepted for publication 12.03.2026.

© Феськов С.А., Филин Ю.И..

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА» публикует результаты завершенных оригинальных, теоретических и методических исследований, обзорные статьи, представляющие интерес для специалистов в различных областях сельскохозяйственной науки и практики.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 10 страниц, включая аннотацию, литературу, таблицы, графики, рисунки и подписи под рисунками. Размер каждого рисунка и таблицы не должен превышать одной страницы формата А4. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

СТРУКТУРА СТАТЬИ

1) УДК (в верхнем левом углу); 2) название статьи (на русском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 3) полное название учреждения и почтовый адрес (строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 4) аннотация и ключевые слова на русском языке, 5) название статьи (на английском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 6) полное название учреждения и почтовый адрес (на английском языке строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 7) аннотация и ключевые слова на английском языке; 8) статья; 9) список источников, информация об авторах (на русском и английском языках, с указанием инициалов и фамилии авторов, ученой степени, звания, места работы).

Экспериментальная статья должна включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и их обсуждение, выводы, список источников.

Требования к составлению аннотации. Оформляется согласно ГОСТ 7.0.7-2021. Рекомендуемый объем 200-250 слов. В аннотации не повторяется название статьи. Аннотация не разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит фактографию, обоснованные выводы, рекомендации и т.п. Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение - в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов. Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Перевод аннотации на английский язык. Недопустимо использование машинного перевода. Вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: WTO-WTO, FAO-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.