

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, агропочвоведение,
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).

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Влияние традиционной мочевины и мочевины, модифицированной культурой *Bacillus subtilis* ч-13, на формирование генеративных органов гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) у сортов различных лет селекции
Иванов Р.Г., Налухин А.Н., Белопухов С.Л. 3
- Влияние предшественников на азотфиксацию и продуктивность скороспелых сортов сои на черноземе типичном
Кузьминов К.В., Пигорев И.Я. 10
- Влияние элементов технологии возделывания рапса озимого на продуктивность в региональных условиях
Прохоренко А.В., Бельченко С.А., Никифоров В.М. 17
- Особенности фракционно-группового состава гумуса аллювиальных почв правобережья р. Десна
Чекин Г.В. 23
- Формирование кормового потенциала однолетних агрофитоценозов в условиях дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава
Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Ситнов О.Д., Белоус Н.М. 30

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Получение растительных гранулированных добавок с помощью экструдирования и их влияние на содержание кальция и фосфора у высокопродуктивных коров
Ярован Н.И., Федорова Т.Н., Меньякина А.Г. 36
- Мониторинг использования двухпородных свиноматок из племенного репродуктора в условиях промышленного комплекса
Дойлидов В.А., Меньякина А.Г., Ятусевич В.П., Долженкова Е.А. 41
- Мясные качества абердин-ангусских бычков в зависимости от уровня зерновых концентратов в рационах
Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Сидоров И.И. 47

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин путем электроискровой наплавки белым чугуном
Неверов Е.Н., Черныш А.П., Майтаков А.Л. 53
- Применение абразивостойких полимерных покрытий для увеличения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин (опыт Брянского ГАУ)
Фесков С.А., Филин Ю.И., Ковалев А.Ф., Мишина А.С. 60
- Определение параметров тормозного устройства для укладчика капельной ленты
Мартынова Н.Б., Бондарева Г.И. 65
- Повышение продольной устойчивости энергетического средства при агрегатировании прицепных одноосных агрегатов
Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С., Щитова В.А., Ковшун А.А. 69
- Исследование тепловых зазоров в газораспределительном механизме автотракторных двигателей
Дьяченко А.В. 75

No 1 (113)

JANUARY-FEBRUARY 2026

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

- Effect of traditional urea and urea modified by *Bacillus subtilis* ch-13 on the formation of generative organs of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in varieties of different years of breeding
R.G. Ivanov, A.N. Naliukhin, S.L. Belopukhov 3
- Effect of predecessors on nitrogen fixation and productivity of early-maturing soybean varieties on typical black soil
K.V. Kuzminov, I.Ya. Pigorev 10
- Influence of winter canola cultivation technology elements on productivity in regional conditions
A.V. Prokhorenko, S.A. Belchenko, V.M. Nikiforov 17
- Features of fractional-group composition of humus in alluvial soils of the right bank of the Desna River
G.V. Chekin 23
- Formation of forage potential of annual agrophytocenosis in conditions of sod-podzolic soils of light granulometric structure
L.P. Kharkevich, D.M. Sitnov, V.N. Adamko, O.D. Sitnov, N.M. Belous 30

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

- Production of vegetable granular additives by extrusion and their effect on the content of calcium and phosphorus in highly productive cows
N.I. Yarovan, T.N. Fedorova, A.G. Menyakina 36
- Monitoring the use of two-breed sows from a breeding farm in an industrial complex
V.A. Doylidov, A.G. Menyakina, V.P. Yatusевич, E.A. Dolzhenkova 41
- Meat quality of aberdine-angelsis bulls depending on the level of grain concentrates in their diets
V.E. Podolnikov, L.N. Gamko, I.I. Sidorov 47

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

- Increasing wear resistance of working parts of agricultural machines by electric spark surfacing with white cast iron
E.N. Neverov, A.P. Chernysh, A.L. Maitakov 53
- Application of abrasive-resistant polymer coatings to increase the resource of working bodies of soil cultivation machines (experience of Bryansk State Agricultural University)
S.A. Feskov, Yu.I. Filin, A.F. Kovalev, A.S. Mishina 60
- Determination of the parameters of the braking device for the drip tape stacker
N.B. Martynova, G.I. Bondareva 65
- Increase of longitudinal stability of power facility at aggregation of trailed uniaxial units
S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, V.A. Shchitova, A.A. Kovshun 69
- Study of expansion gaps in the timing mechanism of autotractors engines
A.V. Dyachenko 75

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

Редакционный совет:

Н.М. Белоус - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); П.Н. Балабко - д-р биол. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); В.В. Дьяченко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.Н. Евдокименко - д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФНЦ Садоводства (г. Москва); А.А. Завалин - акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва); В.А. Исайчев - д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малявко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков - д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова - д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. 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); Е.Я. Лебедев - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана - д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

Редакторы:

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

ISSN 2500-2651.

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

Тираж 250 экз. Подписано в печать 09.02.2026.

Дата выхода в свет 20.02.2026.

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, 2025

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, Associate Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU - MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); M.N. Erokhin - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU - MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); N.I. Gavrichenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Vitebsk SAVM (Vitebsk); L.N. Gamko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.Yu. Karpenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Saint-Petersburg SAVM (Saint-Petersburg); S.A. Kozlov - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow SAVM named after K.I. Skryabin (Moscow); E.Ya. Lebedko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.A. Tanana - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Grodno SAU (Grodno).

Editors:

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 - 09.02.2026.

The release date is 20.02.2026.

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, 2025



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

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

Научная статья

УДК 633.12:631.841.7:631.86

ВЛИЯНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ МОЧЕВИНЫ И МОЧЕВИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ
КУЛЬТУРОЙ *BACILLUS SUBTILIS* Ч-13, НА ФОРМИРОВАНИЕ
ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ГРЕЧИХИ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH)
У СОРТОВ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕТ СЕЛЕКЦИИ

Роман Геннадьевич Иванов, Алексей Николаевич Налиухин,
Сергей Леонидович Белопухов
ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Аннотация. В период исследований 2023 - 2024 гг. в условиях Московской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой слабogleеватой почве проведено сравнительное изучение влияния традиционной мочевины и мочевины, модифицированной культурой *Bacillus subtilis* Ч-13 (В.с. Ч-13), на формирование генеративных органов гречихи сортов «Дикуль» и «Даша» с их связь с урожайностью зерна. Установлено, что обработка мочевины штаммом *В.с. Ч-13* способствовала увеличению количества цветков на растении. Количество цветков с сорта гречихи «Дикуль» при применении модифицированной мочевины ($K_{60}+N_{90m}$) в 2024 г. достигло 271,8 шт./растение (+75,8% к контролю), что на 14% выше, чем при использовании традиционной мочевины. Содержание сахара в нектаре цветка гречихи сорта «Дикуль» при применении мочевины, обработанной культурой *В.с. Ч-13* составляет 0,926%, что на 2,1% ниже, чем при применении традиционной мочевины. Модификация мочевины штаммом *В.с. Ч-13* усиливает репродуктивную активность гречихи, но её эффективность зависит от сорта и погодных условий. Для гречихи сорта Даша требуется дозированное применение мочевины в комплексе с *В.с. Ч-13* в целях минимизации стресса и сохранения качества продукции. Результаты исследования позволяют оптимизировать системы удобрения гречихи для одновременно повышения урожайности зерна и медоносной продуктивности, что актуально для интеграции растениеводства и пчеловодства в условиях Московской области.

Ключевые слова: гречиха, мочевина, модифицированные удобрения, количество цветков, урожайность зерна.

Для цитирования: Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л. Влияние традиционной мочевины и мочевины, модифицированной культурой *bacillus subtilis* ч-13, на формирование генеративных органов гречихи (*fagopyrum esculentum moench*) у сортов различных лет селекции // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 3-9.

Original article

EFFECT OF TRADITIONAL UREA AND UREA MODIFIED BY *BACILLUS SUBTILIS*
CH-13 ON THE FORMATION OF GENERATIVE ORGANS OF BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM*
ESCULENTUM MOENCH) IN VARIETIES OF DIFFERENT YEARS OF BREEDING

Roman G. Ivanov, Alexey N. Naliukhin, Sergey L. Belopukhov

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

Abstract. During the research period of 2023 - 2024 in the conditions of the Moscow region on sod-podzolic light loamy weakly gley soil, a comparative study of the effect of the traditional urea and the urea modified by the culture *Bacillus subtilis* Ch-13 (B.s. Ch-13) on the formation of the generative organs of buckwheat varieties "Dikul" and "Dasha" with their relationship with grain yields was carried out. It was found that the treatment of the urea with the B.s. Ch-13 strain contributed to an increase in the number of flowers on the plant. The number of flowers from the buckwheat variety "Dikul" with the use of the modified urea ($K_{60}+N_{90m}$) in 2024 reached 271.8 pcs./plant (+75.8% to the control), which is 14% higher than with the use of the traditional urea. The sugar contents in the nectar of the buckwheat flower of the "Dikul" variety when using the urea treated with B.s. Ch-13 culture is 0.926%, which is 2.1% lower than when using the traditional urea. The modification of the urea with the B.s. Ch-13 strain enhances the reproductive activity of buckwheat, but its effectiveness depends on the variety and weather conditions. The buckwheat variety "Dasha" requires a dosed use of the urea in combination with B.s. Ch-13 in order to minimize stress and main-

tain product quality. The results of the research make it possible to optimize buckwheat fertilization systems to simultaneously increase grain yields and honey productivity, which is important for the integration of crop production and beekeeping in the conditions of the Moscow region.

Keywords: buckwheat, urea, modified fertilizers, number of flowers, grain yields.

For citation: Ivanov R.G., Naliukhin A.N., Belopukhov S.L. Effect of traditional urea and urea modified by bacillus subtilis ch-13 on the formation of generative organs of buckwheat (*fagopyrum esculentum moench*) in varieties of different years of breeding // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 3-9.

Введение. Отличие гречихи от зерновых колосовых культур заключается в растянутости периода цветения, который совпадает с интенсивным линейным ростом побегов [4]. Семена, сформировавшиеся в течение первой декады цветения, находятся на растении и в созревшем состоянии около месяца и могут осыпаться вследствие перелома плодоножек из-за колебания ветром [5]. Соответственно, изучение динамики цветения гречихи необходимо для разработки эффективных схем внесения удобрений, учитывающих её физиологические особенности. Физиология гречихи, характеризующаяся параллельным протеканием вегетативного роста и цветения, создаёт конкуренцию за питательные ресурсы, что требует строгой балансировки макро- и микроэлементов (N, P, K, B, Zn и др.) для предотвращения угнетения генеративных органов. Растянутое цветение и слабо развитая корневая система усиливает зависимость от внесения удобрений, направленных на поддержку волн цветения и формирования полноценных завязей.

Гречиха цветет на протяжении всего вегетационного периода, но её обильная цветковая продукция не гарантирует высоких урожаев зерна [7]. Исследования, проведенные *Nagano Y., Miyashita T.* (2025) показывают, что примерно 80% цветков, распустившихся утром, остаются открытыми до ночи [11]. В работах *Chen Y., et al* (2024), установлена положительная корреляция между показателями опыления, завязывания семян и общей массой семенного материала на растении [9]. В свою очередь работы *Cordeiro G. D., et al* (2023) показывают, что в условиях температурного стресса гречиха перестает вырабатывать линалоол и индол (основные компоненты цветочного аромата), но сохраняет высокое содержание 2- и 3-метилбутановой кислоты, при этом пчелы, как показал ЭАГ-анализ, реагировали на исчезающие компоненты аромата [8]. В дополнении к изменению химического профиля ароматических соединений, засуха и температурный стресс вызывают снижение числа раскрытых цветков и сокращению производства нектара и пыльцы, что в совокупности приводит к резкому сокращению визита опылителей - особенно выраженному при комбинированном воздействии обоих факторов [9]. При комбинированном воздействии высоких температур и снижения влажности у гречихи дополнительно угнетается синтез нектара и термочувствительных летучих соединений (линалоол, индол), что в сочетании с ранее выявленным сокращением числа открытых цветков создаёт комплексный эффект: пчелы, лишённые ключевых химических сигналов и ресурсов, переключаются на растения с более устойчивым к стрессу нектаровыделением, что приводит к дальнейшему снижению эффективности опыления [6]. Исследования *В.Н. Козила* (2012) показывают, что эффективность пчелоопыления гречихи оценивается в 16,1 ц/га, а доопыление повышает урожайность до 17,9 ц/га [2]. Исследования *Зыкова И.Е., Алексеева М.Е.* и др. (2024) подтверждают наличие прямой зависимости количества и качества урожая гречихи посевной от наличия опылителей во время цветения [1]. Азотные удобрения играют ключевую роль в управлении вегетативным ростом гречихи, однако избыток может подавлять формирование генеративных органов. В условиях Московской области, где часто наблюдаются резкие перепады температур и влажности, необходимо тщательно балансировать внесение азота под посевы. Разработка адаптивных схем внесения азотных удобрений, обработанных культурой *V.s. Ч-13*, синхронизированных с волнами цветения, в сочетании с управлением опыления, становится ключевым инструментом для минимизации потерь урожая и снижения экологических рисков от использования удобрений. Азотный метаболизм играет ключевую роль в процессе формирования генеративных органов гречихи. При оптимальном внесении азотных удобрений происходит активация синтеза аминокислот, усиление синтеза хлорофилла, стимуляция синтеза фитогормонов. Также при избыточном внесении азотных удобрений наблюдаются негативные эффекты: усиленный рост вегетативной массы, нарушению баланса фитогормонов. Поэтому подбор дозы азотных удобрений в агроклиматических условиях Московской области является актуальной задачей.

Материалы и методы. Исследования по установлению действия традиционных азотных удобрений и удобрений, обработанных культурой *V.s. Ч-13*, на формирование генеративных органов растений гречихи проведены в 2023 - 2024 гг. в ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет» (г.о. Орехово-Зуевский, Московская область) на территории агробио-

логической станции. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая слабоглееватая. Основные агрохимические показатели почвы на опытном участке в среднем за 2023-2024 годы: pH (солевой) - 6,83 (нейтральная реакция); гидролитическая кислотность (H_+) - 2,86 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощённых оснований (S) - 7,66 мг-экв/100 г почвы; содержание нитратного азота (N-NO₃) в слое 0-20 см - 5,18 мг/кг почвы; содержание аммонийного азота (N-NH₄) - 3,03 мг/кг почвы; содержание подвижного фосфора (P₂O₅) по методу Кирсанова - 181 мг/кг почвы (V класс обеспеченности); содержание подвижного калия (K₂O) по методу Кирсанова - 134 мг/кг почвы (IV класс - повышенное содержание); общее содержание азота (N_{общ}) - 0,07%; содержание гумуса по методу Тюрина в модификации Симакова - 2,63%; содержание легкогидролизуемого азота (N_{щ.г.}) по Тюрину и Кононовой - 32,5 мг/кг (II класс - низкое). Для определения основных агрохимических показателей почвы применялись стандартные методики.

Перед началом подсчета количества цветов проведен первичный осмотр растения. В ходе которого оценивалось общее состояние, определялось количество основных побегов и генеративных побегов. Учет количества цветов проведен в утренние часы (8-10 ч.) при сухой погоде и отсутствии сильного ветра. Для повышения точности эксперимента проводились повторные учеты через 2-3 дня. Учет количества цветов проведен на 10 типичных растениях.

Схема опыта включала два фактора: фактор А - система удобрения (контроль, K₆₀, K₆₀+N₃₀, K₆₀+N₆₀, K₆₀+N₉₀), фактор В - система биомодифицированного удобрения (контроль, K₆₀, K₆₀+N_{30m}, K₆₀+N_{60m}, K₆₀+N_{90m}). Процесс биомодификации карбамида проводился вручную из расчёта 1 мл *V.s. Ч-13* на 1 г карбамида. После этого смесь подвергалась суточной инкубации в факторостатных условиях при температуре 25 °С и без доступа света. Затем биомодифицированные удобрения вносили вручную на опытные участки. В опытах применялись два сорта растений гречихи: Диккуль (2001) и Даша (2015). Оригинатор и патентообладатель: ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ имени Н. В. Парахина».

Для оценки нектаропродуктивности цветков гречихи применялся метод микробумажек. Метод основан на извлечении нектара из цветков гречихи с помощью специальных тонких фильтровальных бумажек треугольной формы с заостренным краем, что позволяет точно определить содержание нектара в цветках этой культуры. После аппликации бумажек на нектарники цветков гречихи проводилось повторное взвешивание на аналитических весах. По разнице в весе бумажек проводился расчет нектаропродуктивности растений.

Для определения содержания сахаров в нектаре гречихи применялся метод рефрактометрии. Цветы собирались вручную утро (8:00-10:00) в период массового цветения растений. С каждого растения отбирались 10 цветков. Цветки отбирались с 10 типичных растений. Нектар извлекался путем промывки цветков 100 мл дистиллированной воды. Пробы фильтровались через бумажный фильтр. Измерения проводили путём калибровки рефрактометра по дистиллированной воде (0°Vx), нанесения 2-3 капель пробы на измерительную призму и считывания значения в °Vx. Далее результат пересчитывали на 1 цветок и выражали в %. Потенциальная медопродуктивность (кг/га) рассчитывалась математически как произведение нектаропродуктивности (кг/га) коэффициент перевода нектара в мёд (0,75). Валовой сбор сахара также рассчитывалось математически. Урожай зерна учитывали поделочно с приведением к стандартной влажности 14%. Все эксперименты проведены в четырехкратных повторностях. В качестве основного метода математической обработки данных применялся двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями.

Результаты и их обсуждение. Биомодифицированные азотные удобрения демонстрируют потенциал для повышения продуктивности гречихи, но их эффективность может определяться сортом растения и дозой азота. Оптимальная стратегия - комбинировать стандартные и биомодифицированные формы, учитывая сортовые особенности и климатические условия. Например, мочевиная, обработанная *V.s. Ч-13* в дозе 60 кг/га, демонстрирует стабильный прирост количества цветков у обоих сортов, что делает её наиболее перспективным вариантом. Мочевина в сочетании с *V.s. Ч-13* требует осторожного применения: высокая эффективность у гречихи сорта Диккуль (271,8 шт./раст.), сочетается с риском снижения продуктивности у сорта Даша (165,0 шт./раст.). Для стимуляции цветения гречихи в агроклиматических условиях Московской области для гречихи сорта Даша предпочтительнее стандартные удобрения, для гречихи сорта Диккуль биомодифицированные, особенно в высоких дозах. В 2024 году у гречихи сорта Диккуль при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13*, зафиксирован рекордный показатель по количеству цветков (271,8 шт.), что на 42% выше, чем на контроле. У гречихи сорта Даша в 2024 году традиционная мочевина (N₉₀) сохраняет эффективность (227,0 шт./раст.), но мочевина, обработанная культурой *V.s. Ч-13*, приводит к снижению показателя до 165,0 шт./раст. (табл.1). Оптимальное число цветков определяется сортовой физиологией и точным управлением азотным питанием растений гречихи.

Таблица 1 - Количество цветов (шт./раст.) и урожайность растений гречихи (ц/га) (2023 - 2024 гг.)

Вариант	Количество цветов, шт./ раст				Урожайность зерна, ц/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Диккуль	Даша	Диккуль	Даша	Диккуль	Даша	Диккуль	Даша
Контроль	161,0	156,0	154,8	144,0	10,3	9,0	9,3	8,6
K ₆₀	156,5	161,0	125,3	144,7	10,5	10,5	9,0	8,7
K ₆₀ +N ₃₀	181,0	172,5	171,8	168,3	12,7	13,0	11,8	11,9
K ₆₀ +N ₆₀	193,7	200,5	164,3	174,5	15,7	15,9	12,0	11,7
K ₆₀ +N ₉₀	201,7	230,0	238,3	227,0	13,7	10,7	12,5	10,0
K ₆₀ +N _{30m}	183,7	193,3	173,0	160,5	13,1	17,5	11,0	11,4
K ₆₀ +N _{60m}	187,5	214,5	201,0	178,5	15,9	17,1	13,7	13,7
K ₆₀ +N _{90m}	183,0	227,0	271,8	165,0	10,7	9,65	12,9	9,5
НСР05 ^{AB}	1,6	0,8	1,2	1,1	1,6	1,7	1,0	0,9
НСР05 ^A	3,6	1,8	3,8	3,4	8,0	8,4	2,0	2,0
НСР05 ^B	2,3	1,1	2,2	2,0	3,2	3,4	5,0	5,0

Отметим, что в агроклиматических условиях Московской области увеличение количества цветков не обеспечивает прирост урожайности зерна растений гречихи исследуемых сортов. Выводы по урожайности зерна (ц/га) и количеству цветков (шт./раст) растений гречихи показывают, что существует прямая корреляция между количеством цветков и урожайностью зерна только при умеренных дозах азота (N₃₀-N₆₀). Например, у гречихи сорта Даша в 2023 году при применении K₆₀+N_{60m} наблюдалось 214,5 цветков на растении и урожайность 17,1 ц/га, а у гречихи сорта Диккуль в 2024 году при K₆₀+N_{60m} - 201,0 цветков и 13,7 ц/га. В свою очередь, высокие дозы мочевины обеспечивают увеличение ремонтантности цветения. У гречихи сорта Диккуль в 2024 году при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13* в дозе 90 кг/га, было 271,8 цветков на растении, но урожайность составляет всего 12,9 ц/га, что на 6% меньше, что при дозе мочевины в 60 кг/га в сочетании с *V.s. Ч-13*.

Таким образом, максимальная урожайность достигается при дозе карбамида в 60 кг/га, обработанного культурой *V.s. Ч-13*, который поддерживает равновесие между нитратредуктазной активностью и ёмкостью пула углеводов - ключевого фактора формирования полноценных зерновок. Это подтверждается полученными данными: у обоих сортов на варианте опыта K₆₀+N_{60m} наблюдаются высокие показатели (15,9 - 17,1 ц/га), тогда как избыток цветков при N_{90m} не конвертируется в зерно из-за лимита АТФ и дисрегуляции ауксинцитокининового баланса, критичного для развития эндосперма. Высокая цветочная продуктивность не гарантирует урожайность, если растение не способно поддерживать энергетический гомеостаз и гормональный баланс, необходимый для преобразования цветков в полноценные зерновки. Оптимальные дозы (N_{60m}) обеспечивают компромисс между усвоением азота и ресурсами для развития семян. Избыточное цветение гречихи, вызванное применением в хозяйствах высоких доз азота, целесообразно трансформировать в ресурс для альтернативного источника дохода, компенсируя снижение урожайности зерна. Например, производство мёда, биоактивные экстракты, агротуризм. Таким образом, проблема перенасыщения азотом превращается в возможность создания мультипродуктивной модели агрохозяйства, где цветки становятся ключевым активом, а не побочным эффектом. Это снижает риски монокультурной зависимости и повышает устойчивость агробизнеса (табл. 2).

Содержание сахара (%) в цветках гречихи и их количество связаны нелинейно. До оптимального числа цветков (сортотипа) сахаристость растёт за счёт синергии и транспорта. При превышении порога начинается конкуренция за ресурсы, что приводит к падению содержания сахара в цветках. Мочевина, обработанная культурой *V.s. Ч-13*, смещает оптимум в сторону меньшего числа цветков, но более высокой сахаристости, что идеально для производства мёда. Анализ данных показывает, что мочевина, обработанная культурой *V.s. Ч-13*, оказывает различное влияние на содержание сахара (%) в цветках сортов гречихи Диккуль и Даша. Для гречихи сорта Даша максимальное содержание сахара (0,951%) достигается при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13*, в дозе 60 кг/га в 2024 г., что на 8,2% выше, чем при применении традиционной мочевины (N₆₀) в 2023 году. Зависимость можно объяснить тем, что обработка мочевины *V.s. Ч-13* снижает токсичность NH₄⁺, улучшая усвоение азота и перераспределяет ресурсы в пользу синтеза сахаров. Снижение сахаристо-

сти у гречихи сорта Даша при применении мочевины, обработанной культурой В.с. Ч-13 в дозе 60 кг/га, связано с физиологическим дисбалансом, вызванным избыточным числом цветков.

Биомодификация $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ снижает токсичность аммония, но не устраняет конкуренцию за ресурсы между цветками. Для гречихи сорта Даша критично соблюдать лимит в 160-180 цветков, что достижимо при применении мочевины в дозе 60 кг/га совместно с микробным компонентом, содержащим культуру В.с. Ч-13. Для гречихи сорта Дикуль применение мочевины, обработанной В.с. Ч-13, в агротехнологии смягчает нитратный стресс, сохраняя баланс между ростом количества цветков и содержанием сахара в них. Так, применение мочевины в дозе 90 кг/га совместно с В.с. Ч-13 в 2024 г. обеспечивает содержание сахара 0,926%, что выше, чем при использовании N_{90} (0,908%). Оптимальные дозы мочевины для гречихи сорта Даша - N_{90} (0,944%) и $\text{N}_{60\text{m}}$ (0,951% в 2024 г.), а для гречихи сорта Дикуль - N_{90} (0,933% в 2023 г.) и $\text{N}_{90\text{m}}$ (0,926% в 2024 г.). Наблюдается обратная зависимость между дозой мочевины и сахаристостью без применения микробного удобрения. Для гречихи сорта Даша на варианте опыта $\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$ сахаристость 0,761% (2024 г.), а N_{90} - 0,944%, что может быть связано со стрессовым синтезом сахаров. Сравнение с контролем показывает, что для гречихи сорта Даша при применении $\text{N}_{60\text{m}}$ достигается +6,5% к сахаристости по сравнению с контролем (0,893% в 2024г.), а для гречихи сорта Дикуль при $\text{N}_{90\text{m}}$ - +2,3% к контролю (0,905% в 2024 г.). Применение микробного удобрения, содержащего культуру В.с. Ч-13, компенсирует дефицит питания без вызова дисбаланса (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание сахара (%) и валовый сбор сахара с единицы посевной площади (кг/га)

Вариант	Содержание сахара, % цветков				Валовый сбор сахара, кг/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша
Контроль	0,930	0,902	0,905	0,893	50,90	46,0	44,1	39,0
K_{60}	0,828	0,803	0,815	0,854	44,04	42,2	32,2	37,4
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30}$	0,922	0,897	0,897	0,878	57,09	50,6	48,6	44,8
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$	0,866	0,838	0,843	0,761	57,00	55,0	43,7	40,3
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90}$	0,933	0,939	0,908	0,944	64,02	70,6	68,2	64,7
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30\text{m}}$	0,861	0,871	0,889	0,827	53,85	54,9	48,6	40,2
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60\text{m}}$	0,929	0,879	0,904	0,951	59,06	61,8	57,3	51,5
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90\text{m}}$	0,932	0,849	0,926	0,899	57,96	63,3	79,3	44,9
<i>НСР05^{АВ}</i>	0,08	0,1	0,08	0,1	-	-	-	-
<i>НСР05^А</i>	0,2	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-
<i>НСР05^В</i>	0,1	0,2	0,1	0,2	-	-	-	-

Исследования О.Ф. Тимчишина (2014) показывают, что медопродуктивность и нектаропродуктивность растений гречихи зависят от минерального питания [3].

Таблица 3 - Продукция нектара и потенциальная медопродуктивность растений гречихи (кг/га)

Вариант	Продукция нектара, кг/га				Продуктивность меда, кг/га			
	2023		2024		2023		2024	
	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша	Дикуль	Даша
Контроль	115,0	122,5	77,9	86,6	96,42	102,92	73,8	72,73
K_{60}	91,85	109,5	62,9	85,6	77,21	91,95	52,9	71,91
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30}$	82,9	78,6	59,3	71,2	69,69	66,00	49,8	59,79
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60}$	120,5	140,8	81,2	128,5	100,91	118,31	68,2	107,94
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90}$	142,3	130,5	137,6	127,8	119,76	109,66	115,0	107,37
$\text{K}_{60}+\text{N}_{30\text{m}}$	120,1	136,4	105,1	112,0	100,73	114,54	88,2	94,07
$\text{K}_{60}+\text{N}_{60\text{m}}$	121,4	155,2	125,8	95,9	127,54	130,39	105,0	80,58
$\text{K}_{60}+\text{N}_{90\text{m}}$	179,4	193,1	191,8	121,7	150,64	162,20	161,0	102,23

Для максимизации продуктивности сбора мёда растениями необходимо учитывать влияние удобрений, доз азота и других факторов, а также соблюдать рекомендации для оптимизации условий выращивания гречихи. Гречиха сорта Диккуль демонстрирует высокую продуктивность при применении мочевины, обработанной культурой *V.s. Ч-13*, в дозе 90 кг/га. Продукция нектара достигла 191,8 кг/га (2024 г.), а потенциальная медопродуктивность составила 161, кг/га. Для сравнения, при применении традиционной мочевины ($K_{60}+N_{90}$) показатели составляют 137,6 кг/га нектара и 115,0 кг/га мёда, что уступает модифицированному аналогу. Гречиха сорта Даша демонстрирует чувствительность к высоким дозам азота. При применении $K_{60}+N_{90m}$ продукция нектара снизилась до 121,7 кг/га, а медопродуктивность - до 102,23 кг/га (табл. 3).

Таким образом, гречиха сорта Диккуль с модифицированной мочевиной в дозе 90 кг/га является оптимальным решением для интеграции растениеводства и пчеловодства. Для гречихи сорта Даша требуется адаптивная система удобрений.

Выводы. Гречиха сорта Диккуль демонстрирует наибольшую эффективность при применении $K_{60}+N_{90m}$, достигая рекордного количества цветов (271,8 шт./раст) в 2024 году, однако урожайность зерна снижается при высоких дозах азота. Для гречихи сорта Даша оптимальны умеренные дозы ($K_{60}+N_{60m}$), обеспечивающие баланс между количеством цветов (214,5 шт./раст в 2023 г.) и стабильной урожайностью зерна (13,7 ц/га в 2024 г.), что указывает на её чувствительность к избытку азота в стрессовых условиях. Сорт Диккуль демонстрирует максимальный валовый сбор сахара (79,3 кг/га в 2024 г.) при применении $K_{60}+N_{90m}$, несмотря на незначительное снижение содержания сахара в цветках. Для сорта Даша оптимальны варианты $K_{60}+N_{90}$ (содержание сахара 0,944% в 2024 г.) и $K_{60}+N_{60m}$ (0,951%), однако избыток модифицированного азота (N_{90m}) снижает валовый сбор до 44,9 кг/га, что указывает на необходимость применения умеренных доз. Применение удобрений должно учитывать специфику сортов - для сорта Диккуль целесообразно использовать $K_{60}+N_{90m}$ для максимизации валового сбора сахара, тогда как сорту Даша требуются умеренные дозы азота ($K_{60}+N_{60m}$ или $K_{60}+N_{90}$) для поддержания баланса между количеством цветков, урожайностью зерна и содержанием сахара.

Список источников

1. Влияние антофильных насекомых на рост и развитие гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) / И.Е. Зыков и др. // Успехи современного естествознания. 2024. № 3. С. 8-13.
2. Белкина Р.И., Першаков А.Ю., Нестерова Е.В. Сорт как фактор повышения продуктивности гречихи // Агропродовольственная политика России. 2025. № 3 (116). С. 10-18.
3. Цыганов А.Р., Полховская И.В., Полховский Н.Д. Повышение производства зерна гречихи в Беларуси путем оптимизации минерального питания // Наше сельское хозяйство. 2020. № 9 (233). С. 42-49.
4. Бирюкова О.В. Сравнительная оценка устойчивости к осыпанию сортов гречихи различного морфотипа // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. Т. 8, № 1-2. С. 14-17.
5. Transpiration activity of leaves in buckwheat varieties of different breeding periods / A. Amelin, A. Fesenko, V. Zaikin et al. // BIO Web of Conferences, Orel, 23–24 марта 2022 г. Vol. 47. EDP Sciences: EDP Sciences, 2022. P. 01002.
6. Наумкин В.П. Влияние медоносных пчел на повышение урожайности и медопродуктивности гречихи посевной. Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2022. 56 с.
7. Adachi T. How to combine the reproductive system with biotechnology in order to overcome the breeding barrier in buckwheat // *Fagopyrum*. 1990. Т. 10, № 1. С. 7-11.
8. Cordeiro G. D., Dotterl S. Floral scents in bee-pollinated buckwheat and oilseed rape under a global warming scenario // *Insects*. 2023. Т. 14, № 3. С. 242.
9. Drought and High Temperatures Impact the Plant-Pollinator Interactions in *Fagopyrum esculentum* / C. Defalque et al. // *Plants*. 2025. Т. 14, № 1. С. 131.
10. Nagano Y., Miyashita T. Contribution of nocturnal moth pollination to buckwheat seed set // *Arthropod-Plant Interactions*. 2025. Т. 19, № 1.

Информация об авторах:

Р.Г. Иванов - аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ivanovroman_19@mail.ru.

А.Н. Налиухин - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

С.Л. Белопухов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Information about the authors:

R.G. Ivanov - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ivanovroman_19@mail.ru.

A.N. Naliukhin - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

S.L. Belopukhov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

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 06.08.2025, одобрена после рецензирования 18.09.2025, принята к публикации 23.12.2025.

The article was submitted 06.08.2025, approved after reviewing 18.09.2025; accepted for publication 23.12.2025.

© Иванов Р.Г., Налиухин А.Н., Белопухов С.Л.

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

Научная статья
УДК 633.34:631.445.4

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА АЗОТФИКСАЦИЮ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ**

Кирилл Валентинович Кузьминов, Игорь Яковлевич Пигорев

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

Аннотация. Исследования проведены в почвенно-климатических условиях Курской области, где посевные площади сои достигли 370 тыс. га. Нарращивание производства соевых бобов требует как совершенствование технологий, так и расширения посевных площадей под культурой. Нарушение традиционных севооборотов и увеличение доли маргинальных культур, отвечающих запросам рынка, нуждается в поиске оптимальных предшественников при соблюдении земледельческой науки. Целью исследований являлась оценка азотфиксирующей деятельности у сортов разного географического происхождения и их продуктивности на разных предшественниках в условиях Курской области. Исследования проведены в 2022-2024 гг. на черноземе типичном в производственных условиях хозяйства Золотухинского района Курской области. Работа проведена по двухфакторной схеме опыта. В качестве предшественников сои рассмотрены озимая пшеница, соя, люпин белый, рапс озимый. Объектом исследования служили отечественные - Лидер 1, СК Фарта, Белгородская 7, Шатиловская 17 и зарубежный (Канада) - Хана сорта сои, рекомендованные для световой зоны ЦЧР. Лучшие результаты симбиотической деятельности по числу клубеньков и их массе получены у сортов сои по бобовым предшественникам. По продуктивности сои самый лучший результат и показал предшественник люпин белый, где урожайность на 0,23 т/га выше, чем по предшественнику озимая пшеница, и на 1,38 т/га выше, чем по озимому рапсу. Сбор протеина урожаем сои в этом варианте достигал 1,02 т/га при лучших значениях у сорта Хана.

Ключевые слова: соя, сорт, предшественник, азотфиксация, урожайность, протеин.

Для цитирования: Кузьминов К.В., Пигорев И.Я. Влияние предшественников на азотфиксацию и продуктивность скороспелых сортов сои на черноземе типичном // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 10-16.

Original article

**EFFECT OF PREDECESSORS ON NITROGEN FIXATION AND PRODUCTIVITY
OF EARLY-MATURING SOYBEAN VARIETIES ON TYPICAL BLACK SOIL**

Kirill V. Kuzminov, Igor Ya. Pigorev

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

Abstract. The researches were conducted in the soil and climatic conditions of the Kursk region, where the soybean acreage has reached 370,000 hectares. Increasing the production of soybeans requires both the improvement of technologies and the expansion of the crop acreage. The disruption of traditional crop rotations and the increase in the share of marginal crops, that meet market demands, require to find optimal predecessors while adhering to agricultural science. The aim of the researches was to assess the nitrogen-fixing activity of varieties of different geographical origin and their productivity on different predecessors in the conditions of the Kursk region. The researches were conducted in 2022-2024 on typical black soil in the production conditions of the Zolotukha farm in the Kursk region. The work was carried out using a two-factorial experimental scheme. The following crops as winter wheat, soybean, white lupine, and winter rapeseed were considered as soybean predecessors. The object of the research was domestic soybean varieties as Lider 1, SK Farta, Belgorodskaya 7, Shatilovskaya 17 and a foreign variety (Canada) - Hana recommended for the light zone CBSZ. The best results of symbiotic activity in terms of the number of nodules and their mass were obtained in soybean varieties based on bean precursors. In terms of soybean productivity the best result was shown by the predecessor, white lupine, where the yields was 0.23 t/ha higher than that of the predecessor winter wheat, and 1.38 t/ha higher than that of winter rapeseed. The protein yields of the soybean crop in this variant reached 1.02 t/ha, with the best values for the Khan variety

Keywords: soybean, variety, predecessor, nitrogen fixation, yield, protein.

For citation: Kuzminov K.V., Pigorev I.Ya. Effect of predecessors on nitrogen fixation and productivity of early-maturing soybean varieties on typical black soil // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 10-16.

Введение. Белок является основным компонентом биологической формы жизни на земле и участвует во всех физиологических процессах жизнедеятельности человека и животных. Растительный белок в отличие от животного имеет особый химический состав проявляя при этом индивидуальную усвояемость и функциональность в организме человека [1,2]. Для человека доля растительного белка в рационе достигает половины от всего количества, поступающего с пищей, и имеет тенденцию к росту у людей возрастной категории. Неоценима роль растительного белка в животноводстве при формировании высокобелковых рационов кормления всех видов животных, птицы и рыбы. Наиболее богаты белком семена бобовых культур семейства Бобовые (Fabaceae), а соя (*Glycine max* L.) - одна из таких культур, содержащая в семенах до 52% белка, 27% жира и 30% углеводов. Интерес к этой культуре привел к расширению посевных площадей и совершенствованию выращивания новых районированных сортов [3,4,5]. Устойчивый спрос на соевые бобы стимулировал увеличение их производство за последние 5 лет в двое. По данным ФАО ООН за 75-летний период посевы сои выросли с 11,2 до 97,7 млн га, а производство семян - с 12,3 до 230 млн т в год. Столь высокие темпы роста производства за всю историю земледелия характерны только для сои. Адаптивность сои к условиям выращивания и создание сортов северного экотипа позволили расширить ареал ее возделывания в центральной части России, Урале, Западной Сибири, Алтае [6,7,8]. В Курской области посевы сои выросли до 370 тыс. га, где высевается более 80 сортообразцов отечественной и зарубежной селекции. Рост посевных площадей требует научного обоснования чередования культур в севооборотах и их звеньях, не нарушая законов земледелия в почвенно-климатических условиях региона [9].

Целью исследования была оценка азотфиксации и продуктивности скороспелых сортов сои отечественной и зарубежной селекции на разных предшественниках в Курской области.

Методика исследования. Исследования проводились в 2022 - 2024 гг. на черноземе типичном опытного поля Курской области. Почва представлена тяжелосуглинистым, среднегумусным составом с содержанием в слое 0-20 см подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) - 131 и 111 мг/кг почвы при $pH_{\text{сол}}$ 6,3. Повторность в опыте трехкратная с систематическим расположением вариантов. Площадь учетной делянки 150 м². Схема опыта включала два фактора: фактор А - предшественник (озимая пшеница, соя, люпин белый и озимый рапс); фактор Б - районированные в ЦЧР сорта сои раннеспелого созревания (отечественные: Лидер 1, СК Фарта, Белгородская 7, Шатиловская 17; зарубежный (Канада) - Хана). Способ посева рядовой с нормой высева 650 тыс. шт/га на глубину 5-6 см. Перед посевом семена обрабатывали препаратом Хайкоут Супер Соя (1,42 л/т) + Хайкоут Супер Экстендер (1,42 л/т). Подготовка почвы предусматривала лущение стерни на глубину 6-8 см с последующей вспашкой на глубину 20-22 см. Весной проводились боронование и предпосевная культивация на глубину 4-6 см. Удобрения вносили осенью перед вспашкой ($P_{40}K_{30}$) и весной под культивацию (N_{30}). В фазе 1-го тройчатого листа проводили химическую обработку гербицидами в баковой смеси Квикстен 0,8 л/га + Хармони 6 г/га + Тренд 90 + Винтекс 60 мл/га. В период исследований с мая по август выпало осадков: 2022 г. - 275, 2023 г. - 302 и в 2024 г. - 208 мм. Фенологические наблюдения выполняли согласно методике проведения полевых агротехнических опытов с различными культурами (Лукомец В.М., 2010). В вариантах отмечали фазы: всходы, ветвление, бутонизация, цветение, налив семян, созревание и спелость. Учет морфологических и хозяйственно ценных признаков проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Оценку симбиотической деятельности растений сои проводили по методике изучения биологической фиксации азота воздуха (Посыпанов Г.С., 1991). Определение количества массы клубеньков проводили в фазы цветения, бутонизации и налива семян. Достоверность результатов исследования подтверждалась расчетами дисперсионного и корреляционного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

Результаты и их обсуждение. Соя - одна из бобовых культур способная в ходе симбиоза с бактериями на корнях накапливать доступный для растений азот воздуха и усваивать его при вегетации. Из многообразия названных бактерии усваивающих азот активная симбиотическая деятельность протекают у сои только с группой бактерий *Bradyrhizobium japonicum*. В почвенной биоте эта раса присутствует в минимальном количестве и требует искусственного заражения семян (инокуляции) перед посевом. Жизнеспособность и численность культурных бактерий зависит от почвенных условий.

В засушливых условиях при недостатке влаги, плохой аэрации почвы нарушается численное соотношение микробной части биоты почвы. Следовательно, активная деятельность азотфиксации протекает при благоприятных условиях агроценоза и соблюдении законов земледелия. При большом потреблении соей азота, повышенное количество минеральных удобрений сдерживает размножение клубеньковых бактерий и процесс азотфиксации, которые оцениваются как числом активных клубеньков, так и продолжительностью их жизнедеятельности на корнях сои [10].

Сорта сои различаются по активности азотфиксации в условиях агроценоза и требуют выстраивания и продуктивных растительно-микробных симбиозов для увеличения доли накопления и ис-

пользования биологического азота растениями. Оценка инокулянта Хайкоут Супер Соя по азотификации у сортов разного географического происхождения в зависимости от предшественника сои представляет теоретический и практический интерес для земледелия в условиях ЦЧР.

Исследования показали нарастание симбиотической активности с увеличением корневой системы растений сои. В фазу ветвления среднее число клубеньков у растений сои колебалось от 5,4-7,5 шт/раст. по предшественнику озимый рапс, до 8,9-12,4 шт/раст. - по предшественнику соя (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика формирования симбиотического аппарата в фазы развития растений сортов сои по разным предшественникам, 2022-2024 гг.

Вариант		Ветвление		Бутонизация		Налив семян	
предшественник, фактор А	сорт, фактор Б	количество клубеньков шт/раст.	масса клубеньков, мг/раст.	количество клубеньков, шт/раст.	масса клубеньков, мг/раст.	количество клубеньков, шт/раст.	масса клубеньков, мг/раст.
Озимая пшеница	Лидер 1 (контроль)	6,4	275	12,7	612	17,8	770
	Хана	8,7	283	15,4	639	24,3	837
	СК Фарта	7,6	281	13,4	630	21,5	804
	Белгородская 7	10,3	323	15,2	704	27,4	906
	Шатиловская 17	10,9	317	16,1	726	28,3	917
Соя	Лидер 1 (контроль)	8,9	326	18,1	702	24,3	873
	Хана	10,4	343	21,8	736	30,2	913
	СК Фарта	9,4	337	19,8	709	25,8	892
	Белгородская 7	12,3	358	21,7	798	29,4	989
	Шатиловская 17	12,4	373	22,4	823	28,7	995
Люпин белый	Лидер 1 (контроль)	7,3	261	14,8	634	21,6	826
	Хана	7,9	276	14,9	657	23,2	875
	СК Фарта	8,1	289	15,3	684	21,9	814
	Белгородская 7	8,9	302	16,7	726	25,1	911
	Шатиловская 17	9,3	317	18,0	709	24,7	904
Озимый рапс	Лидер 1 (контроль)	5,4	214	12,0	504	15,4	624
	Хана	7,2	237	14,3	603	16,8	705
	СК Фарта	6,3	230	12,8	573	17,3	773
	Белгородская 7	7,8	248	13,4	597	16,9	806
	Шатиловская 17	7,5	263	13,9	601	17,5	795
НСР ₀₅	2022 г.	0,4	13	0,7	23	0,9	29
	2023 г.	0,3	10	0,7	21	0,7	27
	2024 г.	0,2	9	0,5	18	0,6	24

По всем предшественникам большее число клубеньков присутствовало у растений сортов Шатиловская 17 (7,5-12,4 шт/раст.) и Белгородская 7 (7,8-12,3 шт/раст.). Суммарная масса клубеньков в эту фазу развития сои достигла по предшественникам сорта Лидер 1 - 214-326, Хана - 237-343, СК Фарта - 230-337, Белгородская 7 - 248-358 и Шатиловская 17 - 263-375 мг/раст. Размер клубеньков изменялся в зависимости от сорта и предшественника. Наиболее крупными они были у сорта Лидер 1 (35,7-42,9 мг/шт), а более мелкие - у сортов Белгородская 7 и Шатиловская 17 (29,1-35,1 мг/шт). Достаточно выровненные клубеньки по размеру были у сортов по предшественнику люпин белый, а неоднородными - по предшественнику озимая пшеница. К периоду бутонизации сои численность клубеньков возросла в вариантах до 12,0-22,4 шт/раст., или на 71,8-122,2%. Увеличение числа клубеньков в репродуктивном периоде сопровождалось увеличением их размера и общей массы. Крупнее клубеньки на корнях сои были в повторных посевах сои, а более мелкие - по предшественнику озимый рапс. У сортов северного экотипа масса клубеньков была на 11,0-19,2% больше, чем на контроле, и на 3,7-16,1%, чем у сортов Хана и СК Фарта. В период налива семян число клубеньков достигло максимальных значений за весь период вегетации сои. Максимальное их количество в этот период было по-прежнему в вариантах по предшественнику соя, а минимальное - по предшественнику озимый рапс. Наибольшее число клубеньков было у сорта Шатиловская 17 по озимым предшественникам пшенице и рапсу, а у сорта Белгородская 7 - по бобовым предшественникам сое и люпину белому. Анализ симбиотического аппарата сои в период налива семян показал, что увеличение массы клу-

беньков на растении происходило за счет увеличения численности, а размер их у сортов в зависимости от предшественника либо оставался прежним, либо на 6,7-13,8% снижался.

На основе рассмотренного штамма Хайкоут Супер Соя бактерий *Bradyrhizobium japonicum* в качестве инокулянта сои можно утверждать, что лучшим предшественником для формирования микробно-растительного симбиоза являются соя и люпин белый, которые в предшествующих посевах наращивали численность расы *Rhizobium* в почвенной биоте. Минимальный показатель симбиотической активности у сортов сои установлен у предшественника озимой рапс. Недостаток почвенной влаги в критические периоды развития сои и формирования симбиотического аппарата во все периоды наблюдений показал снижение в этих вариантах числа клубеньков и их массы на 44,4-79,8 и 15,4-52,3% к вариантам по предшественнику соя.

Таблица 2 - Структура биологического урожая сортов сои по разным предшественникам, 2022-2024 гг.

предшественник, фактор А	Вариант сорт, фактор Б	Количество растений в период созревания, тыс. шт/га	Количество на 1 растении, шт.	Число семян, шт.		Масса 1000 семян, г	Масса семян на 1 растении, г	Биологическая урожайность		
				в бобе	на растении			по варианту	по предшественнику	по сорту
Озимая пшеница	Лидер 1 (контроль)	439,8	15,8	2,4	37,9	142,3	5,4	2,38	2,54	2,33
	Хана	470,6	16,8	2,1	35,2	164,7	5,8	2,75		2,76
	СК Фарга	425,8	18,4	2,2	40,4	146,2	5,4	2,52		2,48
	Белгородская 7	455,0	17,7	2,1	37,1	153,7	5,7	2,59		2,59
	Шатиловская 17	457,1	17,7	1,6	28,4	190,3	5,4	2,47		2,50
Соя	Лидер 1 (контроль)	439,3	20,2	1,8	36,4	140,3	5,1	2,24	2,43	
	Хана	470,0	21,6	1,6	34,6	158,9	5,5	2,60		
	СК Фарга	434,8	22,0	1,7	37,4	144,2	5,4	2,36		
	Белгородская 7	453,6	20,3	1,8	36,5	150,5	5,5	2,50		
	Шатиловская 17	451,8	20,3	1,4	29,5	182,9	5,4	2,43		
Люпин белый	Лидер 1 (контроль)	410,8	20,5	2,1	43,0	146,4	6,3	2,57	2,77	
	Хана	439,1	23,7	1,8	42,7	166,4	7,1	3,10		
	СК Фарга	411,8	22,2	2,0	44,4	148,6	6,6	2,70		
	Белгородская 7	442,9	21,3	1,9	40,5	155,7	6,3	2,81		
	Шатиловская 17	438,1	20,8	1,5	31,2	195,7	6,1	2,69		
Озимый рапс	Лидер 1 (контроль)	363,2	24,0	1,7	40,9	144,3	5,9	2,16	2,39	
	Хана	409,2	24,5	1,6	39,3	160,5	6,3	2,60		
	СК Фарга	377,1	26,2	1,6	42,0	147,6	6,2	2,33		
	Белгородская 7	408,8	22,7	1,7	38,6	155,4	6,0	2,47		
	Шатиловская 17	394,3	22,6	1,4	31,7	192,1	6,1	2,39		

Структура урожая раскрывает составляющие урожайности сои и показывает степень их влияния на биологическую и хозяйственную продуктивность изучаемых сортов [11,12]. Больше растений сои в агроценозе к созреванию сохранялось по предшественникам озимая пшеница и соя (425,8-470,6 тыс. шт/га), а в вариантах, высеваемых по люпину белому и озимому рапсу, сокращалась на 13,7-42,1 и 46,2-6,6 тыс. шт/га (табл. 2). Максимальная озерненность бобов установлена у сои, размещенной по озимой пшенице (1,6-2,4 шт.), а минимальное количество семян в бобе - в повторных посевах сои (1,4-1,8 шт) и в посевах по озимому рапсу (1,4-1,7 шт). Число семян на растениях изменялось в вари-

антах в диапазоне 28,4-44,4 шт/раст. при максимальных значениях по предшественнику люпин белый (31,2-44,4 шт/раст.) у сортов с мелкими семенами (Лидер 1 из СК Фарта). Масса семян на растениях изменялась в зависимости от их количества и крупности.

Используемые в опыте сорта сохраняли генетические признаки исходных форм и отличались между собой по крупности семян. Предшественники, как и абиотические факторы, оказывали влияние на массу 1000 семян, которая изменялась у сортов в среднем за три года в диапазоне: Лидер 1 - 140,3-146,4, Хана - 158,9-166,4, СК Фарта - 144,2-148,6, Белгородская 7 - 150,5-155,7 и Шатиловская 17 - 182,9-195,7 (рисунок 1). Наиболее выполненными и полновесными были семена у сои по предшественнику люпин белый, что обеспечило максимальную массу семян на растении и биологическую продуктивность рассматриваемых сортов.

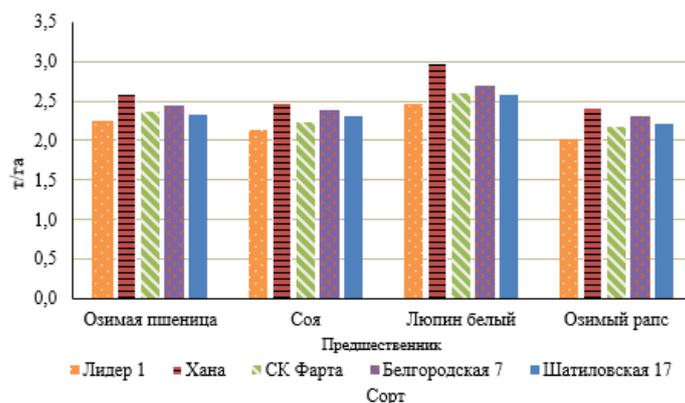


Рисунок 1 - Средняя урожайность сортов сои по разным предшественникам, 2022-2024 гг.

Учет урожайности сплошной уборкой делянок позволил оценить роль предшественников и сортов в агротехнике сои. Урожайность рассмотренных сортов по предшественнику люпин белый выше, чем по другим предшественникам, на 0,27-0,44 т/га, или на 11,3-19,8 %.

Максимальную продуктивность в опыте показал сорт Хана. Ее величина в среднем за три года превышала контрольный показатель (сорт Лидер 1) по разным предшественникам на 15,6-20,6%. Разница урожайности по годам у этого сорта не превышала 0,13-0,26 т/га, в то время как у других сортов разброс значений был выше и достигал следующих показателей: у сорта Лидер 1 - 0,30-0,58; СК Фарта - 0,30-0,51; Белгородская 7 - 0,17-0,74; Шатиловская 17 - 0,20-0,56 т/га. Данные показатели свидетельствуют о высокой адаптивности и пластичности сорта к погодным условиям и факторам агротехники.

Востребованность соевых бобов обусловлена повышенным содержанием в них сырого протеина и жира. Селекция современных сортов ориентирована на максимальное содержание этих жизненно важных энергетических компонентов в семенах. Химический состав сои сегодня наряду с урожайностью определяет ценность сорта, спрос на него и ценовой паритет культуры в севообороте. Оригинаторы по итогам сортоиспытания выделяют высокобелковые образцы с конкурентным аминокислотным составом, однако на количество протеина и жира в семенах и их соотношение оказывают влияние погодные условия и технологии выращивания районированных сортов. Под воздействием гидротермических условий 2022-2024 гг. содержание сырого протеина изменялась на 1,1-3,9% и максимальных значений достигало у сортов Хана и Шатиловская 17 по предшественникам соя (41,3-41,5%) и озимая пшеница (40,1-40,4%). В среднем за три года предшественники изменяли содержание протеина у рассматриваемых сортов на 0,2-4,1%.

Содержание жира в семенах изменялось в обратной зависимости от величины белка и достигало максимальных значений у сортов Лидер 1 и СК Фарта по предшественникам озимая пшеница (21,4-22,5%) и озимый рапс (23,0-23,8%). Основное влияние факториальной составляющей приходится на критические периоды формирования репродуктивных органов. Максимальных сбор белково-жировых компонентов зависит как от урожая, так и от его качества. Учет сбора белка и жира сортами сои приведен в таблице 3, где максимальные значения белка получены в условиях 2023 г. по предшественнику люпин белый (0,95-1,33 т/га), а минимальный - в 2024 г. по предшественнику озимой рапс (0,63-0,88 т/га). В среднем за три года сбор белка урожаем сои по предшественнику люпин белый был выше на 0,19-0,25 т/га, чем по предшественнику озимой рапс; на 0,09-0,35 т/га, чем по предшественнику озимая пшеница; на 0,08-0,15 т/га, чем по предшественнику соя.

Таблица 3 - Влияние предшественников на сбор протеина и жира сортами сои

Вариант		Содержание по годам в семенах оси											
предшественник, фактор А	сорт, фактор Б	протеина						жира					
		2022	2023	2024	Среднее			2022	2023	2024	Среднее		
					по варианту	по предшественнику	по сорту				по варианту	по предшественнику	по сорту
Озимая пшеница	Лидер 1 (контроль)	0,83	0,86	0,78	0,83	0,92	0,82	0,53	0,50	0,41	0,48	0,50	0,48
	Хана	1,04	1,07	1,02	1,05		1,05	0,56	0,52	0,44	0,51		0,52
	СК Фарга	0,80	0,96	0,86	0,87		0,86	0,54	0,58	0,48	0,53		0,52
	Белгородская 7	0,92	0,95	0,93	0,93		0,93	0,53	0,53	0,47	0,51		0,50
	Шатиловская 17	0,89	1,04	0,85	0,93		0,94	0,47	0,51	0,37	0,45		0,45
Соя	Лидер 1 (контроль)	0,77	0,95	0,77	0,83	0,92		0,45	0,53	0,40	0,46	0,46	
	Хана	1,04	1,06	0,96	1,03		0,52	0,52	0,43	0,49			
	СК Фарга	0,89	0,94	0,78	0,87		0,52	0,50	0,41	0,48			
	Белгородская 7	0,91	1,05	0,85	0,94		0,47	0,53	0,41	0,47			
	Шатиловская 17	0,92	1,05	0,90	0,95		0,44	0,47	0,38	0,43			
Люпин белый	Лидер 1 (контроль)	0,98	0,95	0,79	0,91	1,02		0,58	0,54	0,44	0,52	0,53	
	Хана	1,18	1,33	1,03	1,18		0,59	0,64	0,46	0,56			
	СК Фарга	0,97	1,05	0,84	0,96		0,59	0,59	0,46	0,55			
	Белгородская 7	1,06	1,13	0,86	1,02		0,57	0,58	0,43	0,53			
	Шатиловская 17	1,04	1,15	0,93	1,04		0,50	0,52	0,42	0,48			
Озимый рапс	Лидер 1 (контроль)	0,73	0,75	0,63	0,71	0,81		0,51	0,50	0,39	0,46	0,49	
	Хана	1,00	0,92	0,88	0,93		0,58	0,52	0,46	0,52			
	СК Фарга	0,75	0,79	0,72	0,75		0,53	0,55	0,47	0,52			
	Белгородская 7	0,86	0,85	0,79	0,83		0,54	0,52	0,44	0,50			
	Шатиловская 17	0,90	0,85	0,81	0,85		0,49	0,44	0,43	0,45			

В среднем по предшественникам больше белка получено к контролю урожаем у сортов Хана (+ 0,23 т/га), Шатиловская 17 (+ 0,12 т/га) и Белгородская 7 (+ 0,11 т/га). Выход жира был выше у сортов по предшественнику люпин белый. Лидерами по сбору масла стали сорта Хана и СК Фарга.

Выводы. Трехлетние исследования агроэкологической оценки состояния и продуктивности агроценозов сои по нетрадиционным предшественникам дают ответ хозяйствующим субъектам на дальнейшее расширение посевных площадей под соей в Курской области. Лучшими предшественниками для создания микробно-растительного симбиоза были соя и люпин белый, которые в предыдущих посевах формировали присутствие расы *Rhizobium* в почвенной биоте. Максимальная продуктивность рассмотренных сортов сои установлена по предшественнику люпин белый, которая достигла 2,57-3,10 т/га, что на 9,1-15,9 % выше, чем по другим предшественникам. Среди сортов лучшие результаты урожайности и сбора белка показал сорт Хана. Результаты исследования эффективности использования рассмотренных предшественников для культивирования раннеспелых сортов сои в почвенно-климатических условиях Курской области позволяют расположить их по значимости в убывающей последовательности: люпин белый → соя → озимая пшеница → озимый рапс.

Список источников

1. Векленко В.И., Пигорева О.В., Кузьминов К.В. Современное состояние и прогноз развития производства сои в Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 160-165.

2. Шпилев Н.С., Сычев С.М., Дьяченко В.В. Результаты селекции сои в Брянском государственном аграрном университете // Актуальные направления роста эффективности возделывания зернобобовых культур: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Орел, 2022. С. 129-133.
3. Дериглазова Г.М. Мониторинг возделывания сои в климатических условиях Курской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 304-316.
4. Засорина Э.В., Комарицкая Е.И. Влияние инокуляции семян на продуктивность сортов сои // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3. С. 6-9.
5. Зотиков В.И., Вилонов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур России // Вавиловский журнал генетики и селекции 2021. Т. 25, № 4. С. 381-387.
6. Агроэкологическая оценка новых сортов сои отечественной селекции в Центрально-Черноземной зоне РФ / С.В. Резвякова, Ю.А. Бобкова, А.А. Зоров и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 4. (52). С. 67-75.
7. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Отраслевые регламенты возделывания зернобобовых культур. СПб., 2025. 124 с.
8. Бельченко С.А., Дронов А.В., Бельченко Д.С. Оценка урожайности зерна сои и элементов структуры раннеспелых сортов в агроэкологических условиях Брянской области // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Д.Н. Мельничука. Мн.: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 19-22.
9. Мельник А.Ф., Кондрашин Б.С., Кирсанова Е.В. Урожайность сои в зависимости от способа посева и сроков обработки гербицидами // Вестник аграрной науки. 2022. № 5 (98). С. 114-118.
10. Кананыхин А.О., Пигорев И.Я. Сортовые особенности азотфиксации сои в условиях Черноземья лесостепи России // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: материалы XXVIII междунар. науч.-произв. конф., Майский, 10-11 июня 2024 года. В 4 т. Майский: Белгородский ГАУ, 2024. С. 51-52.
11. Пигорев И.Я., Кананыхин А.О., Кузьминов К.В. Особенности роста и продуктивности районированных сортов сои при разных сроках посева на черноземе типичном лесостепи России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 9. С. 7-15.
12. Кузьминов К.В., Комарицкая Е.И. Влияние инокулянтов на продуктивность сои в условиях Курской области // Инновационные направления возделывания сельскохозяйственных культур: материалы межрегион. науч.-практ. видео-конф. среди специалистов, молодых ученых, аспирантов и студентов в рамках мероприятий, посвященных Году науки и технологий, Орел, 29 января 2021 года. Орел: Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, 2021. С. 123-127.

Информация об авторах

К.В. Кузьминов - аспирант, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, K.Kuzminov2016@yandex.ru.

И.Я. Пигорев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, igoigo4@mail.ru.

Information about the authors:

K.V. Kuzminov - postgraduate student, Kursk State Agrarian University, K.Kuzminov2016@yandex.ru.

I.Ya. Pigorev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding, and Seed Production, Kursk State Agrarian University, igoigo4@mail.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 15.11.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 30.10.2025, approved after reviewing 15.11.2025, accepted for publication 12.01.2026.

© Кузьминов К.В., Пигорев И.Я.

Научная статья

УДК 633.853.494:631.524.84

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА ОЗИМОГО НА ПРОДУКТИВНОСТЬ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

**Александр Вячеславович Прохоренко, Сергей Александрович Бельченко,
Владимир Михайлович Никифоров**

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье проанализированы результаты полученных научных экспериментов по внедрению элементов технологии возделывания рапса озимого в региональных условиях. Определен биоэкономический эффект применения химпрепаратов производства «...Группы компаний «Шанс» в условиях полевых исследований опытного поля Кокинского сельского поселения Выгоничского административного образования при совместном землепользовании с ООО «Красный Рог» Почепского района Брянской области. Применяемые химпрепараты (по схеме химзащиты) «...Группы компаний «Шанс» при проведении научных исследований на агроценозах рапса озимого привели к 100%^{МУ} биологическому эффекту использования гербицидов при борьбе с сорняками. Использование фунгицидов и инсектицидов полностью исключили массовое распространение вредителей и болезней и исключили нанесение материального и биоэкологического ущерба посевам рапса. Благодаря проведению химзащиты от сорняков, вредителей и болезней, получен урожай масло-семян озимого рапса на уровне 3,62 т/га. При схеме: (пестициды + регулятор роста) получили урожайность маслосемян на 0,57 т/га больше, чем на контрольном варианте с использованием пестицидов без росторегуляторов. Условный чистый доход составил 65,8 тыс. руб/га, а рентабельность 130,0 %. Таким образом, проведение химической защиты посевов рапса озимого против сорной растительности, вредных насекомых и комплекса болезней при удорожании показателя сложившихся прямых и косвенных издержек на 5,2 тыс. руб/га, позволили получить прибыль в сумме 74,7 тыс. рублей с каждого гектара посева изучаемой культуры при уровне рентабельности производства 1 тонны масло-семян - 34,0% или (+4,0%) по сравнению с контролем.

Ключевые слова: озимый рапс, элементы технологии, защита, урожайность, биологическая и экономическая эффективность.

Для цитирования: Прохоренко А.В., Бельченко С.А., Никифоров В.М. Влияние элементов технологии возделывания рапса озимого на продуктивность в региональных условиях // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 17-22.

Original article

INFLUENCE OF WINTER RAPESEED CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS ON PRODUCTIVITY IN REGIONAL CONDITIONS

Alexander V. Prokhorenko, Sergey A. Bel'chenko, Vladimir M. Nikiforov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The article analyzes the results of scientific experiments on the implementation of winter rapeseed cultivation technology elements under regional conditions. The bioeconomic effect of using chemical preparations produced by "Shans" Group of Companies" was determined under field research conditions at the experimental field of Kokino rural settlement, the Vygonichi administrative district under joint land use with LLC "Krasny Rog" of the Pochep district, the Bryansk region. The applied chemical preparations (according to the chemical protection scheme) from "Shans" Group of Companies" during scientific researches on winter rapeseed agroecosystems led to a 100% biological effect of herbicide use in weed control. The use of fungicides and insecticides completely eliminated the mass spread of pests and diseases and prevented material and bioecological damage to rapeseed sowings. Thanks to chemical protection against weeds, pests, and diseases, a yield of winter rapeseed oilseeds was obtained at the level of 3.62 t/ha. Under the scheme: (pesticides + growth regulator), the oilseed yield was 0.57 t/ha higher than in the control variant using pesticides without growth regulators. The conditional net income amounted to 65.8 thousand rubles/ha, and the profitability was 130.0%. Thus, chemical protection of winter rapeseed crops against weeds, harmful insects, and a complex of diseases, despite an increase in direct and indirect costs by 5.2 thousand rubles/ha, allowed to get a profit of 74.7 thousand rubles from each hectare of the studied crop, with a production profitability of 1 ton of oilseeds at 34.0% or (+4.0%) compared to the control.

Keywords: winter rapeseed, technology elements, protection, yields, biological and economic efficiency.

For citation: Prokhorenko A.V., Bel'chenko S.A., Nikiforov V.M. Influence of winter rapeseed cultivation technology elements on productivity in regional conditions // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. № 1 (113). P. 17-22.

Введение. Брянская область - регион с интенсивно развивающимся АПК. За последние десять лет производство продукции сельского хозяйства в регионе увеличилось с 53,9 млрд. рублей до 157,6 млрд. рублей. За 8 месяцев текущего года объем производства продукции составил 109,7 млрд. рубле. Сумма инвестиций в сельское хозяйство в Брянской области с 2014 года составила 223,4 млрд. рублей. Область находится в зоне рискованного земледелия.

Занимая 60 место в России по содержанию органического вещества в пахотном горизонте, имея бедные песчаные почвы, благодаря тесному симбиозу науки и производства аграрии получают высокие результаты. По итогам 2024 года Брянская область на 1 месте в Российской Федерации по урожайности зерновых культур, рапса, по валовому производству картофеля во всех категориях хозяйств. Внесение удобрений в области ежегодно возрастает: в 2023 году на гектар посевной площади в среднем по области внесено 162,4 кг действующего вещества минеральных удобрений, что больше на 11 кг, чем в предыдущем году, в 2024 году - 174 кг д.в. (*справочно: в среднем по России в 2023 году внесено 76 кг д.в. на гектар, в 2024 году - 77 кг д.в. на гектар*). По прогнозу в 2025 году внесение удобрений достигнет 178 кг д.в. [1,2,3,].

Сельхозтоваропроизводители наращивают производство высокомаржинальных культур. В 2024 году производство масличных культур составило 450,6 тыс. тонн, в том числе рапса собрано 310,6 тыс. тонн, что на 10 процентов больше прошлогоднего показателя, сои - 109,6 тыс. тонн (в 1,5 раза больше). За 10 лет производство масличных культур увеличено почти в 11 раз, в том числе рапса - в 7,3 раза, сои - в 11 раз. На отдельных полях урожайность озимого рапса достигает 70 ц с гектара. По прогнозу в 2025 году производство масличных культур составит 451 тыс. тонн. [4,5,6].

По своим морфологическим признакам рапс озимый в начале роста образует так называемую розетку. Затем, за счет развитой корневой системы идет интенсивное накопление питательных веществ, которые способствуют хорошей перезимовки в осенне-зимний период вегетации. Озимый рапс (*Brassicanapus l.*) среди масличных культур семейства капустные занимает первое место по количеству масла в семенах: они содержат от 45 до 51 %. [7,8].

Материалы и методы. Исследования проведены в учхозе Брянского ГАУ при совместном землевладении с ООО «Красный Рог» Почепского района Брянской области (2023-2025 гг.) на серых лесных окультуренных почвах.

Объект исследований - Гибрид первого поколения Батис - гибрид озимого рапса (*Brassica napus var. napus*), рекомендованный для возделывания в Брянской области. Разновидность: *napus*, гибрид первого поколения. Гибрид 00 типа (безэруковый, низкоглюкозинолатный).

Технология возделывания озимого рапса региональная с использованием агротехнических элементов ресурсосберегающей технологии, включая комплексную защиту растений изучаемой культуры - рапса озимого. Сев озимого рапса производили универсальной пневматической сеялкой (СПУ-4,2) по классической технологии из расчета - 5,5 кг семян на 1га. Срок сева - конец I^й - начало II^й декады августа. Площадь опытной делянки - 200м², площадь учетной делянки - 50 м². Размещение делянок - систематическое, повторность - 3^{кратная}.

Закладка опытов и наблюдение проводились согласно общепринятым методикам. При статистической обработке пользовались методикой Д.А. Доспехова [9] и программой SNEDECOR. Для определения урожайности пользовались методикой Госсортоиспытания с.х.-ных 1989 года [10]. При уборке использовали прямое комбайнирование. Экономическую эффективность рассчитывали согласно рекомендациям (Ченкин и др., 1978) [11].

Схема опыта включала 2 варианта:

1. Контроль (защита от сорняков и вредителей и болезней);
2. Химзащита рапса + микроудобрение Полишанс.

Цель исследования - оценка влияния при применении агрохимикатов на агроценозах озимого рапса, как одного из элементов региональной агротехнологии.

Результаты и их обсуждение. Комплексная защита растений изучаемой культуры представлена препаратами Группы компаний «Шанс»: гербициды - Гало-шанс, КЭ (Клетошанс, КЭ 0,7-1,0 л/га. + ПАВ Сильвошанс, ВЭ 0,1 л/га.); фунгициды: Тирам, ВСК (5 -6 л/т + Шансил, КЭ (1,0- 1, 5 л/га) + Пропишанс, КЭ (0,5 л/га); инсектициды: Шансиллин, ВДГ 0,04-0,06 кг/га, Имидашанс Плюс, СК 0,1-0,2 л/га, смесь Каратошанс, КЭ 0,3 л/га с Дишанс, КЭ 1,0-1,2 л/га.

В таблице 1 представлены данные по применению гербицидов.

Таблица 1. Биологическая эффективность применения гербицидов (2023-2025 гг.)

Наименование сорняков	Гало-шанс, КЭ (Клетошанс, КЭ 0,7-1,0 л/га. + ПАВ Сильвошанс, ВЭ 0,1 л/га.)				Биологическая эффективность %
	количество сорняков шт./м ²				
	до обработки	после обработки			
		на 10 сутки	на 20 сутки	перед уборкой	
Дикая редька, (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	2,0	2	0	0	100,0
Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	1	1у	0	0	100,0
Пикульник (виды) (<i>Galeopsis tetrahit</i>)	2	2у	2у	1у	98,0
вьюнок полевой,	2	2у	1у	0	100,0
Ярутка полевая (<i>Thlaspi arvense</i>)	5	5у	1у	0	100,0
Щетинник (<i>Setaria Beauv</i>)	1,3	0	0	0	100,0
щирца - амарант запрокинутый (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	12	12у	0	0	100
ИТОГО	27	27у	4у	1у	98

В результате исследований выявлено: высокоэффективное послевсходовое применение гербицидов - Гало - шанс КЭ(1,0-1,2 л/га) и Клетошанс, КЭ (0,7-1,0 л/га). Последний обязательно используют в смеси с ПАВ Сильвошанс, ВЭ 0,1 л/га.

При уничтожении многолетних двудольных сорняков, а также борьбы с однолетними двудольными применяли эффективный препарат - Шанстрел 300, ВР из расчета 0,3-0,4 л/ га. При возникновении необходимости возможны повторные обработки. Из таблицы 2 видно, что биологическая эффективность применяемых гербицидов в среднем за 2023-2025гг. составила 98 %.

В годы исследований болезни: альтернариоз (*Alternaria solani*; фомоз (*Leptosphaeria maculans* (*Desm.*); мучнистая роса (*Erysiphe communis* Grev.) и склеротиниз (*SCLESC. Sclerotinia sclerotiorum* (*Libert*) de Vary) имели незначительное распространение. Своевременно проведенные фунгицидные обработки сработали на 100%, при этом не позволили распространению этих наиболее вредоносных заболеваний озимого рапса.

Из химических мер борьбы с болезнями эффективно протравливание семян препаратом Тирам, ВСК 5,0-6,0 л/т с добавлением 4-5 л воды. Против листовых инфекций в начале появления заболевания проводится опрыскивание растений фунгицидами Шансил, КЭ 1,0-1,5 л/га, Пропишанс, КЭ 0,5 л/га, Фея, КЭ 0,6-0,8 л/га. Биологическая эффективность применения фунгицидов в среднем за 2023-2025 гг. составила- 100% (табл.2).

Таблица 2. Биологическая эффективность применения фунгицидов (среднее за 2023-2025 гг.)

Болезни	Препараты: Шансил, КЭ 1,0-1,5 л/га и др.				
	распространение болезни, %			биологическая эффективность, %	
	до обработки	после обработки		на 10 сутки	на 20 сутки
на 10 сутки		на 20 сутки			
Альтернариоз (<i>Alternaria solani</i>)	5	5	5	100	100
Фомоз (<i>Leptosphaeria maculans</i> (<i>Desm.</i>)	1	1	1	100	100
Мучнистая роса (<i>Erysiphe communis</i> Grev.)	3	3	3	100	100
Склеротиниз-белая гниль (<i>Sclesc. Sclerotinia sclerotiorum</i> (<i>Libert</i>) de Vary)	3	3	3	100	100

Погода 2025 года по сравнению предыдущим (2024 г.) оказались более благоприятной для развития вредителей рапса и в частности - капустной моли. Применение инсектопрепарата Имидашанс Плюс, СК 0,1-0,2 л/га сыграло решающую роль по уничтожению вредителей рапса, в том числе и капустной моли. Биологический эффект применения инсектицидов в опыте сложился на уровне 100%, по капустной моли ниже на 25% и составил - 75% (табл. 3).

Использование инсектицидов - Шансилин, ВДГ 0,04-0,06 кг/га, Имидашанс Плюс, СК 0,1-0,2 л/га дали свой положительный результат

Таблица 3. Биологическая эффективность применения инсектицидов (среднее за 2023-2025 гг.)

Наименование вредителей	Препарат: Шансилин, ВДГ 0,04-0,06 кг/га		
	количество вредителей экз./раст.		биологическая эффективность, %
	до применения инсектицидов	после применения инсектицидов (3-5 сутки)	
Рапсовый семенной скрытнохоботник (<i>Ceutorhynchus assimilis</i>)	1	0	100
Результаты учета вредителей до 2ой обработки			
Наименование вредителей	Препараты: Каратошанс, КЭ 0,3 л/га + Дишанс, КЭ 1,0-1,2 л/га.		
	Количество вредителей экз./раст.		Биологическая эффективность, %
	До применения инсектицидов	После применения инсектицидов 3-5 сутки)	
Крестоцветные блошки (<i>Psylliodes chrysocephalus</i> (L.))	3	0	100
Скрытнохоботник рапсовый стеблевой (<i>Ceutorhynchus assimilis</i>)	2	0	100
Рапсовый цветоед (<i>Meligethes aeneus</i>)	6	0	100
Крестоцветные блошки (<i>Psylliodes chrysocephalus</i>)	3	0	100
Результаты учета вредителей до 3й обработки			
Наименование вредителей	Препараты: Имидашанс Плюс, СК 0,1-0,2 л/га		
	Количество вредителей экз./раст.		Биологическая эффективность, %
	До применения инсектицидов	После применения инсектицидов (3-5 сутки)	
Рапсовый пилильщик (<i>Athalia colibri</i>)	4	0	100
Рапсовый цветоед (<i>Meligethes aeneus</i>)	3	0	100
Капустная моль (<i>Plutella xylostella</i>)	9	1	75

Обработки проводили при наличии 3-4 жуков на 1 пог. метре по всходам обрабатывали - **Имидашанс Плюс, СК 0,08-0,1 л/га**

На контроле, где применяли гербицидные и фито-инсектицидные обработки, получена урожайность 3,62 т/га. Применение полной системы защиты + микроудобрение обеспечило урожайность маслосемян рапса на уровне 4, 19 т/га с достоверной прибавкой в 0,57 т/га (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность озимого рапса гибрида Батис (2023-2025 гг.)

Вариант	Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожайности к контролю, т/га
1. Контроль (химзащита без микроудобрение)	3,62	-
2. Химзащита + микроудобрение	4,19	0,57
НСР ₀₅		0,137

В период исследований отмечено положительное действие системы химзащиты агроценозов рапса при использовании препаратов Группы компаний «Шанс», применение которых (агрохимикатов) при защите растений изучаемой культуры является одним из факторов увеличения биологической эффективности и высокой ее маржинальности.

Экономический эффект возделывания рапса озимого показан в табл. 5.

Таблица 5. Расчет экономической эффективности производства маслосемян рапса озимого гибрида Батис (2023-2025гг)

Показатель	Контроль	Химзащита+ микроудобрение
Урожайность, т/га	3,62	4,19
Цена реализации зерна, руб./т	32000	32000
Стоимость урожая, руб/га	115840	130080
Производственные затраты, руб/га	50164,55	55378,85
Условный чистый доход, руб/га	65675,45	74701,15
Рентабельность, %	130	134

Выводы. Применяемая система защиты рапса озимого в наших исследованиях оказало 100%-й эффект воздействия на произрастающие сорняки на делянках опыта, то есть привела к полному их уничтожению, не предоставив возможности ни сорнякам, ни болезням и вредителям нанести ущерб агроценозам рапса, а наоборот способствовала увеличению продуктивности маслосемян:

- по данным результатов опыта следует констатировать, что система защиты озимого рапса на серых лесных почвах оказала положительное действие гербицидов представленных препаратами Группы компаний «Шанс»: гербициды - Гало-шанс, КЭ (Клетошанс, КЭ 0,7-1,0 л/га. + ПАВ Сильвошанс, ВЭ 0,1 л/га.) - биоэффект составил- 98%;

- фунгициды: Тирам, ВСК (5 -6 л/т + Шансил, КЭ (1,0- 1, 5 л/га) + Пропишанс, КЭ (0,5 л/га), Фея 06-08 л/га оказали сдерживающее воздействие на распространение и развитие болезней практически до начала уборки и обеспечили биологическую эффективность на 98-100%;

- обработки инсектицидами: Шансилин, ВДГ 0,04-0,06 кг/га, Имидашанс Плюс, СК 0,1-0,2 л/га, смесь Каратошанс, КЭ 0,3 л/га с Дишанс, КЭ 1,0-1,2 л/га обеспечили эффективность по всем вредителям на 100%, кроме капустной моли, при обработке которой показатель составил 75%.

- рентабельность производства 1 тонны масло-семян при применении агрохимикатов сложилась - 134% или (+4,0%) по сравнению с контролем.

Список источников

1. Динамика развития агропромышленного комплекса (на примере Брянской области 2022, 2023 годы) / С.М. Сычев, С.А. Бельченко, Г.П. Малякко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1. С. 3-9.
2. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы / Т.В. Воловик, Т.С. Шпаков, А.Д. Кабашов и др. // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 3-8.
3. Березнов А.В., Астарханова Т.С. Приемы повышения продуктивности озимого рапса при применении пестицидов // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 36-38.
4. Воловик В.Т. Сорты озимого рапса для Центрального федерального округа // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. М.: Угрешская типография, 2020. Т. 24 (72). С. 113-120.
5. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Агрочвоведение с научными основами адаптивного земледелия: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 236 с.
6. Технологический прием возделывания озимого рапса для формирования продуктивности / А.В. Березнов, Т.С. Астарханова, И.Р. Астарханов, Т.Н. Ашурбекова // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 18-23.

7. Возделывание рапса по интегрированной научно-производственной системе «Clearfield» / В.Е. Ториков, И.И. Фокин, В.В. Ториков, Д.И. Седов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XX междунар. науч. конф., Брянск, 14 марта 2023 года. Брянск: Брянский ГАУ, 2023. С. 234-249.

8. Сазонкин К.Д., Виноградов Д.В. Озимый рапс ценный источник растительного масла // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XVII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию агрономического факультета и 180-летию подготовки специалистов аграрного профиля, Горки, 28-29 января 2021 года. Горки: Белорусская ГСХА, 2021. С. 331-334.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 37. Методические материалы. М., 1989.

11. Ченкин А.Ф., Глебов М.А., Лапшин Л.В. Экономика и организация защиты растений. М.: Колос, 1978. 287 с.

Информация об авторах:

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

С.А. Бельченко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sabel032@rambler.ru.

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

Information about the authors:

A.V. Prokhorenko – Post-graduate Student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

S.A. Bel'chenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, sabel032@rambler.ru.

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

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

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

Статья поступила в редакцию 13.11.2025, одобрена после рецензирования 07.12.2025, принята к публикации 13.01.2026.

The article was submitted 13.11.2025, approved after reviewing 07.12.2025, accepted for publication 13.01.2026.

© Прохоренко А.В., Бельченко С.А., Никифоров В.М.

Научная статья
УДК 631.417.2:631.482.1

ОСОБЕННОСТИ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ р. ДЕСНА

Геннадий Владимирович Чекин

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Цель исследований – изучение особенностей фракционно-группового состава гумуса правобережья р. Десна. Исследования проводили на правобережной части поймы р. Десна, в пределах верхнего и среднего течения. Отбор почвенных образцов проводили в 2019-2020 годах на ключевых участках с использованием методов почвенных ключей и GPS-координат для точной привязки. В лабораторных условиях определены содержание органического вещества, фракционный состав гумуса по методу Пономаревой-Плотниковой, а также гранулометрический состав почв по Качинскому. Отмечены четыре основных типа почв: аллювиальные слоистые, серогумусовые, глеевые и торфяно-глеевые. Внутри групп наблюдается значительная вариабельность содержания органического вещества, обусловленная условиями переувлажнения, процессами оглеения и особенностями накопления гумуса, особенно в глеевых почвах. Достоверных различий по содержанию органического вещества в почвах разных типов не установлено. Так же не установлено достоверного увеличения содержания органического вещества от утяжеления гранулометрического состава почв. Исследование фракционного состава выявило существенные различия в содержании гуминовых и фульвокислот, а также их соотношении, что свидетельствует о разной степени гумификации и качестве гумуса. В большинстве образцов преобладает фульватный тип гумуса, а степень гумификации в почвах в основном низкая, что указывает на слабое биохимическое преобразование органического вещества. Корреляционный анализ показал сложность и многофакторность процессов трансформации гумуса, а также отсутствие однозначных закономерностей в распределении фракций, что требует дальнейших исследований. Результаты подчеркивают важность учета гранулометрического состава и условий формирования почв для оценки их плодородия, разработки методов повышения качества гумуса и повышения аграрной продуктивности аллювиальных почв.

Ключевые слова: органическое вещество, фракционно-групповой состав гумуса, аллювиальные почвы.

Для цитирования: Чекин Г.В. Особенности фракционно-группового состава гумуса аллювиальных почв правобережья р. Десна // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 23-29.

Original article

CHARACTERISTICS OF THE FRACTIONAL AND GROUP COMPOSITION OF HUMUS IN ALLUVIAL SOILS ON THE RIGHT BANK OF THE DESNA RIVER

Gennady V. Chekin

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The objective of the researches was to investigate specific characteristics of the fractional-group composition of humus on the right bank of the Desna river. The researches were conducted on the right-bank of the Desna river floodplain, within the upper and middle reaches. The soil samples were collected in 2019-2020 in key areas, using soil key methods and GPS coordinates for precise referencing. Under laboratory conditions the organic matter contents and the fractional composition of humus were determined by using the Ponomareva-Plotnikova method, as well as the soil particle size distribution was determined according to Kachinsky. Four main soil types were identified: layered alluvial, gray-humus, gley, and peat-gley. A significant variability in organic matter contents was observed within the groups due to waterlogging conditions, gleying processes, and humus accumulation characteristics, especially in gley soils. No significant differences in organic matter contents were found between the different soil types. Likewise, no clear increase in organic matter contents was found as soil texture becomes heavier. An analysis of the fractional composition highlighted considerable differences in the levels and interrelationship of humic and fulvic acids, pointing to diverse stages of humification and varying humus quality. A fulvic humus predominates in most samples, and the degree of humification in the soils is generally low, indicating weak biochemical transformation of organic matter. A correlation analysis revealed the complexity and multifactorial nature of humus transformation processes, as well as the lack of clear patterns in the distribution of fractions, which requires further research. The results emphasize the importance of considering the soil texture and conditions

of soil formation for assessing soil fertility, developing methods for improving humus quality, and enhancing the agricultural productivity of alluvial soils.

Key words: organic matter, fractional-group composition of humus, alluvial soils.

For citation: Chekin G.V. Characteristics of fractional-group composition of humus in alluvial soils of the right bank of the Desna river. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 23-29.

Введение. Скорость превращения органики в почве зависит от множества факторов, включая характер почвообразования, гидрологический режим местности и тип растительного покрова [1-3]. Органическое вещество постепенно преобразуется в уникальные соединения, характерные именно для почвенного слоя, важнейшие из которых гуминовые и фульвокислоты. Они играют ключевую роль в формировании плодородия, поскольку активно влияют на физико-химические свойства почвы [4–6].

Наращение запасов органики в поймах рек, равно как и формирование самих почв, тесно связано с особенностями биогенной аккумуляции [7-10]. Несмотря на обширные исследования содержания и распределения гумуса в аллювиальных почвах, изучение качественного состава органического материала, непосредственно определяющего продуктивность земли, остается недостаточно глубоким.

Для пойменных земель бассейна реки Десна характерны весьма разнообразные условия гумификации органики. Формирование гумуса здесь протекает в разнообразных условиях, что обусловлено значительным разбросом показателей pH и различиями в процентном содержании механических элементов [11]. Таким образом, важно учитывать локальные характеристики среды, чтобы точнее оценивать потенциал сельскохозяйственного производства и рационально управлять ресурсами этих территорий.

Цель исследования – изучение фракционно-группового состава гумуса правобережья р. Десна.

Материалы и методы исследования. Исследование проводили на левобережной части поймы р. Десна, в пределах верхнего и среднего течения, расположенной в Брянской области (рис. 1).

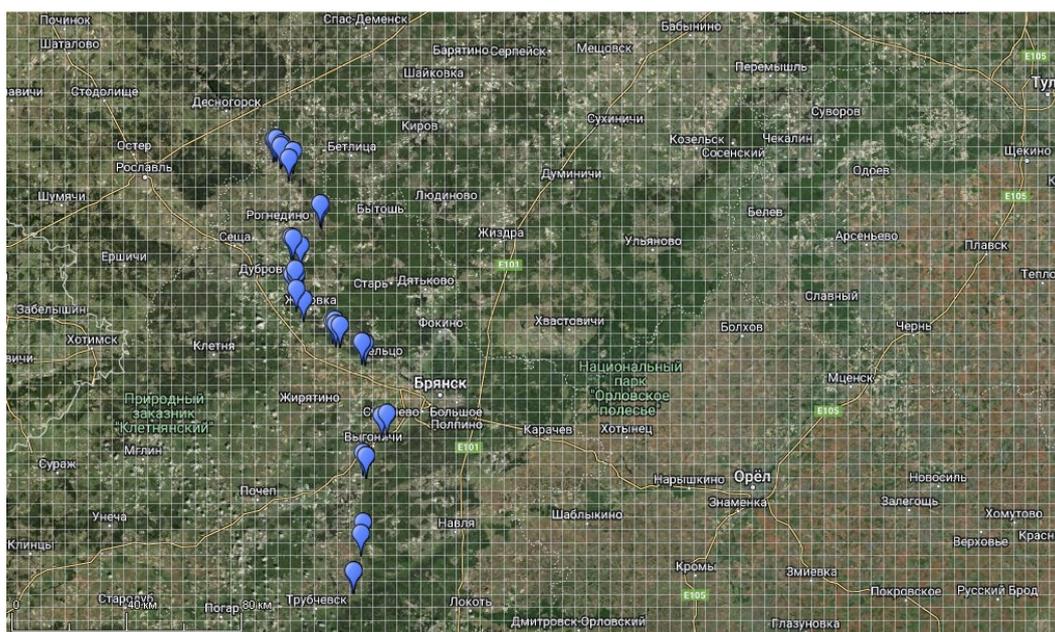


Рисунок 1 – Ключевые почвенные участки

Отбор почвенных образцов проводили в 2019-2020 годах методом почвенных ключей. Каждый ключевой почвенный участок, площадью 25 м² представлял собой полнопрофильный разрез и четыре полуямы. Привязку объектов выполняли с помощью GPS-приемника. Описание почв проводили в соответствии с Классификацией почв России 2004. Образцы отбирали со стенок разрезов по генетическим горизонтам, перемешивая и усредняя методом квартования. К анализам образцы подготавливали общепринятыми методами.

В гумусовых горизонтах определяли:

- органическое вещество по ГОСТ 26213;
- фракционно-групповой состав гумуса по методу Пономаревой-Плотниковой;
- гранулометрический состав по Н.А. Качинскому с пирофосфатом натрия.

Нормальность распределения данных проверяли тестом Шапиро-Уилка. В случае несоответствия закону нормального распределения, для статистической обработки использовали непараметрические методы.

Достоверность различий групп данных определяли по критерию Манна-Уитни (U-критерий). В случае нормального распределения сравниваемых групп данных использовали Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программ MS Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. При группировке почв по типу (табл. 1) выделено четыре массива данных. В первую группу (6 разрезов) объединены аллювиальные слоистые почвы, характеризующиеся слаборазвитым гумусовым горизонтом. Вторую группу (10 разрезов) составили аллювиальные серогумусовые почвы. Третью группу (16 разрезов) составили аллювиальные серогумусовые глеевые почвы. В четвертую группу (3 разрезов) объединили почвы торфяно-глеевого и перегнойно-глеевого типа. По содержанию органического вещества аллювиальные серогумусовые почвы низковариабельны ($CV = 26,93\%$), для остальных типов почв коэффициент вариации более 33% , что указывает на неоднородность данных групп. Наиболее неоднородной при этом является группа аллювиальных серогумусовых глеевых почв ($CV = 60,55\%$), что видимо, связано со спецификой накопления гумуса в условиях длительного периодического переувлажнения. При этом достоверных различий по содержанию органического вещества в почвах разных типов не установлено.

Таблица 1 – Фракционно-групповой состав гумуса в зависимости от типа почвы*

Органическое вещество, %	Гуминовые кислоты (ГК), % к органическому веществу			Фульвокислоты (ФК), % к органическому веществу				Степень гумификации, %	$C_{ГК}/C_{ФК}$
	1	2	3	1a	1	2	3		
Аллювиальные слоистые (слаборазвитые) почвы									
<u>1,06-3,13</u> 2,27	<u>3,27-10,71</u> 4,31	<u>0,00-4,59</u> 0,76	<u>0,99-11,47</u> 1,92	<u>0,00-6,16</u> 4,35	<u>3,53-9,91</u> 8,29	<u>6,16-11,11</u> 6,95	<u>4,55-18,84</u> 7,22	<u>5,93-20,05</u> 8,29	<u>0,21-0,72</u> 0,31
Аллювиальные серогумусовые (дерновые) почвы									
<u>1,24-2,75</u> 1,89	<u>1,37-8,89</u> 2,73	<u>0,00-12,58</u> 3,24	<u>0,23-10,25</u> 4,27	<u>0,00-8,07</u> 1,07	<u>3,41-12,98</u> 8,38	<u>3,65-17,50</u> 9,48	<u>6,71-24,08</u> 15,51	<u>5,23-24,41</u> 12,95	<u>0,19-0,61</u> 0,36
Аллювиальные серогумусовые глеевые почвы									
<u>1,12-5,95</u> 1,55	<u>3,15-11,96</u> 8,50	<u>0,00-2,88</u> 0,00	<u>1,28-10,29</u> 4,01	<u>2,54-9,55</u> 6,50	<u>3,96-13,66</u> 6,78	<u>2,95-15,84</u> 10,46	<u>5,22-19,72</u> 14,73	<u>8,49-18,52</u> 11,80	<u>0,22-0,50</u> 0,35
Аллювиальные перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы									
<u>2,70-5,69</u> 2,81	<u>3,92-4,78</u> 4,04	<u>0,00-0,00</u> 0,00	<u>0,78-3,32</u> 2,99	<u>3,13-3,69</u> 3,58	<u>0,49-7,50</u> 4,78	<u>4,31-8,73</u> 5,75	<u>2,91-7,09</u> 6,73	<u>5,56-7,35</u> 6,90	<u>0,31-0,36</u> 0,36

* - числитель – интервал, знаменатель медиана

Для фракции ГК1 коэффициент вариации изменяется в пределах $11,01 - 64,28\%$, при этом минимальное значение отмечено в группе органогенных почв, тогда как в минеральных почвах значение превышает 33% . Достоверные различия в содержании данной фракции установлены для пар слоистая/серогумусовая глеевая и серогумусовая/серогумусовая глеевая. Между слоистой и серогумусовой почвами достоверное различие не выявлено, так как внутри этих групп отмечена высокая вариабельность. Тем не менее, для данной фракции можно предположить некоторые закономерности. Отмечается следующий ряд медианного содержания фракции ГК1 в минеральных почвах: серогумусовая ($2,73\%$) < слоистая ($4,31\%$) < серогумусовая глеевая ($8,50\%$). Значительно более высокое содержание данной фракции в глеевых почвах обусловлено периодическим длительным, по сравнению с другими аллювиальными почвами, переувлажнением, в результате чего развивается процесс оглеения, приводящий к замедлению процессов разложения органического вещества, синтеза специфических гумусовых веществ. Это приводит к увеличению содержания более подвижных фракций гуминовых веществ. Особняком здесь стоит группа перегнойно- и торфяно-глеевых почв, однако сравнивать их фракционно-групповой состав гумуса с минеральными почвами достаточно сложно, виду значительной специфики.

Для фракции ГК2 отмечена значительная вариабельность ($98,91 - 201,84\%$) в минеральных почвах, в перегнойно- и торфяно-глеевых данная фракция не отмечена. Фракция ГК2 связана с наличием кальция, и отмечается в гумусе тех разрезов, которые расположены в местах выхода на поверхность отложений меловой системы на надпойменных террасах, при незначительной толщине перекрывающего меловые отложения аллювия на пойме. Фракция ГК3, связанная с глинистыми минералами, варьирует в пределах $47,93-89,07\%$, что связано с неоднородностью гранулометрического состава почв, отнесенных к одному типу. Достоверных различий в содержании данной фракции в рассматриваемых почвах не установлено.

Закономерности распределения фракций фульвокислот в целом повторяют таковые для гуминовых кислот. Для фракции ФК1а коэффициент вариации в минеральных почвах изменяется в пределах от 30,07% в серогумусовых глеевых, до 108,73% в серогумусовых. Слаборазвитые почвы занимают промежуточное положение, CV – 58,65%. Как и в случае с гуминовыми кислотами, особняком стоят перегнойно- и торфяно-глеевые почвы (CV – 8,41%). Достоверные различия в содержании данной фракции установлены для пар слоистая/серогумусовая глеевая и серогумусовая/серогумусовая глеевая. Между слоистой и серогумусовой почвами достоверное различие не выявлено, так как внутри этих групп отмечена высокая вариабельность. При этом ряд медианного содержания фракции аналогичен ГК1. Для фракции ФК1 достоверных отличий по содержанию в рассматриваемых почвах разных типов не установлены. Фракция ФК2 связана с кальцием, и отмечается в почвах правобережья р. Десна в условиях, описанных для фракции ГК2. Для фракции ФК3 достоверные отличия в содержании отмечены в паре слоистая/серогумусовая.

По степени гумификации почвы образуют следующий ряд: перегнойно- торфяно-глеевые – слоистые – серогумусовые глеевые – серогумусовые, что логично вытекает из особенностей данных типов почв. При этом, для слоистых и серогумусовых почв отмечен высокий коэффициент вариации данного показателя, 49,85 и 50,74% соответственно. Медианное отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам для всех рассматриваемых типов почв менее 0,5, что соответствует фульватному типу гумуса, однако внутри групп тип гумуса изменяется от фульватного до гуматно-фульватного, за исключением перегнойно- и торфяно-глеевых почв.

При группировке почв по гранулометрическому (табл. 2) составу выделено четыре группы данных: песчаные и супесчаные (14 разрезов), легкосуглинистые (5 разрезов), среднесуглинистые (5 разрезов), тяжелосуглинистые и легкоглинистые (7 разрезов). Группы не включали в себя перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы, для которых гранулометрический состав не определяли.

Таблица 2 – Фракционно-групповой состав гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы*

Органическое вещество, %	Гуминовые кислоты (ГК), % к органическому веществу			Фульвокислоты (ФК), % к органическому веществу				Степень гумификации, %	С _{ГК} /С _{ФК}
	1	2	3	1а	1	2	3		
Песчаные разновидности									
<u>1,06-3,15</u> 1,64	<u>1,37-11,96</u> 4,98	<u>0,00-12,58</u> 1,25	<u>0,32-11,47</u> 1,52	<u>0,00-9,55</u> 4,62	<u>3,41-9,91</u> 6,92	<u>6,37-17,50</u> 9,84	<u>4,55-18,84</u> 12,53	<u>5,74-20,81</u> 11,75	<u>0,20-0,72</u> 0,36
Легко суглинистые разновидности									
<u>1,25-5,95</u> 1,67	<u>2,51-10,31</u> 4,17	<u>0,00-9,63</u> 1,01	<u>1,31-4,89</u> 4,08	<u>0,84-9,38</u> 4,65	<u>5,72-13,66</u> 10,36	<u>2,95-16,05</u> 6,83	<u>6,34-24,08</u> 8,47	<u>5,93-17,03</u> 10,86	<u>0,21-0,44</u> 0,32
Среднесуглинистые разновидности									
<u>1,42-2,52</u> 1,84	<u>2,29-9,30</u> 8,12	<u>0,00-12,21</u> 0,51	<u>2,85-9,92</u> 7,04	<u>1,22-6,76</u> 6,16	<u>5,92-10,12</u> 7,81	<u>6,16-15,05</u> 9,15	<u>7,70-20,60</u> 16,46	<u>7,98-24,41</u> 16,34	<u>0,29-0,52</u> 0,40
Тяжелосуглинистые и глинистые разновидности									
<u>1,37-2,85</u> 2,33	<u>3,15-8,36</u> 6,48	<u>0,00-2,02</u> 0,00	<u>0,23-10,29</u> 3,99	<u>3,86-6,73</u> 5,77	<u>3,96-10,59</u> 5,08	<u>3,65-15,84</u> 7,39	<u>5,25-19,12</u> 14,15	<u>5,23-16,80</u> 10,25	<u>0,19-0,46</u> 0,29

* - числитель – интервал, знаменатель медиана

По содержанию органического вещества в зависимости от гранулометрического состава, рассматриваемые почвы образуют следующий ряд: песчаные и супесчаные (1,64%) < легкосуглинистые (1,67%) < среднесуглинистые (1,84%) < тяжелосуглинистые и глинистые (2,33%). Связь накопления органического вещества с гранулометрическим составом отмечается многими авторами, при этом основным механизмом является взаимодействие органического вещества с минеральной частью почвы [11-15]. При этом необходимо отметить отсутствие достоверной разницы в содержании органического вещества.

Коэффициент вариации для фракций гуминовых и фульвокислот изменяется в широких пределах (19,21 – 202,58), при этом однородными данными являются: ГК1, ФК1а – для тяжелосуглинистых и глинистых почв; ФК1, ФК3 – для среднесуглинистых почв; Ф1, ФК2 – для песчаных и супесчаных почв. Исходя из этого достаточно сложно говорить о закономерностях в содержании отдельных фракций органического вещества от гранулометрического состава, и достоверных отличий не установлено. Аналогичных результат был получен для почв левобережной поймы реки Десна [15], и для других аллювиальных почв [16].

Для рассматриваемых почв, корреляционный анализ по Спирмену между фракциями органического вещества и механическими частицами почвы показал следующее.

Для песчаных и супесчаных почв отмечена положительная значимая корреляция фракции ГК1 с фракциями 1-0,25 мм (0,57) и 0,01-0,005 мм (0,67). Однако для почв других гранулометрических составов такой закономерности не выявлено. При этом для серогумусовых глеевых почв фракция ГК1 значимо отрицательно коррелирует с содержанием средней, мелкой пыли, ила, и физической глины в целом (коэффициенты корреляции -0,56, -0,57, -0,67 и -0,65 соответственно). Для ГК2 отмечена отрицательная значимая корреляция (-0,68) с фракцией средней пыли в песчаных/супесчаных разновидностях почв, и отрицательная значимая корреляция (-0,97) с фракцией 0,25-0,05 мм для легкосуглинистых почв. [17].

Для ГК3 установлена значимая положительная корреляция с фракциями ила (0,79) и физической глиной в целом (0,89) тяжелосуглинистых почв, а также отрицательная значимая корреляция (-0,90) с фракцией средней пыли легкосуглинистых почв. В зависимости от типа почв, для данной фракции органического вещества получена положительная значимая корреляция (0,83) с фракцией мелкой пыли для слоистых почв; отрицательная значимая с фракциями 1-0,25 мм (-0,61) и 0,25-0,05 мм (-0,51), положительная значимая с фракциями 0,05-0,01 мм (0,58) и 0,005-0,001 мм (0,55) серогумусовых глеевых почв.

Для ФК1а отмечена значимая положительная корреляция с фракцией средней пыли (0,72) песчаных/супесчаных почв; отрицательная значимая с фракцией 0,25-0,05 мм (-0,83) и положительная значимая с фракцией ила (0,83) слоистых почв.

Для ФК1 установлена положительная значимая корреляция с фракциями мелкой пыли (0,65) и физической глины в целом (0,57) песчаных/супесчаных почв; отрицательная значимая корреляция с фракцией 0,25-0,05 мм (-0,67), положительная значимая корреляция с фракциями средней и мелкой пыли (0,78; 0,68) и физической глиной (0,68) серогумусовой почвы; отрицательная значимая корреляция с фракциями средней пыли (-0,52), ила (-0,54) и физической глины в целом (-0,53) серогумусовой глеевой почвы.

Для ФК2 получена отрицательная значимая корреляция с фракцией ила (-0,90) легкосуглинистых почв; отрицательная значимая корреляция с фракцией 1-0,25 мм (-0,90) среднесуглинистых почв; положительная значимая корреляция с фракцией 0,25-0,05 мм (0,94), отрицательная значимая корреляция с фракциями мелкая пыль (-0,83), ил (-0,94) и физической глиной в целом (-0,89) слоистых почв.

Для ФК3 отмечена значимая положительная корреляция с фракцией мелкой пыли (0,90) среднесуглинистых почв.

А. Л. Иванов с соавторами, указывает, что «Гуминовые вещества представляют собой биогенный, химически активный и устойчивый в природе гетерогенный континуум биомолекул, образующих полимерно-супрамолекулярные ансамбли посредством случайных химических преобразований и невалентных взаимодействий разнообразных молекул-предшественников» (Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюрина и Ваксмана до наших дней / А. Л. Иванов, Б. М. Когут, В. М. Семенов [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 3-38). При этом А.Г. Заварзина с соавторами, указывает, что фракции ГК, ФК, гумин удовлетворительно аппроксимируют основные тенденции в структурно-композиционном составе природного ОВ (Яблонских, Л. А. Лабильные гуминовые вещества в почвах пойменных ландшафтов среднерусского Черноземья / Л. А. Яблонских // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2014. № 1. С. 68-72). Для рассматриваемых почв, корреляционный анализ по Спирмену между фракциями гуминовых и фульвокислот, показал сложность и неоднозначность связей. Исходя из схемы фракционирования, ожидалось, что соответствующие фракции ФК и ГК будут иметь тесную корреляцию.

Для фракции ГК1 отмечена отрицательная корреляция с фракцией ГК2, достоверная для супесчаных/песчаных, тяжелосуглинистых, слоистых, серогумусовых почв, а также положительная корреляция с фракцией ФК1а достоверная для супесчаных/песчаных, легкосуглинистых, тяжелосуглинистых, серогумусовых глеевых почв. Соответственно, фракция ГК2 отрицательно коррелирует с фракцией ФК1а, достоверно для супесчаных/песчаных, среднесуглинистых, тяжелосуглинистых почв. При этом достоверных корреляционных связей между фракциями ГК1 и ФК1, и фракциями ГК2 и ФК2 не установлено. ГК3 положительно достоверно коррелирует с ФК3 для среднесуглинистых почв. В целом можно отметить, что закономерности аналогичны, полученным для левобережной части поймы р. Десна [15].

Соотношение гуминовых и фульвокислот, а также степень гумификации, являются одними из важнейших показателей качества гумуса почвы. Степень гумификации в рассматриваемых почвах варьирует в широких пределах, но как правило от очень слабой (менее 10%) до слабой (10-20%).

Средняя степень гумификации отмечена лишь в образцах, в которых зафиксировано наличие фракции ГК2. В рассматриваемых почвах преобладают мобильные фракции гумуса (ГК1+ФК1+ФК1а), что отмечено и для аллювиальных почв других регионов [16]. Соотношение ГК1/ФК1 также, достаточно сильно варьирует как в зависимости от типа почвы, так и от гранулометрического состава, не проявляя каких-либо четких закономерностей. Могут преобладать как гуминовые кислоты над фульвокислотами, так и наоборот. Для соотношения ГК2/ФК2, в тех образцах, где эти фракции обнаружены, значение составляет меньше единицы. Соотношение ГК3/ФК3 варьирует в широких пределах, но менее единицы для рассматриваемых групп почв по типу и гранулометрическому составу.

Тип гумуса, рассматриваемых аллювиальных почв в основном фульватный. Зависимости от типа почвы и ее гранулометрического состава не установлено. Однако в отдельных образцах, как правило в которых отмечено наличие фракции ГК2, тип гумуса гуматно-фульватный.

Выводы. По содержанию органического вещества однородной группой являются серогумусовые почвы. В других типах рассматриваемых аллювиальных почв этот показатель сильно варьирует. Содержание отдельных фракций гуминовых и фульвокислот сильно варьирует для всех типов рассматриваемых почв. Содержание органического вещества увеличивается с утяжелением гранулометрического состава, однако массив данных не позволяет говорить о достоверности этой закономерности.

Закономерности в содержании отдельных фракций органического вещества от гранулометрического состава сложны и неоднозначны, и аналогичны результатам для левобережья реки Десна. Корреляционные связи между отдельными фракциями гумусовых веществ показывают сложность и многофакторность процессов преобразования органического вещества в аллювиальных почвах, и требуют дальнейшего изучения.

Степень гумификации органического вещества в рассматриваемых почвах в основном слабая. Тип гумуса колеблется от фульватного до гуматно-фульватного, что говорит о низком его качестве.

Список источников

1. Root decomposition of four temperate species in the Republic of Korea: associations of root traits and microbial community with root decay / Ju.I. Carvalho, Ji.Y. An, L.T.N. Tran et al. // *Plant and Soil*. 2025.
2. Response of soil organic carbon to forested wetlands in East China / G. Li, B. Jiang, Ya. Guan et al. // *Ecological Engineering*. 2023. Vol. 195. P. 107041.
3. Characteristics of Humic Acids in Drained Floodplain Soils in Temperate Climates: A Spectroscopic Study / D. Kawałko, E. Jamroz, M. Jerzykiewicz, I. Ćwielałg-Piasecka // *Sustainability*. 2023. № 15 (14). P. 11417.
4. Dębska B., Banach-Szott M. Humic Acids Properties of Luvisol of 40-Year Fertilizer Experiment // *Agronomy*. 2025. № 15 (6). P. 1405.
5. Almendros G., González-Pérez J.A. Soil Organic Carbon Sequestration Mechanisms and the Chemical Nature of Soil Organic Matter - A Review // *Sustainability*. 2025. № 17 (15). P. 6689.
6. Воробьев В.Б. Использование метода микроплощадок при изучении эффективности агрономических приемов на почвах с различным содержанием гумуса // *Почвоведение и агрохимия*. 2020. № 2 (65). С. 51-62.
7. Шахматова Е.Ю., Шахматов М.Ю. Особенности гумусобразования в гидроморфных пойменных почвах дельты Селенги // *Вестник КрасГАУ*. 2011. № 8 (59). С. 14-18.
8. Characteristics of Humic Acids in Drained Floodplain Soils in Temperate Climates: A Spectroscopic Study / D. Kawałko, E. Jamroz, M. Jerzykiewicz, I. Ćwielałg-Piasecka // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 14. P. 11417.
9. Kobierski M., Kondratowicz-Maciejewska K., Labaz B. Impact of Agricultural Land Use on Organic Carbon Content in the Surface Layer of Fluvisols in the Vistula River Floodplains, Poland // *Agronomy*. 2025. Vol. 15, № 3. P. 628.
10. Morphometric and location factors shaping sediment texture in small floodplain reservoirs / J. Gmitrowicz-Iwan, S. Ligęza, J. Pranagal, H. Smal // *J. Soils Sediments*. 2021. № 21. P. 1243–1255.
11. Компонентный состав почвенного органического вещества / А.И. Попов, Л.Ю. Коноплина, Н.А. Комолкина и др. // *The Scientific Heritage*. 2021. № 65-2 (65). С. 11-19.
12. Aggregate stability and carbon and N dynamics in macroaggregate size fractions with different soil texture / M. Sbih, Z. Bounouara, Z. Bensid et al. // *Eurasian Journal of Soil Science*. 2024. Vol. 13, № 3. P. 273-283.
13. Chapter 3 Clay Minerals-Organic Matter Interactions in Relation to Carbon Stabilization in Soils / B. Sarkar, M. Singh, G.J. Churchman, N.S. Bolan // *The Future of Soil Carbon*, New York, Academic Press, 2018. P. 71–86.

14. Гуркова Е.А., Соколов Д.А. Влияние гранулометрического состава на гумусонакопление в почвах сухих степей Тувы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 106-118.
15. Чекин Г.В. Особенности фракционно-группового состава гумуса аллювиальных почв левобережья Р. Десна // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 3-8.
16. Гамзиков Г.П., Сулейменов С.З. Азотминерализующая способность серой лесной почвы Новосибирского Приобья при компостировании и паровании растительных остатков // Почвоведение. 2021. № 5. С. 582-591.
17. Громовик А.И., Горбунова Н.С., Девятова Т.А. Сорбция лабильных гумусовых веществ структурно-агрегатными фракциями эродированных черноземов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2023. Т. 23, № 5. С. 948-957.

Информация об авторе:

Г.В. Чекин - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. gb-swamp@yandex.ru.

Information about the author:

G.V. Chekin - associate professor, candidate of agricultural sciences, Bryansk State Agrarian University e-mail: gb-swamp@yandex.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 21.11.2025; одобрена после рецензирования 15.12.2025, принята к публикации 13.01.2026.

The article was submitted 21.11.2025; approved after reviewing 15.12.2025; accepted for publication 13.01.2026.

© Чекин Г.В.

Научная статья

УДК 633.2:631.442:631.445.2

ФОРМИРОВАНИЕ КОРМОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОДНОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕГКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА¹Людмила Петровна Харкевич, ¹Дмитрий Михайлович Ситнов, ¹Василий Николаевич Адамко, ^{1,2}Олег Дмитриевич Ситнов, ²Николай Максимович Белоус¹Новozybkovская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
Брянская область, Новozybkовский городской округ, Опытная станция, Россия
²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Ключевым условием обеспечения высокой продуктивности в животноводстве является формирование нутриентно сбалансированного рациона кормления. Устойчивое развитие отрасли требует системной модернизации кормопроизводства как стратегически важного направления агропромышленного комплекса. Применение ресурсосберегающих агротехнологий в лугово-пастбищном и полевом кормопроизводстве создаёт предпосылки для увеличения объёмов заготовки грубых и сочных кормов. Данный подход предусматривает внедрение инновационных методов возделывания кормовых культур, а также совершенствование технологий их консервации и хранения с целью улучшения структурных и питательных характеристик растительной массы. По результатам многолетнего мониторинга в условиях полевого стационара Новozybkovской СХОС проведена комплексная оценка отклика однолетних кормообразующих видов (овёс, суданская трава) на модификацию калийного режима питания. Экспериментально подтверждено, что внесение калия в дозе 240 кг/га д.в. обеспечило максимальные значения продуктивности: выход вегетативной массы достиг 10,9-11,5 т/га, выход зерносемянной продукции - 9,6-10,4 т/га. Выявлена синхронная динамика аккумуляции нутриентов: максимальные показатели валового сбора сухого вещества, сырой протеиновой фракции, кормовых единиц и энергетического эквивалента зафиксированы при оптимизации калийного питания. Сравнительный анализ видовой специфики продемонстрировал преимущество овса по уровню биохимических и энергетических показателей относительно суданской травы. Радиологический скрининг образцов фитомассы подтвердил соответствие гигиеническим нормативам (≤ 400 Бк/кг) по содержанию ^{137}Cs . Установлены межвидовые различия в накоплении радионуклида: удельная активность в зеленой массе овса характеризовалась меньшими значениями по сравнению с суданской травой.

Ключевые слова: овес, суданская трава, зелёная масса, зерносемянная, урожайность, протеин, кормовые единицы, обменная энергия, ^{137}Cs .

Для цитирования: Формирование кормового потенциала однолетних агрофитоценозов в условиях дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава / Л.П. Харкевич, Д.М. Ситнов, В.Н. Адамко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 30-35.

Original article**FORMATION OF FORAGE POTENTIAL OF ANNUAL AGROPHYTOCENOSES IN THE CONDITIONS OF SOD-PODZOLIC LIGHT TEXTURE SOILS**¹Lyudmila P. Kharkevich, ¹Dmitry M. Sitnov, ¹Vasily N. Adamko
^{1,2}Oleg D. Sitnov, ²Nikolai M. Belous¹Novozybkov Agricultural Experimental Station - branch of Federal Williams Research Center of Feed Production and Agroecology, Bryansk region, Novozybkov district, Experimental Station, Russia,
²Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. A key condition for ensuring high productivity in livestock farming is the formation of a nutritionally balanced diet. Sustainable development of the industry requires the systematic modernization of feed production as a strategically important area of the agro-industrial complex. The use of resource-saving agricultural technologies in meadow-pasture and field feed production creates the preconditions for increasing the harvesting volumes of roughage and succulent feeds. This approach involves the implementation of innovative methods for cultivating feed crops, as well as improving preservation and storage technologies to improve the structural and nutritional properties of plant matter. Based on long-term monitoring under the field station conditions of the Novozybkov Agricultural Experimental Station, a comprehensive evaluation of the response of annual feed-forming species (oats, Sudan grass) to the modification of the potassium nutrition regime was carried out. The application of potassium at a dose of 240 kg/ha a.i. was experimentally con-

firmed to provide maximum productivity values: The output of vegetative mass attained 10.9-11.5 t/ha, with grain-silage output at 9.6-10.4 t/ha. A synchronous dynamics of nutrient accumulation was identified the maximum indicators of the gross dry matter yield, the crude protein fraction, feed units and the energy equivalent were recorded with the optimization of potassium nutrition. A comparative analysis of species specificity demonstrated the advantage of oats in terms of biochemical and energy parameters compared to Sudan grass. Radiological screening of phytomass samples confirmed compliance with hygienic standards (≤ 400 Bq/kg) for the contents of ^{137}Cs . Interspecies differences in the accumulation of the radionuclide were determined: the specific activity in the green mass of oats was characterized by lower values compared to Sudan grass.

Keywords: oats, sudan grass, green mass, grain silage, yields, protein, feed units, exchange energy, ^{137}Cs .

For citation: Formation of forage potential of annual agrophytocenosis in the conditions of sod-podzolic light texture soils / L.P. Kharkevich, D.M. Sitnov, V.N. Adamko et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 30-35.

Введение. Фундаментальным критерием высокоэффективного продукционного процесса в животноводческой отрасли выступает организация нутриентно-сбалансированного рациона кормления. Для дальнейшего развития данной сферы агропромышленного комплекса необходима постоянная модернизация системы кормопроизводства, представляющего собой стратегически значимый сегмент растениеводческой деятельности. Технологическая трансформация лугово-пастбищного и полевого кормопроизводства на основе ресурсосберегающих агроприемов формирует базис для наращивания объемов производства грубых и сочных кормов. Данный процесс предполагает внедрение инновационных решений в области культивирования, консервации и складирования растительной массы, а также оптимизацию ее структурно-питательных свойств. Системообразующую функцию в реализации данной задачи выполняют высокопродуктивные генотипы однолетних кормовых агроценозов, обладающие повышенной толерантностью к неблагоприятным факторам окружающей среды при возделывании в пахотных условиях. Согласно актуальным данным, 70-75% кормового ресурса производится именно на полевых угодьях [1-3].

Сравнительный анализ традиционных зернофуражных культур выявил доминирующие позиции овса по комплексу агробиологических и продукционных характеристик. Пластичность к постоянно изменяющемуся уровню ресурсообеспеченности, стрессоустойчивость и повышенные кормовые достоинства определяют его статус как базового элемента в структуре кормовых севооборотов [4].

Современная селекционная практика демонстрирует растущий научный интерес к сорговым культурам, в частности к суданской траве (*Sorghum sudanense* L.) (Антонов В. Н. Продуктивность суданской травы в чистых и смешанных посевах в зависимости от нормы высева, режимов скашивания и питания на каштановых почвах Саратовского Левобережья в условиях орошения // Дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2009. 133 с). Данный вид позиционируется как перспективный источник кормовой базы, характеризующийся значительным агробиологическим и экономико-энергетическим потенциалом (Дьяченко В. В. Научное сопровождение возделывания суданской травы в юго-западной части Нечерноземной зоны // Дис. ... д-ра с.-х. наук. Брянск. 2009. 507 с).

Фитобиологические особенности суданской травы включают комплекс хозяйственно-ценных параметров: хорошо переносит засуху, интенсивный рост вегетативной массы, высокая регенерационная способность после скашивания или выпаса [5,6]. Использование этого вида в кормопроизводстве охватывает самые разные сферы: силосование, сенажирование, производство зеленой массы и травяной муки [7,8]. Универсальность применения обуславливает экспансию ареала культивирования суданской травы, актуализируя исследования в области селекционного улучшения, агротехнической оптимизации и нутриологической оценки в конкретных почвенно-климатических условиях.

Радиоэкологический контекст Чернобыльской катастрофы привёл к загрязнению значительных площадей агроландшафтов юго-западной части Центрального региона, включая обширные территории Брянской области. Вследствие этого, приоритетной задачей аграрного производства стало обеспечение генерации фитопродукции, соответствующей санитарно-гигиеническим регламентам [9].

Методика исследования. Научные исследования реализованы на полях Новозыбковской СХОС, сформированных на дерново-подзолистых песчаных почвах. Агрохимический паспорт пахотного горизонта характеризуется следующими параметрами:

- органический углерод: 1,3-1,5%
- кислотнo-основные показатели ($\text{pH}_{\text{КС}}$): 5,3 ед.
- степень насыщенности основаниями: 2,2 мг-экв/100 г
- содержание подвижного фосфора: 35,7 мг/100 г
- содержание подвижного калия: 10,8 мг/100 г.

Радиационный фон опытного участка характеризуется плотностью радиоактивного загрязнения 850 кБк/м² (22,9 Ки/км²).

В качестве объектов исследования выступили: овес сорта Скакун и суданская трава сорт Кинельская-100. Общая площадь опытной делянки - 30 м², учетная площадь - 10 м², повторность опыта - трехкратная.

Структура опыта включала три варианта минерального питания: 1 - контроль (без применения удобрений), 2 - К₁₈₀, 3 - К₂₄₀.

Полевые наблюдения и лабораторные исследования выполнялись в соответствии с регламентированными методическими подходами [10,11].

В вегетационный сезон 2021 года отмечен комплекс неблагоприятных метеофакторов: температурный дефицит в сочетании с избыточным увлажнением на начальных фазах органогенеза, что предопределило угнетение продукционного процесса.

Периоды вегетации 2022-2024 годов характеризовались экстремальной климатической амплитудой: повышенный температурный фон сочетался с диспропорциональным распределением атмосферных осадков. Чередование ливневых паводков и пролонгированных почвенных засух оказало существенное воздействие на формирование урожайности изучаемых культур.

Результаты и их обсуждение. Формирование продуктивности вегетативной массы исследованных культур определялось комплексным взаимодействием минерального фактора и климатических условий в течение вегетационных сезонов. Максимальные значения урожайности агрофитоценозов зарегистрированы в 2021 году, тогда как минимальные показатели наблюдались в 2022 году (табл. 1).

Сравнительный анализ выявил доминирование *Avena sativa* L. по уровню генерации фитомассы. На неизменном агрохимическом фоне средний выход вегетативной массы за период исследований достигал 9,5 т/га. Модификация калийного режима питания (К₁₈₀ и К₂₄₀) инициировала достоверное повышение продуктивности на 13-21% относительно контрольных значений, что в абсолютных показателях соответствовало приросту 1,2-2,0 т/га.

Таблица 1 - Урожайность зеленой массы кормовых культур, т/га

Вариант	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Прибавка к контр.
Овес						
Контроль	10,4	8,6	9,9	9,1	9,5	-
К ₁₈₀	11,7	9,6	11,1	10,4	10,7	1,2
К ₂₄₀	12,5	10,3	11,9	11,3	11,5	2,0
Суданская трава						
Контроль	11,1	8,3	9,0	8,3	9,1	-
К ₁₈₀	11,9	8,9	9,8	9,2	9,9	0,8
К ₂₄₀	13,1	9,8	10,9	10,3	10,9	1,8

НСР_{05общ} - 0,3

НСР_{05(виды трав)} - 0,4

НСР_{05(удобрения)} - 0,4

Динамика продуктивности зеленой массы суданской травы характеризовалась вариабельностью показателей с приростом вегетативной массы в диапазоне 9-20%, что в абсолютном выражении соответствовало 0,8-1,8 т/га. Проведенный анализ выявил статистически значимое отставание данного вида по уровню фитомассы относительно овса.

Таблица 2 - Урожайность зерносеяжа кормовых культур, т/га

Вариант	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	Прибавка к контр.
Овес						
Контроль	10,2	7,7	8,4	7,7	8,5	-
К ₁₈₀	11,4	8,7	9,5	9,0	9,7	1,2
К ₂₄₀	12,2	9,3	10,4	9,8	10,4	1,9
Суданская трава						
Контроль	9,2	7,0	7,6	7,0	7,7	-
К ₁₈₀	10,4	8,0	8,7	8,2	8,8	1,1
К ₂₄₀	11,3	8,6	9,5	9,1	9,6	1,9

НСР_{общ} - 0,2

НСР_{05(виды трав)} - 0,1

НСР_{05(удобрения)} - 0,1

Качественные параметры кормовой продукции демонстрировали синхронную динамику с вегетативной продуктивностью. Максимальный выход зерносенажа зафиксирован в 2021 году, тогда как минимальные значения продуктивности отмечены в 2022 году (табл. 2). Межгодовая амплитуда показателей варьировала в зависимости от комплекса метеорологических и агрохимических факторов.

Сравнительный анализ продуктивности зерносенажа выявил доминирующие позиции овса со средним показателем 9.5 т/га против 8.7 т/га у суданской травы. На неизменном агрохимическом фоне урожайность овса достигала 8.5 т/га, тогда как суданская трава формировала 7.7 т/га растительной массы.

Модификация минерального фона обеспечила статистически значимое повышение продуктивности зерносенажа: для овса прибавка составила 14-22%, для суданской травы - 14-25% в зависимости от применяемой дозировки питательных элементов.

Параметры биохимической продуктивности демонстрировали видовую специфику. При отсутствии существенных межвидовых различий по накоплению сухого вещества (табл. 3), валовый сбор сырого протеина с единицы площади прогрессивно возрастал при интенсификации минерального питания. Установлено значимое отставание суданской травы по данному показателю - дефицит протеина достигал 50.1-54.2 кг/га относительно овса при различных режимах удобрения.

Таблица 3 - Продуктивность зеленой массы кормовых культур (2021 - 2024 гг.)

Вариант	Сухое вещество, т/га	Сырой протеин, кг/га	Кормовые единицы, тыс.	Обменная энергия, ГДж/га
Овес				
Контроль	2,2	207,4	1,23	18,3
К ₁₈₀	2,5	208,8	1,40	20,7
К ₂₄₀	2,7	246,1	1,51	22,2
Суданская трава				
Контроль	2,2	153,2	1,11	17,6
К ₁₈₀	2,4	154,6	1,17	18,8
К ₂₄₀	2,7	196,0	1,36	21,2

Интенсификация калийного питания оказывала позитивное воздействие на формирование кормовых единиц и генерацию обменной энергии с единицы площади для обоих исследуемых видов трав. Однако суданская трава демонстрировала статистически значимое отставание по данным параметрам относительно *Avena sativa* L. Величина дефицита составляла 0.12-0.23 кормовых единиц и 0.7-1.9 ГДж/га обменной энергии в зависимости от применяемого агрохимического фона.

В условиях радиоэкологического стресса, обусловленного последствиями Чернобыльской катастрофы, экологическая безопасность фитопродукции приобретает статус важнейшего критерия качества. Приоритетной задачей агропроизводства становится обеспечение соответствия санитарно-гигиеническим регламентам, установленным для территорий с радионуклидной контаминацией (табл. 4).

Результаты радиологического мониторинга выявили устойчивую видовую специфику в аккумуляции радионуклидов. Фитомасса суданской травы характеризовалась статистически значимыми более высокими показателями удельной активности ¹³⁷Cs по сравнению с овсом, независимо от уровня минерального питания.

Таблица 4 - Содержание ¹³⁷Cs в зеленой массе кормовых культур (воздушно-сухая масса), Бк/кг (среднее за 2021-2024 гг.)

Вариант	Овес			Суданская трава		
	¹³⁷ Cs	± к контр	Ксн	¹³⁷ Cs	± к контр	Ксн
Контроль	212	-	-	244	-	-
К ₁₈₀	95	-117	2,2	124	-120	2,0
К ₂₄₀	72	-140	2,9	84	-160	2,9

Допустимый уровень для грубых кормов - 400 Бк/кг, ВП 13.5. 13/06-01 [12].

На неизменном агрохимическом фоне значения удельной активности ¹³⁷Cs в вегетативных органах обоих растений не превышали регламентированных гигиенических нормативов.

Агрохимическая мелиорация с применением калийных удобрений в дозах 180 и 240 кг/га д.в. индуцировала достоверное снижение концентрации техногенного радионуклида в растительных образцах. Данная закономерность наблюдалась у обоих изучаемых видов, однако эффективность варьировалась в зависимости от биологических особенностей культур.

Заключение. В условиях проведенного эксперимента установлено, что применение калийных удобрений оказывает решающее воздействие на интенсификацию продукционного процесса у однолетних кормовых агроценозов. Максимальная эффективность минеральной мелиорации достигнута при использовании дозировки K_{240} , где зафиксированы пиковые значения продуктивности вегетативной массы и зерносенажа для обоих изучаемых растений.

Результаты радиологического скрининга показали, что в контрольных вариантах удельная активность ^{137}Cs сохранялась в пределах регламентированных нормативов для обоих видов. Модификация калийного режима питания (K_{180} и K_{240}) инициировала достоверное снижение аккумуляции радионуклида в фитомассе, причем протекторный эффект усиливался пропорционально применяемой дозе удобрений.

Список источников

1. Воронин А.Н., Труфанов А.М., Щукин С.В. Современные технологии заготовки кормов. Ярославль: Ярославская ГСХА, 2021. 228 с.
2. Шпаков А.С. Научное обеспечение полевого кормопроизводства России // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. 2023. Вып. 30 (78). С. 83-91.
3. Хализова З.Н., Зыков С.А. Состояние и перспективы развития отрасли кормопроизводства в России // Эффективное животноводство. 2019. № 3. С. 14.
4. Видовой состав и структура жизненных стратегий сорного компонента агрофитоценозов на примере кормового севооборота / Е.А. Флерова, Т.П. Сабирова, А.В. Тихонов и др. // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 4 (60). С. 54-60.
5. Куколева С.С., Кибальник О.П., Степанченко Д.А. Оценка засухоустойчивости образцов суданской травы // Journal of Agriculture and Environment. 2021. № 4 (20).
6. Кудяева Б.Ш., Мусаев М.Р. Повышение продуктивности сортов суданской травы на фоне обработки стимулятором роста Райкат Старт // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 5 (109). С. 124-131.
7. Куколева С.С., Старчак В.И., Панкрашова Ю.В. Оценка хозяйственно-ценных признаков суданской травы // Инновационные научно-технические разработки и исследования молодых ученых для АПК: материалы III Всерос. конф., проводимой в рамках Совещания Советов молодых ученых и специалистов аграрных вузов Центрального Федерального округа 7-8 апреля 2021 года. Рязань, 2021. С. 6-8.
8. Биохимический состав, урожайность и энергетическая эффективность надземной биомассы сортообразцов суданской травы / С.С. Куколева, Д.С. Семин, В.В. Бычкова, Ю.А. Калинин // Агробиология – 2021: междунар. науч. конфер. Москва, 24 - 25 ноября 2021 года. М., 2021. С. 663-666.
9. Белоус Н.М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавшей от Чернобыльской катастрофы // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 3. С. 22-27.
10. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985. 22 с.
11. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. М.: ВИУА, 1975. Ч. 1. 167 с.; 1983. Ч. 2. 171 с.; 1985. Ч. 3. 131 с.
12. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания стронция-90, цезия-137. Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/09-00: утв. Министром сельского хозяйства Российской Федерации 19.12.2000 г.

Информация об авторах

Л.П. Харкевич - доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», ngsos-vniia@yandex.ru

Д.М. Ситнов - ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», nsos.lab.korma@yandex.ru

В.Н. Адамко - кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», ngsos-vniia@yandex.ru

О.Д. Ситнов - аспирант, кафедра агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, метеоролог, лаборатория кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», sitnov2019@inbox.ru

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

Information about the authors

L.P. Kharkevich - Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Feed Production Laboratory, Novozybkov Agricultural Experimental Station - branch of Federal Research Center "V.R. Williams All-Russia Research Institute of Feed Production", ngsos-vniia@yandex.ru

D.M. Sitnov - Leading Researcher of Feed Production Laboratory, Novozybkov Agricultural Experimental Station - branch of Federal Research Center "V.R. Williams All-Russia Research Institute of Feed Production", ngsos.lab.korma@yandex.ru

V.N. Adamko - Candidate of Agricultural Sciences, Director, Novozybkovskaya Agricultural Scientific Center - Branch of the V.R. Williams Agricultural Research Institute, ngsos-vniia@yandex.ru

O.D. Sitnov - Postgraduate Student, Department of Agrochemistry, Soil Science, and Ecology, Bryansk State Agrarian University, Meteorologist, Feed Production Laboratory, Novozybkov Agricultural Experimental Station - branch of Federal Research Center "V.R. Williams All-Russia Research Institute of Feed Production", sitnov2019@inbox.ru

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

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

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

Статья поступила в редакцию 29.11.2025, одобрена после рецензирования 28.12.2025, принята к публикации 21.01.2026.

The article was submitted 29.11.2025, approved after reviewing 28.12.2025; accepted for publication 21.01.2026.

© Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Ситнов О.Д. Белоус Н.М.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

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

Научная статья
УДК 636.22/28.085.12

**ПОЛУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ДОБАВОК С ПОМОЩЬЮ
ЭКСТРУДИРОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ И ФОСФОРА У
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ**

¹Наталья Ивановна Ярован, ¹Татьяна Николаевна Федорова, ²Анна Георгиевна Менякина
¹ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Орловская область, Орёл, Россия
²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье приводятся результаты эксперимента по экструдированию зерна люпина белого сорта «Мичуринский». Измельченное в зернодробилке зерно люпина увлажняли в большой емкости из расчета влаги 10–15% от объема сырья. Затем пропускали через кормовой одношнековый экструдер марки КЭШ-1, модель ЭК-ТУ 28.93.13.001–21520712–2017, производительностью 30–50 кг/ч, потребляемой мощностью 5,7 кВт, при контролируемой максимальной температуре, которая достигала 116°C. В экструдере увлажненная масса зерна трамбуется и на выходе после воздействия высокого давления резко вспучивается. Продукт образуется в виде трубочки с тонкими стенками до 2мм, далее проводили смешивание экструдированного продукта со свежей хвоей сосны, пропускали через гранулятор, продукт гранулируется, и в результате получали гранулы диаметром 4мм и длиной до 5 мм. Включение в рацион коров гранулированных биологически активных кормовых добавок из экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к рациону хозяйства привело к увеличению до оптимальных значений содержание общего кальция. К концу эксперимента разница между контролем и опытной группой №3 составила 17%, а разница между опытной группой №1 и №3–9%. Содержание неорганического фосфора до начала эксперимента и на протяжении исследования во всех группах соответствовало нижним физиологическим нормам, однако, при использовании предлагаемых добавок его значение увеличилось и достигло оптимальных значений. Разница между контролем и группой №3 на 30-ый день эксперимента составила -25,7%, группами №1 и №3 составила-16,3%.

Ключевые слова: минеральный обмен, голштинские коровы, промышленное содержание, экструдированный люпин, хвоя сосны, экструдирование.

Для цитирования: Ярован Н.И., Федорова Т.Н., Менякина А.Г. Получение растительных гранулированных добавок с помощью экструдирования и их влияние на содержание кальция и фосфора у высокопродуктивных коров // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 36-40.

Original article

**EXTRUSION-BASED PRODUCTION OF PLANT-DERIVED GRANULATED
SUPPLEMENTS AND THEIR EFFECT ON CALCIUM AND PHOSPHORUS LEVELS
IN HIGH-YIELDING COWS**

¹Natal'ya I. Yarovan, ¹Tat'yana N. Fyodorova, ²Anna G. Menyakina
¹Oryol State Agrarian University, Oryol region, Oryol, Russia
²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. This article presents experimental results on the extrusion of white lupine grain of the variety “Michurinsky”. The lupine grain, ground in a grain mill, was moistened in a large container to a moisture contents of 10–15% of the raw material volume. The grain was then passed through a KESH-1 single-screw feed extruder, model EK-TU 28.93.13.001–21520712–2017, with a capacity of 30–50 kg/h and a power consumption of 5.7 kW at a controlled maximum temperature of 116°C. The moistened grain mass is compacted in the extruder, and at the outlet, following high-pressure exposure, it abruptly expands. The product is formed into a tube with thin walls up to 2 mm. Next, the extruded product was mixed with fresh pine needles, fed into a granulator and granulated. The resulting granules had 4 mm diameter and were up to 5 mm long. Including granulated biologically active feed supplements made from extruded white lupine and pine needles in the cows' diet, in addition to the farm's regular diet, increased total calcium levels to optimal values. By the end of the experiment, the difference between the control and group 3 was 17%, while the difference between experimental groups 1 and 3 was 9%. Inorganic phosphorus contents before and during the

experiment in all groups was at the lower physiological norms; however, with the use of the proposed supplements, its value increased and reached optimal levels. On the 30th day of the experiment the difference between the control and group 3 was -25.7 %, and between groups 1 and 3 it was -16.3%.

Keywords: mineral metabolism, Holstein cows, industrial maintenance, extruded lupine, pine needles, extrusion.

For citation: Yarovan N.I., Fyodorova T.N., Menyakina A.G. Extrusion-based production of plant-derived granulated supplements and their effect on calcium and phosphorus levels in high-yielding cows // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 36-40.

Введение. Нарушения в минеральном обмене являются одним из мощных факторов, препятствующих реализации генетически детерминированной высокой продуктивности дойных коров. Такие нарушения объясняются продолжительным недостаточным поступлением минеральных элементов в организм животного с кормами. Использование несбалансированных рационов высокоудойным коровам по отдельным минеральным элементам способствует развитию серьезных патологий и снижению молочной продуктивности. В разные периоды жизни коров каждый отдельный минеральный элемент играет особую роль в состоянии физиолого-биохимического статуса. В качестве маркеров состояния организма животного, протекания обменных процессов, а в частности минерального обмена, используются показатели крови [1,2].

В животном организме макроэлемент кальций участвует в регуляции мышечной деятельности, способствует увеличению защитной функции, снижая мембранную проницаемость вредных соединений и усиливая фагоцитарную активность лейкоцитов, и обеспечивает лучшее функционирование целлюлозолитических бактерий, находясь в комплексе с витамином D. [3,4].

Большое сродство кальция и белков обеспечивает устойчивость коллоидного состояния белков. треть от общего количества кальция в сыворотке крови не диффундирует, а это значит, что 0,8 миллимоля кальция, содержащегося в 1 литре сыворотки, находится в связанном состоянии с белком. Даже при содержании кальция менее 1 мг в 100 г сыворотке крови активируется фермент протромбиназа, вследствие чего из протромбина образуется тромбин. Потребности кальция лактирующим коровам с живой массой 600 кг при жирномолочности -3,5 % представлен в трудах Васильевой С.В. [5].

Фосфор является одним из основных эссенциальных элементов организма животных и тесно связан с обменом кальция, по уровню неорганического фосфора судят и о кальциевом обмене. Оптимальное соотношение этих элементов особенно важно для лактирующих коров, так как фосфор участвует в образовании жира молока. В кишечнике фосфорилирование обеспечивает абсорбцию жирных кислот с образованием лецитинов. Фосфор участвует в формировании костей и мышц, обмене углеводов, липидов и энергии, входит в состав АТФ и участвует в биосинтезе белка. В организме животных он представлен неорганическими фосфатами и органическими соединениями: фитатами, фосфолипидами и фосфопротеидами. Исследованиями М. Ф. Томма установлено, что 1 кг молока способен выделить около 1 г фосфора, в связи, с чем для производства 1-го кг молока корова должна получить с кормом от 3,2 до 3,5 г фосфора.

Большинство исследований на коровах сосредоточено на потребностях в белке и энергии, тогда как микроэлементы часто недооцениваются, что приводит к нарушениям минерального обмена из-за взаимодействия минералов в кормах и воде. Для повышения минерального обмена и молочной продуктивности актуально применение специализированных кормовых добавок. Подбор их состава и дозировки требует анализа крови, так как усвоение минеральных веществ у коров оценивают по биохимическому составу сыворотки крови. В связи с этим изучение биохимического состава крови дойных коров с целью оценки минерального обмена является актуальной задачей животноводства. [6-12].

Цель исследований – получить растительные гранулированные добавки с помощью экструдирования и выявить влияние включения дополнительно к основному рациону хозяйства кормовых гранулированных добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны на содержание кальция и фосфора в крови у высокоудойных коров голштинской породы в условиях промышленного комплекса при привязном содержании в зимний стойловый период.

Задачи исследования: 1. Получить растительные гранулированные добавки с помощью экструдирования люпина белого и дальнейшего его гранулирования;

2. Изучить содержание кальция и фосфора в сыворотке крови лактирующих коров при привязном содержании в зимний стойловый период;

3. Проанализировать изменения уровня ионов кальция и фосфора у коров при включении в рацион минеральных кормовых гранулированных добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к основному рациону хозяйства.

Методы исследований. Эксперимент проводили на базе ООО «Стрелецкое», Орловской области, д. Истомино.

В проводимом эксперименте изучали сыворотку крови коров, которую получали при использовании вакуумных систем с активатором свертывания крови. Сыворотку крови исследовали с помощью автоматического биохимического анализатора «EOS Bravo forte» (Производитель: Hospitex Diagnostics, Италия) на показатели общего кальция и неорганического фосфора с использованием наборов реактивов Диакон-ДС.

Экструзию и гранулирование зерна для улучшения использования зерновых добавок при кормлении проводили с учётом данных исследований Погосяна Д. Г. [11]

Для проведения исследований были сформированы по принципу пар - аналогов 4 группы коров 2-й лактации по 5 голов в каждой.

1. Коровам первой группы (контрольной) давали основной корм хозяйства;
2. Коровам второй группы (опытной №1) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого в количестве 2000г на гол.;
3. Коровам третьей группы (опытной №2) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого (в количестве 1750г) и хвои сосны (в количестве 150 гр.), что составило их общее количество 2000г на голову.
4. Коровам четвертой группы (опытной №3) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого (в количестве 1800г) и хвои сосны (в количестве 200 гр.), что составило их общее количество 2000г на голову.

До начала кормления минеральными кормовыми гранулированными добавками из экструдированного люпина белого и хвои сосны в дополнение к рациону хозяйства и далее каждые 10 дней на протяжении месяца, забирали кровь из хвостовой вены. В эксперименте использовали стандартные, общепринятые методики [13].

Результаты собственных исследований. В эксперименте проводили экструдирование зерна люпина белого сорта «Мичуринский». Измельченное в зернодробилке зерно люпина увлажняли в большой емкости из расчета влаги 10–15% от объёма сырья. Затем пропускали через кормовой одноструевый экструдер марки КЭШ-1, модель ЭК-ТУ 28.93.13.001–21520712–2017, производительностью 30–50 кг/ч, потребляемой мощностью 5,7 кВт, при контролируемой максимальной температуре, которая достигала 116°C. В экструдере увлажненная масса зерна трамбуется и на выходе после воздействия высокого давления резко вспучивается. Продукт образуется в виде трубочки с тонкими стенками до 2мм (рис 1), далее проводили смешивание экструдированного продукта со свежей хвоей сосны, пропускали через гранулятор, продукт гранулируется, и в результате получали гранулы диаметром 4мм и длиной до 5 мм (рис 2).



Рисунок 1. Процесс экструдирования



Рисунок 2. Гранулированный продукт

При контролируемой температуре до 116°C и образующемся в шнеке давлении и трении образуется гомогенная масса, которая на выходе подвергается резкому снижению температуры и давления, что сопровождается вспучиванием (взрывом). Полученный продукт на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны был использован в эксперименте, направленном на повышение показателей кальция и фосфора в сыворотке крови дойных коров, результаты представлены в таблице 1.

Данные исследований сыворотки крови животных до начала эксперимента показали, что содержание кальция в среднем составило - 2,1 ммоль/л, что было равно ниже нижней границе физиологической нормы, содержание неорганического фосфора находилось в пределах физиологической нормы 1,8 ммоль/л. Однако, при этом было нарушено кальциево-фосфорное соотношение во всех пробах крови (таблица 2). Учитывая, что соотношение кальция к фосфору должно равняться в норме 1,5–1,8 у. е., в организме следует регулировать это соотношение.

Таблица 1. Содержания кальция и фосфора в сыворотке крови коров при скармлировании гранулированных кормовых добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны, (M±m).

Опытные группы	Физиологическая норма показателя, ммоль/л	До начала кормления	На 10-й день кормления	На 20-й день кормления	На 30-й день кормления
Контроль, (ОР)	Кальций (Ca ²⁺) 2,5 – 3,80	2,1±0,01	3,0±0,22	2,8±0,18	2,9±0,38
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	1,8±0,06	1,7±0,05	1,9±0,09	1,8±0,03
Группа №1, ОР + ЭкГЛБ 2000г	Кальций (Ca ²⁺) 2,5 – 3,80	2,1±0,01	2,9±0,21	3,0±0,05	3,2±0,04
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	1,9±0,17	2,1±0,09	2,2±0,24	2,0±0,15
Группа №2, ОР + ЭкГЛБ+ХС (150г) 2000г	Кальций (Ca ²⁺) 2,5 – 3,80	2,3±0,02	3,0±0,08	3,2±0,04	3,4±0,11
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	2,0±0,26	2,1±0,16	2,1±0,09	2,4±0,11
Группа №3, ОР +ЭкГЛБ+ХС (200г) 2000г	Кальций (Ca ²⁺) 2,5 – 3,80	2,2±0,03	3,1±0,05	3,3±0,10	3,5±0,07
	Фосфор (P) 1,45 – 2,49	1,4±0,13	2,0±0,06	2,2±0,09	2,4±0,18

Таблица 2. Показатели кальциево-фосфорного соотношения в крови голштинских коров.

Физиологическая норма показателя, ммоль/л	Опытные группы	До начала кормления	На 10-й день кормления	На 20-й день кормления	На 30-й день кормления
Кальций: Фосфор, 1,5-1,8 у.е	Контроль	1,2	1,4	1,4	1,4
	Опыт 1 (ЭкГЛБ)	1,1	1,4	1,4	1,6
	Опыт 2 ОР+ЭкГЛБ+ХС(150г) 2000г	1,1	1,4	1,5	1,5
	Опыт 3 ОР+ЭкГЛБ+ХС(200г) 2000г	1,5	1,6	1,5	1,6

Включение в рацион коров гранулированных биологически активных кормовых добавок из экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к рациону хозяйства привело к увеличению до оптимальных значений содержание общего кальция. В опытной группе № 1 его содержание стало выше на 3,2 ммоль/л (34,3%); опытной группе № 2 на -3,4 ммоль/л (32,8%); опытной группе № 3 на -3,5 ммоль/л (38,6, %) относительно начала кормления. К концу эксперимента разница между контролем и группой №3 составила 17%, а разница между опытной группой №1 и №3—9%.

Содержание неорганического фосфора до начала эксперимента и на протяжении исследования во всех группах соответствовало нижним физиологическим нормам, однако, при использовании предлагаемых добавок его значение увеличилось и достигло оптимальных значений. Разница между контролем и группой №3 на 30-ый день эксперимента составила -25,7%, группами №1 и №3 составила 16,3%. В конце опыта во всех опытных группах соотношение кальция и фосфора в среднем составило 1,6 у. е., что значительно приблизило их соотношение к середине физиологической нормы.

Вывод. Результаты анализа минерального профиля сыворотки крови выявили положительную динамику по изучаемым показателям при скармливании коровам предлагаемой добавки. Включение гранулированной добавки на основе экструдированного люпина белого (1800г) и хвои сосны (200г) в общем количестве 2000г на голову дополнительно к основному рациону хозяйства (опытная группа № 3) позволило привести показатели минеральных элементов кальция и фосфора сыворотки крови к верхним физиологическим нормам. Дефицит общего кальция был устранен за счет включения изучаемых минеральных добавок.

Список источников

1. Оценка и оптимизация минерального обмена лактирующих коров / С.Н. Белова, О.В. Смолоская, В.А. Плешков, А.В. Семечкова // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3 (39). С. 46-54.
2. Показатели минерального обмена в послелетельный период при разной воспроизводительной способности коров / А.А. Соломахин, О.С. Митяшова, Р.А. Рыков и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 46-49.

3. Значение компонентов полноценности кормления лактирующих коров / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 65-70.
4. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у крупного рогатого скота / М.Н. Мусаева, А.А. Алиев, А.Ю. Алиев и др. // Ветеринария. 2021. № 9. С. 45-47.
5. Васильева С.В. Исследование минерального обмена у коров с разной молочной продуктивностью // Академическая публицистика. 2019. № 12. С. 264-266.
6. Эффективность применения белкового концентрата в рационах высокопродуктивных коров / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 2 (187). С. 15-25.
7. Обмен веществ коров при скармливании премиксов на основе лесной биомассы и природных минералов / В.А. Терещенко, Е.А. Иванов, Ю.Г. Любимова и др. // Ветеринария и кормление. 2022. № 3. С. 66-70.
8. Профилактика нарушений минерального обмена у высокопродуктивных коров в период сухостоя / А.И. Саханчук, Е.Г. Кот, Т.Г. Козинец и др. // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47, № 2. С. 256-265.
9. Effects of injectable calcitriol on mineral metabolism and postpartum health and performance in dairy cows / G. Vieira-Neto, R. Negro, M. Zimpel et al. // Journal of Dairy Science. 2021. Volume 104, Issue 1. pp. 683-701.
10. Применение белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки в кормлении лактирующих коров / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Главный зоотехник. 2021. № 3 (212). С. 14-27.
11. Погосян Д.Г. Использование защищенного протеина в кормлении крупного рогатого скота: монография. Пенза:РИО ПГСХА, 2011. 142 с.
12. Mineralnyj obmen u laktiruyushchih korov pri ispolzovanii sapropelya i defekata (Mineral metabolism in lactating cows using sapropel and defecation) / M.V. Bazylev, D.T. Sobolev, E.A. Lyovkin et al. // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2019. T. 54, No 1. pp. 200-207.
13. Малявко И. В., Гамко Л.Н., Малявко В.А. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве. СПб.: Изд-во «Лань», 2022. 180 с.

Информация об авторах:

Н.И. Ярован - доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, n.yarovan@yandex.ru.

Т.Н. Федорова – аспирант ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, tatyana-fedor2014@yandex.ru.

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

Information about the authors:

N.I. Yarovan - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry Oryol State Agrarian University, n.yarovan@yandex.ru.

T.N. Fyodorova - Postgraduate Student Oryol State Agrarian University, tatyana-fedor2014@yandex.ru.

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

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 21.01.2026, принята к публикации 28.01.2026.

The article was submitted 12.01.2026, approved after reviewing 21.01.2026, accepted for publication 28.01.2026.

© Ярован Н.И., Федорова Т.Н., Менякина А.Г.

Научная статья
УДК 636.4.082.262

МОНИТОРИНГ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХПОРОДНЫХ СВИНОМАТОК ИЗ ПЛЕМЕННОГО РЕПРОДУКТОРА В УСЛОВИЯХ ТОВАРНОГО КОМПЛЕКСА

¹Виктор Анатольевич Дойлидов, ²Анна Георгиевна Менякина,

¹Валентина Петровна Ятусевич, ¹Елена Александровна Долженкова

¹УО Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины,
г. Витебск, Республика Беларусь

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

Аннотация. В условиях промышленной технологии товарного свиноводческого комплекса в Витебской области Республики Беларусь проведен мониторинг воспроизводительных качеств племенных двухпородных свиноматок сочетания ЛхЙ, с установлением, как возрастных особенностей изменения уровня продуктивности, так и влияния на него используемых при скрещивании пород хряков-производителей. Полученные результаты позволили сделать вывод, что свиноматки в целом показали высокий уровень воспроизводительных качеств. Вместе с тем, были установлены, как возрастные особенности продуктивности маток, так и особенности влияния, оказываемого на их продуктивность хряками разных пород при скрещивании. Так, показатели воспроизводительных качеств свиноматок ЛхЙ повышаются с возрастом, достигая максимума на 3-4 опоросах и проявляя в дальнейшем тенденцию к снижению, которая выражается в достоверном уменьшении многоплодия на 1,2 гол. и 2,6 гол. ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$) на 5 и 6 опоросах, соответственно, достоверном снижении удельного веса живорожденных поросят на 6 опоросе на 7,3 п. п. ($P \leq 0,05$), а также тенденции к снижению с возрастом количества отнятых от маток от 10,5 гол. до 10,1 гол. Наиболее высоким было многоплодие двухпородных свиноматок ЛхЙ, осемененных спермой хряков породы ландрас – оно составило 14,7 гол. При скрещивании с хряками породы йоркшир оно понизилось – на 0,4 гол., а при осемененных спермой хряков породы дюрок достоверно снизилось на 0,8 гол. ($P \leq 0,05$). Отмечено также достоверное снижение среднесуточных приростов поросят-сосунов в сочетаниях (ЛхЙ)xD и (ЛхЙ)xY на 8 г и 14 г ($P \leq 0,05$), соответственно.

Ключевые слова: свиноматки, поросята, воспроизводительные качества, ландрас, йоркшир, дюрок.

Для цитирования: Мониторинг использования двухпородных свиноматок из племенного репродуктора в условиях промышленного комплекса / В.А. Дойлидов, А.Г. Менякина, В.П. Ятусевич, Е.А. Долженкова // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 41-46.

Original article

MONITORING THE USE OF TWO-BREED SOWS FROM A BREEDING REPRODUCER IN COMMERCIAL COMPLEX CONDITIONS

¹Viktor A. Doylidov, ²Anna G. Menyakina.

¹Valentina P. Yatusевич, ¹Elena A. Dolzhenkova

¹Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus

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

Abstract. In the conditions of industrial technology of a commercial pig-breeding complex in the Vitebsk region of the Republic of Belarus, monitoring of the reproductive qualities of breeding two-breed sows of the LxY combination was carried out with the establishment of both age-related characteristics of changes in the level of productivity and the influence of the breeding boars used in crossing the breeds on it. The results obtained allowed us to conclude that the sows demonstrated a high level of reproductive performance overall. At the same time, age-related differences in sow productivity were identified, as well as the influence of boars of different breeds on their productivity when crossbred. Thus, the reproductive performance indicators of LxY sows increase with age, reaching a maximum at parities 3-4 and subsequently showing a downward trend, which is expressed in a reliable decrease in multiple pregnancy by 1,2 heads and 2,6 heads ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$) at parities 5 and 6, respectively, a reliable decrease in the proportion of live-born piglets at parity 6 by 7,3 percentage points ($P \leq 0,05$), as well as a tendency to decrease with age in the number of piglets weaned from sows from 10,5 heads to 10,1 heads. The highest prolificacy rate was observed in the two-breed LxY sows inseminated with Landrace boars' sperm – 14,7 heads. When crossed with Yorkshire boars, it decreased by 0,4 heads, and when inseminated with Duroc boars' sperm, it significantly decreased by 0,8 heads ($P \leq 0,05$). A significant decrease in the average daily gain of suckling piglets in the (LxY)xD and (LxY)xY combinations by 8 g and 14 g ($P \leq 0,05$), respectively.

Keywords: sows, piglets, reproductive performance, Landras, Yorkshire, Duroc.

For citation: Doylidov V. A., Menyakina A. G., Yatusevich V. P., Dolzhenkova E. A. Monitoring the use of two-breed sows from a breeding farm in an industrial complex // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 1 (113). P. 41-46.

Введение. Для обеспечения дальнейшего развития отрасли свиноводства, выражающегося, в конечном итоге, в повышении объемов производимой предприятиями мясной продукции, является повышение воспроизводительных качеств свиноматок, используемых в стадах промышленных свиноводческих комплексов [1- 4].

К сожалению, породы свиней, созданные и разводимые в Республике Беларусь, при многоплодии свиноматок, находящемся на уровне 10-12 поросят, не позволяют при своем использовании достигать планируемых высоких показателей производства, требуемых в настоящее время. Кроме того, ранее неоднократно отмечались случаи снижения уровня воспроизводительных качеств свиноматок при их завозе из племенных хозяйств в товарные комплексы [5-12].

В построенные в Республике Беларусь племенные репродукторы были завезены из-за рубежа животные мировых материнских пород йоркшир и ландрас со средним многоплодием на уровне 14-16 гол. А поскольку в современном свиноводстве роль чистопородного разведения заключается в создании и поддержании на должном уровне в продуктивном отношении оптимальных родительских форм для последующей организации промышленного скрещивания либо гибридизации, с участием животных завезенных пород был проведен первый этап трехпородного скрещивания – получение двухпородных свинок [13-16].

Свинки по достижении половой зрелости закупаются промышленными комплексами, пострадавшими при проведении мероприятий по борьбе с распространением АЧС, для восстановления маточного поголовья и осуществления второго этапа трехпородного промышленного скрещивания.

В каждом из таких комплексов, действующих в настоящее время, необходимо осуществлять постоянный контроль продуктивности завезенного маточного поголовья, чтобы удержать ее на уровне, достигнутом зарубежными селекционерами [17,18].

В частности, в СПК «Маяк Браславский» Браславского района Витебской области были завезены из племенного репродуктора «Рассошное» ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области двухпородные свинки ЛхЙ. В ходе их дальнейшего использования, уже в качестве свиноматок, в условиях промышленной технологии предприятия проводился регулярный учет основных показателей воспроизводительных качеств. Это позволило собрать данные для последующего анализа их продуктивности.

Целью работы было проведение мониторинга воспроизводительных качеств племенных двухпородных свиноматок ЛхЙ зарубежной селекции, используемых на промышленном свиноводческом комплексе с установлением, как возрастных особенностей изменения уровня продуктивности, так и влияния на него используемых при скрещивании пород хряков-производителей.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена в условиях в СПК «Маяк Браславский» Браславского района Витебской области. Объект исследований – двухпородные свиноматки, полученные при скрещивании пород ландрас и йоркшир, а также поросята-сосуны, полученные при скрещивании свиноматок с хряками пород Ландрас, йоркшир и дюрок, находившиеся под матками в течение подсосного периода.

Схема исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема исследований по изучению воспроизводительных качеств свиноматок при скрещивании

Породность матки	Порода хряка	Количество животных в группе, гол.	
		маток	хряков
ЛХЙ	Л	86	6
ЛХЙ	Й	17	3
ЛХЙ	Д	61	4

Технология содержания и воспроизводства стада осуществлялась соответственно нормативам, разработанным учеными РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Кормление животных осуществлялось полнорационными комбикормами СК. Предметом исследования явились показатели воспроизводительных качеств: общее количество рожденных в ходе опороса поросят, многоплодие (гол.), количество поросят при отъеме (гол.), масса гнезда при отъеме (кг). При определении сохранности поросят за подсосный период учитывалось также фактическое их количество, оставляемое под свиноматками после формирования гнезд. Источ-

ником данных для проведения анализа служили документы зоотехнического учета – станковые карточки свиноматок и журналы учета опоросов и приплода.

Материалы проведенных исследований обработаны биометрически. Значимость разницы определена по критерию Стьюдента при трех уровнях: $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$. При проведении мониторинга воспроизводительных качеств племенных двухпородных свиноматок использовали стандартные, общепринятые методики исследований [18,19].

Результаты и обсуждение. Поскольку показатели воспроизводительных качеств в значительной степени определяются возрастом свиноматок. Динамика продуктивности двухпородных маток ЛхЙ разного возраста. представлена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Воспроизводительные качества свиноматок в зависимости от их возраста

Порядковый номер опороса маток	n	Родилось всего, гол.	Многоплодие, гол.	Удельный вес живорожденных, %	Сохранность поросят к отъему, %
1	108	14,5±0,30***	13,4±0,28***	92,2±0,85	86,2±0,80
2	100	15,8±0,28	14,8±0,25	93,8±0,60	87,1±1,06
3	101	16,6±0,36	15,4±0,31	93,4±0,77	86,5±1,14
4	97	16,4±0,38	14,9±0,34	91,4±0,65	87,0±1,31
5	42	15,7±0,57	14,2±0,50*	92,1±3,56	86,8±1,58
6	25	15,1±0,85	12,8±0,81**	86,5±3,24*	87,6±1,84

Примечание – здесь и далее значимая разница между меньшими и наибольшим значениями показателя: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$.

Нами установлено, что общее количество родившихся поросят повышается у маток с возрастом от минимального значения на 1 опоросе – 14,5 гол. ($P \leq 0,001$) до максимума на 3 опоросе – 16,6 гол. (табл. 1). Затем оно имеет тенденцию к постепенному снижению к 6 опоросу на 0,2-1,5 гол. Наибольшим многоплодием характеризовались матки третьего опороса, превосходя более молодых животных на 0,6-2,0 гол., а более старших – на 0,5-2,6 гол. При этом разница между матками третьего опороса и первоопоросками, а также матками пятого и шестого опоросов была достоверной ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$).

Показатель удельного веса живорожденных поросят колебался незначительно у маток с 1 по 5 опоросы – в пределах 93,4-91,4 п. п., однако на 6 опоросе резко и достоверно снизился на 7,3 п. п. ($P \leq 0,05$), в сравнении с максимальным значением у маток 2 опороса.

Сохранность поросят с 1 по 6 опорос имела незначительные колебания в пределах 86,2-87,6 % без достоверных различий.

Таблица 2 – Скорость роста поросят в зависимости от возраста маток

Количество опоросов у маток	n	Отнято поросят, гол.	Масса гнезда в 30 дн., кг	Масса 1 гол. в 30 дн., кг	Среднесуточный прирост, г
1	108	10,5±0,09	88,6±1,06	8,5±0,06	248±2,0
2	100	10,4±0,11	91,4±1,25	8,8±0,07	260±2,4
3	101	10,3±0,12	89,9±1,43	8,7±0,07	257±2,4
4	97	10,2±0,13	89,3±1,57	8,7±0,10	257±3,2
5	42	10,2±0,18	85,9±2,79	8,4±0,18	245±6,0
6	25	10,1±0,21	87,9±2,08	8,7±0,17	256±5,8

Установлено, что разница в количестве отнятых от маток поросят была несущественной с колебаниями у маток с разным количеством опоросов от 10,5 гол. до 10,1 гол., однако с тенденцией к снижению с возрастом. Наиболее медленно росли поросята под матками 5 опороса, при этом масса гнезда оказалась меньше максимального значения по маткам 2 опороса на 5,5 кг, масса 1 гол. при отъеме – меньше на 0,4 кг, а среднесуточный прирост за подсосный период – на 15 г, хотя и без достоверных различий. У маток же шестого опороса отмечается повышение показателей массы поросят и их среднесуточного прироста до уровня животных 3-4 опоросов, что объясняется проведением выбраковки маток после 5 опороса по массе полученных к отъему поросят.

На показатели воспроизводительных качеств свиноматок может оказывать влияние не только породная принадлежность самих животных и их возраст, но и используемое межпородное сочетание (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Воспроизводительные качества двухпородных свиноматок при скрещивании с хряками разных пород

Породность маток	Порода хряка	n	Родилось всего, гол.	Многоплодие, гол.	Удельный вес живорожденных, %	Сохранность поросят, %
ЛхЙ	Л	336	16,1±0,20	14,7±0,18	92,1±0,48	87,1±0,59
ЛхЙ	Й	24	16,1±0,83	14,3±0,69	89,9±1,90	87,9±1,99
ЛхЙ	Д	121	15,0±0,83	13,9±0,36*	92,5±1,60	86,3±1,03

Выявлено, что общее количество родившихся поросят было наиболее высоким при скрещивании двухпородных маток с хряками пород ландрас и йоркшир и имело тенденцию к снижению на 1,1 гол. при их сочетании с производителями породы дюрок (табл. 3). Многоплодие свиноматок ЛхЙ, осемененных спермой хряков породы ландрас, составило 14,7 гол. и было наиболее высоким из используемых вариантов скрещивания. При скрещивании с хряками породы йоркшир оно незначительно понизилось – на 0,4 гол., а использование в скрещивании породы дюрок привело к достоверному его снижению на 0,8 гол. ($P \leq 0,05$).

На показатели удельного веса живорожденных поросят и на их сохранность за подсосный период скрещивание не оказало существенного влияния.

Таблица 4 – Скорость роста поросят под свиноматками при скрещивании с хряками разных пород

Породность маток	Порода хряка	n	Отнято поросят, гол.	Масса гнезда в 30 дн., кг	Масса 1 гол. в 30 дн., кг	Среднесуточный прирост, г
ЛхЙ	Л	336	10,3±0,06	90,1±0,74	8,7±0,05	258±1,5
ЛхЙ	Й	24	10,5±0,24	88,3±3,16	8,3±0,17*	244±5,6*
ЛхЙ	Д	121	10,4±0,12	88,5±1,62	8,5±0,09	250±3,1*

Очевидно, что при тенденции к повышению количества отнятых поросят – на 0,1-0,2 гол., в сравнении с возвратным скрещиванием (ЛхЙ)хЛ, использование в скрещивании хряков пород йоркшир и дюрок позволило выявить обратную тенденцию в отношении скорости роста поросят, выразившуюся в снижении массы гнезда при отъеме на 1,6-1,8 кг, а среднесуточные приросты поросят в сочетаниях (ЛхЙ)хД и (ЛхЙ)хЙ были достоверно ($P \leq 0,05$) ниже на 8 г и 14 г, соответственно, чем в сочетании (ЛхЙ)хЛ.

Полученные данные согласуются с утверждением, основанном на результатах исследований, проводившихся ранее, что не всякий вариант подбора пород при скрещивании обязательно дает эффект гетерозиса, который при этом может проявляться у помесей лишь в части полезных признаков, а остальные показатели – занимать промежуточное положение или даже снижаться [2,4].

Вывод. Проведенный сравнительный анализ позволил сделать следующие заключения:

1. При использовании в условиях интенсивной промышленной технологии товарного свиноводческого комплекса двухпородные свиноматки ЛхЙ в целом показали высокий уровень воспроизводительных качеств. Вместе с тем, были установлены, как возрастные особенности продуктивности маток, так и особенности влияния, оказываемого на их продуктивность хряками разных пород при скрещивании.

2. Показатели воспроизводительных качеств свиноматок ЛхЙ повышаются с возрастом, достигая максимума на 3-4 опоросах и проявляя в дальнейшем тенденцию к снижению, которая выражается в достоверном уменьшении многоплодия на 1,2 гол. и 2,6 гол. ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$) на 5 и 6 опоросах, соответственно, достоверном снижении удельного веса живорожденных поросят на 6 опоросе на 7,3 п. п. ($P \leq 0,05$), а также тенденции к снижению с возрастом количества отнятых от маток от 10,5 гол. до 10,1 гол.

3. Наиболее высоким было многоплодие двухпородных свиноматок ЛхЙ, осемененных спермой хряков породы ландрас – оно составило 14,7 гол. При скрещивании с хряками породы йоркшир оно понизилось – на 0,4 гол., а при осемененных спермой хряков породы дюрок достоверно снизилось на 0,8 гол. ($P \leq 0,05$). Отмечено также достоверное снижение среднесуточных приростов поросят-сосунков в сочетаниях (ЛхЙ)хД и (ЛхЙ)хЙ на 8 г и 14 г ($P \leq 0,05$), соответственно, чем в сочетании (ЛхЙ)хЛ.

Список источников

1. Создание специализированных линий мясных типов и гибридизация свиней / А.Т. Мысик, И.М. Дунин, А.А. Новиков и др. // Зоотехния. 2020. № 12. С. 2-8.
2. Программа по совершенствованию племенных и продуктивных качеств свиней породы йоркшир / И.П. Шейко, А.А. Бальников, Ю.С. Казутова, И.П. Янель; рец.: М.А. Горбуков, Н.С. Яковчик; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. Жодино, 2022. 20 с.
3. Новые селекционно-генетические методы в свиноводстве Беларуси / И.П. Шейко, Т.Н. Тимошенко, Н.В. Приступа и др. // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2020. Т. 64, № 6. С. 757-768.
4. Шейко И.П. Новые пути и методы развития свиноводства в Беларуси // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2020. № 1. С. 68-78.
5. Воспроизводительные качества гибридных свиноматок при скрещивании с хряками породы дюрок / Н.П. Казанцева, О.А. Краснова, М.И. Васильева, Е.В. Хардина // Аграрный вестник Урала. 2020. № 8 (199). С. 43-50.
6. Воспроизводительные качества свиноматок и интенсивность роста свиней пород ландрас и дюрок / Н.В. Зеленецкий, М.В. Щипакин, С.Ю. Корзенников и др. // Иппология и ветеринария. 2021. № 3 (41). С. 52-56.
7. Заводские линии в белорусской крупной белой породе свиней / Е.В. Пищелка, Н.А. Лобан, О.Я. Василюк и др. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2020. № 23-1. С. 38-45.
8. Капшевич Е.А., Шейко И.П. Вариабельность показателей продуктивности и мясных качеств молодняка белорусской мясной породы свиней с прилитием крови породы ландрас // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. / Жодино: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»; гл. ред. И.П. Шейко. Жодино, 2020. Т. 55, № 1. С. 124-130.
9. Халак В. І. Рівень фенотипної консолідації ознак відтворювальних якостей та їх кореляційний зв'язок у свиноматок різної племінної цінності // Науковий вісник «Асканія-Нова». 2021. № 14. Р. 343-355.
10. Ятусевич В.П., Никитина И.А., Крюкова И.Н. Особенности воспроизводства и продуктивность свиноматок при промышленном скрещивании // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2023. Т. 59, № 1. С. 75-79.
11. Ятусевич В.П., Драчук Л.С. Продуктивность свиней датской селекции в условиях промышленной технологии // Ветеринарный журнал Беларуси. 2019. № 1 (10). С. 86-90.
12. Роль и значение племенных свиней белорусской крупной белой породы в свиноводстве Беларуси / О.Я. Василюк, И.Ф. Гридюшко, И.П. Шейко и др. // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2022. Т. 66, № 2. С. 247-256.
13. Серяков И.С., Скобелев В.В. Репродуктивные качества свиноматок белорусской крупной белой породы при скрещивании с хряками породы ландрас и дюрок // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2019. № 22-1. С. 20-25.
14. Перевойко Ж.А., Сычева Л.В. Воспроизводительные качества свиноматок породы ландрас // Свиноводство. 2020. № 4. С. 35-37.
15. Бальников А.А., Казутова Ю.С., Костомахин Н.М. Новый конкурентоспособный заводской тип свиней двинский йоркширской породы // Главный зоотехник. 2024. № 5 (250). С. 16-33.
16. Ятусевич В.П., Никитина И.А., Разуванова В.А. Репродуктивные качества свиноматок популяции свиней породы йоркшир // Ветеринарный журнал Беларуси. 2019. № 2 (11). С. 119-124.
17. Бальников А.А. Как добиться прогресса в свиноводстве Беларуси. Ч. 1. Генетика как базовый инструмент // Наше сельское хозяйство: Ветеринария и животноводство. 2022. № 6. С. 2-11.
18. Зоотехнические правила о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных [Электронный ресурс]: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 03.09.2013 № 44. - Режим доступа: https://brestplem.by/informatsiya/instruktsii/zootech_def.pdf.
19. Малявко И.В., Гамко Л.Н., Малявко В.А. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве. СПб.: Изд-во «Лань», 2022. 180 с.

Информация об авторах:

В.А. Дойлидов - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства УО ВГАВМ.

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

В.П. Ятусевич - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства УО ВГАВМ.

Е.А. Долженкова - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства УО ВГАВМ.

Information about the authors:

V.A. Doylidov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine.

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

V.P. Yatusевич - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine.

E.A. Dolzhenkova - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine.

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 18.01.2026, принята к публикации 25.01.2026.

The article was submitted 12.01.2026, approved after reviewing 18.01.2026, accepted for publication 25.01.2026.

© Дойлидов В.А., Менякина А.Г., Ятусевич В.П., Долженкова Е.А.

Научная статья

УДК 636.22/28.033:636.223

МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА АБЕРДИН-АНГУССКИХ БЫЧКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ЗЕРНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В РАЦИОНАХ**¹Валерий Егорович Подольников, ¹Леонид Никифорович Гамко,
²Иван Иванович Сидоров**¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия²Брянский филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Брянск, Россия

Аннотация. В России мясо говядины является одним из наиболее востребованных видов продукции животноводства. Мясное скотоводство способствует эффективному производству говядины в регионах, где развитие других отраслей, в силу специфических природно-климатических, экономических условий. Производство говядины путем откорма специализированного мясного скота необходимо осуществлять с учетом биологических ресурсов организма животных. Достижение высоких показателей в мясном скотоводстве возможно при обеспечении поголовья скота кормами с высокой концентрацией питательных веществ и энергии, каковыми являются зерновые концентраты. Использование при откорме бычков абердин-ангусской породы рациона с повышенным уровнем содержания зерновых концентратов способствует поступлению в организм животных обменной энергии увеличивается на 12,6 МДж, главным образом за счет увеличения уровня поступления сухого вещества и, в частности, углеводов на 276 граммов и сырого жира – на 65,4 грамма. При использовании рациона с повышенным уровнем содержания зерновой его части продуктивность бычков на откорме возрастает на 23,5%. Откорм бычков на рационе с повышенным содержанием зерновых концентратов способствует достоверному увеличению предубойной живой массы на 8,98% и убойной массы на 8,56%. Средний балл за мраморность мяса от бычков опытной группы, получавшей рацион с повышенным уровнем содержания зерновых концентратов выше, чем в контроле на 30,5 баллов (732,5 против 702,0). Использование рациона с повышенным уровнем содержания зерновых кормов способствует получению дополнительного дохода при реализации мяса с учетом категории мраморности в размере 637499,38 рублей.

Ключевые слова: рацион, зерновые корма, бычки на откорме, продуктивность, мясо, мраморность.

Для цитирования: Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Сидоров И.И. Мясные качества абердин-ангусских бычков в зависимости от уровня зерновых концентратов в рационах // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 47-52.

Original article**MEAT QUALITY OF ABERDEEN ANGUS STEERS DEPENDING ON CEREAL CONCENTRATE LEVELS IN DIETS****¹Valery Yegorovich Podol'nikov, ¹Leonid Nikiforovich Gamko, ²Ivan Ivanovich Sidorov**¹Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia²Bryansk branch of the Federal State Budgetary Institution Federal Center for Animal Health Protection, Bryansk, Russia

Abstract. Within the Russian Federation, beef ranks as one of the most highly demanded products of animal husbandry. Beef cattle breeding contributes to the efficient production of beef in regions where the development of other industries is limited due to specific natural and climatic conditions, as well as economic factors. The beef production through the fattening of specialized beef cattle must be carried out taking into account the biological resources of the animal's body. Achieving high performance in beef cattle breeding is possible by providing the livestock with feed that is highly concentrated in nutrients and energy, such as cereal concentrates. The use of a diet with a high level of cereal concentrates in the fattening of Aberdeen-Angus cattle increases the intake of metabolic energy by 12.6 MJ, mainly due to an increase in the intake of dry matter and, in particular, carbohydrates by 276 grams and crude fat by 65.4 grams. When using a diet with a high level of cereal content, the productivity of fattening cattle increases by 23.5%. Feeding bulls on a diet with a high content of cereal concentrates significantly increases their pre-slaughter live mass by 8.98% and their slaughter weight by 8.56%. The average score for marbling in the meat of bulls from the experimental group that received a diet with a high level of cereal concentrates is 30.5 points higher than in the

control group (732.5 vs. 702.0). The use of a diet with a high level of cereal feed contributes to an additional income of 637,499.38 rubles when selling meat based on the marbling category.

Keywords: diet, cereal feed, fattening bulls, productivity, meat, marbling.

For citation: Podolnikov V.E., Gamko L.N., Sidorov I.I. Meat quality of Aberdeen angus steers depending on cereal concentrate levels in diets // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 47-52.

Введение. В настоящее время одна из важнейших задач агропромышленного комплекса – это повышение производства и качества продуктов питания для максимального удовлетворения потребностей в них населения с разным уровнем финансовых возможностей, что, соответственно, будет способствовать формированию и укреплению продовольственной безопасности нашей страны в целом.

В состав мяса крупного рогатого скота входит большое количество полезных веществ: белки, жиры, витамины, микро- и макроэлементы, а также различные аминокислоты и биологически активные вещества.

Все эти вещества, главным образом, должны поступать в организм животного с кормом. Недостаток тех или иных элементов питания негативно сказывается на состоянии здоровья, накопление и физиологической функциональности этих элементов в организме, а значит и на продуктивных качествах животных.

Достижение высоких показателей при производстве мяса говядины возможно лишь при максимальном обеспечении откармливаемого скота кормами высокого качества, сбалансированности рациона по энергии и основным питательным веществам [1, 2].

На выход и качество мясной продукции откармливаемого молодняка крупного рогатого скота мясных пород существенное влияние оказывает уровень содержания в рационах зерновых концентратов в сочетании с объемистыми кормами. Зерновые концентраты являются высокоэнергетическими кормами с высоким содержанием легкопереваримых питательных веществ [3, 4].

Цель исследований – изучить влияние разного уровня зерновых кормов в составе рационов бычков на откорме абердин-ангусской породы на их мясную продуктивность и качество мяса.

Методика проведения исследований. Исследования по изучаемой теме проводились в условиях Агропромышленного Холдинга «Мираторг». Для проведения научно-хозяйственного опыта по методу аналогичных групп было сформировано 2 группы бычков абердин-ангусской породы, предназначенных для откорма на мясо, по 13 голов в каждой группе. Группы формировали с учетом возраста и живой массы подопытных бычков. Разница между аналогами по возрасту не более 5 дней, а по живой массе – на более 3 кг. В АПХ «Мираторг» на откорм бычков ставят в примерно возрасте 11-12 месяцев. При формировании групп откорма, больших различий по возрасту старались не допускать. Максимальные различия внутри группы составляют не более 1 месяца. Средняя живая масса бычков на начало опыта составила 353,8 кг. Продолжительность опыта – 180 дней.

Отличительная особенность откорма между контрольной и опытной группой заключалась в том, что бычкам опытной группы использовали рацион с повышенным содержанием зерновых концентратов, по сравнению с контрольной группой. В среднем за период опыта бычки контрольной группы получали по 11,0 кг силоса кукурузного, 7 кг зерна плющенной кукурузы, 1 кг рапсового шрота и 0,28 кг премикса. Бычкам опытной группы изменили в составе рациона содержание силоса, уменьшив его с 11 кг до 8,5, а содержание зерна кукурузы, напротив, увеличили с 7 до 11,3 кг. Количество в рационе шрота рапсового и премикса оставалось таким же, как и в контрольной группе.

При изменении состава рациона для откорма бычков в сторону увеличения в нем зерновых кормов значительно увеличивается содержание обменной энергии на 12,6 МДж по сравнению с рационом контрольной группы (126 МДж в опытной группе против 114,4 в контроле). Также более чем в 2 раза увеличилось количество сухого вещества, жира на 65,4 грамма, крахмала на 276 грамм.

По завершению откорма подопытных бычков взвешивали и определяли их валовой и среднесуточный прирост живой массы за весь период опыта. Затем был произведен убой животных и изучены мясные качества – убойный вес, убойный выход, мраморность мяса с определением категории мраморности. Экономическую оценку проведенных исследований определяли с учетом цены реализации мяса в зависимости от категории мраморности.

Результаты исследований. В технологическом процессе производства продуктов животноводства кормление занимает центральное место. Достижение высоких показателей продуктивности животных не представляется возможным без соответствующего уровня обеспеченности рационов энергией и основными элементами питания.

На сегодняшний день основными задачами кормопроизводства является обеспечение животноводческого комплекса высококачественными кормами в соответствии с зоотехническими нормами

кормления; повышения питательной ценности и качества кормов, использование ресурсосберегающих технологий при производстве и использовании кормов [5, 6].

По сравнению со скотом молочных пород, мясной скот менее прихотлив к условиям кормления и содержания. Однако это не означает, что для повышения продуктивных качеств мясному скоту не требуется улучшение условий кормления.

В нашем эксперименте доказана целесообразность повышения уровня энергетического питания откормочного молодняка абердин-ангусского скота за счет повышения уровня зерновых концентратов в их рационе (табл.1).

Таблица 1 – Показатели прироста живой массы подопытных бычков

Показатели	Группы	
	Контрольная	Опытная
Живая масса на начало опыта, кг	353,8 ± 0,99	353,8 ± 0,95
Живая масса в конце опыта, кг	622,3 ± 12,09	685,5 ± 20,72*
Валовой прирост живой массы, кг	268,5 ± 12,21	331,7 ± 20,88*
Среднесуточный прирост живой массы, г	1492 ± 67,82	1842 ± 116,00*
% к контролю	100,00	123,50

*P<0,05

За период проведения научно-хозяйственного опыта валовые и среднесуточные приросты живой массы достоверно были достоверно выше в опытной группе на 23,5%, по сравнению с контрольной группой.

Следовательно, повышенный уровень кормления бычков на откорме способствует более высокой скорости роста живой массы, особенно при зерновом откорме.

В конце откорма подопытных бычков, по результатам контрольного убоя были определены некоторые мясные качества этих животных – убойный вес, убойный выход, масса туши после охлаждения (табл. 2).

Таблица 2 – Мясная продуктивность подопытных бычков

Показатели	Группы	
	Контрольная	Опытная
Предубойная живая масса, кг	596,6 ± 12,27	650,2 ± 19,04*
Убойная масса, кг	339,3 ± 7,87	368,9 ± 12,32
Убойный выход, %	56,9 ± 0,32	56,7 ± 0,39
Масса туши после охлаждения	334,1 ± 7,68	363,2 ± 12,15

После 24-часовой голодной выдержки предубойная живая масса бычков опытной группы была достоверно выше, чем в контроле на 8,98%. Соответственно убойный вес был также выше на 8,56%. Однако убойный выход в контрольной и опытной группах был практически одинаковым – 56,9 и 56,7% соответственно.

После охлаждения в камере при температуре +4 - +80С в течение 2-х суток, средняя масса туш в контрольной и опытной группах снизилась примерно на 1,5%. Т.е. на усыхание туш изменения в рационе влияние не оказали.

Успех откорма мясного скота характеризуется не только количественными, но и качественными показателями, в первую очередь «мраморностью» мяса. «Мраморность» — вкрапления внутримышечного жира в мясе, характерные для говядины от бычков мясных пород, прошедших специальный откорм [7,8].

В большинстве стран мраморность определяется по системе USDA*. Это общепризнанная система определения мраморности говядины. Для определения мраморности говядины камера-сканнер автоматически подсчитывает количество очков мраморности на срезе мышцы между 12 и 13 грудными позвонками. Затем сравнивает мраморность с эталонными образцами градации USDA и присваивает один из 4 грейдов (классов, категорий).

Принцип работы камеры: определение мраморности происходит между 12 и 13 ребром; срез зачищается и сканируется камерой; снимок автоматически заносится в систему; программа сравнивает срез с более чем тысячей эталонных образцов; оценка производится по трем параметрам - количество жировых вкраплений, площадь отруба и жировой полив. В результате мясу присваивается определенный грейд: Select – уровень, получивший по шкале камеры-сканера (VBG) до 400 баллов; Choice – от 400 до 700 баллов; Prime – от 700 до 900 баллов; Singature – свыше 900 баллов.

Мясо категории Choice можно получить при продолжительности откорма скота до 100 дней. Категории Prime можно получить мясо при откорме бычков продолжительностью 200-300 дней.

Образцы мяса говядины разной категории (грейдов) мраморности представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Образцы мяса говядины разной категории (грейдов) мраморности

Результаты определения мраморности мяса от подопытных бычков (индивидуально по каждому бычку) в нашем эксперименте представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Категории (грейды) мраморности мяса от подопытных бычков

Контрольная группа			Опытная группа		
№ п/п	мраморность мяса в баллах	категория мраморности	№ п/п	мраморность мяса в баллах	категория мраморности
1.	819	Prime	1.	913	Signature
2.	827	Prime	2.	861	Prime
3.	805	Prime	3.	650	Prime
4.	871	Prime	4.	672	Prime
5.	728	Prime	5.	855	Prime
6.	811	Prime	6.	780	Prime
7.	437	Choice	7.	747	Prime
8.	702	Prime	8.	761	Prime
9.	676	Prime	9.	646	Choice
10.	418	Choice	10.	737	Prime
11.	822	Prime	11.	796	Prime
12.	669	Prime	12.	546	Choice
13.	541	Choice	13.	558	Choice
$\bar{X} \pm m$	702,0 ± 41,91	-	$\bar{X} \pm m$	732,5 ± 31,84	-

В контрольной группе мясо от 3-х бычков получило категорию мраморности Choice (от 400 до 700 баллов), а мясо остальных бычков получило более высокую категорию Prime (от 700 до 900 баллов). Средний балл за мраморность в этой группе составил 702,0.

В опытной группе также мясо от 3 -х бычков получило категорию Choice, от 9 бычков – Prime и от 1 бычка – Signature (свыше 900 баллов). Средний балл в опытной группе составил 732,5, что на 30,5 баллов или на 4,3% выше, чем в контроле.

Следует отметить, что среди подопытных бычков ни в контрольной, ни в опытной группах самой низкой мраморности Select не установлено вообще.

В наших исследованиях экономическую оценку применения разных рационов при откорме бычков абердин-ангусской породы рассчитывали с учетом затрат на корма за весь период откорма и цены реализации произведенного мяса от подопытных бычков по категориям его мраморности.

В таблице 4 представлены расчеты получения условной прибыли от реализации мяса подопытных бычков и условный дополнительный доход в опытной группе.

Расчеты показывают, что при увеличении затрат в опытной группе за счет увеличения в составе рациона зерновой его части, на 6388,92 рублей в расчете на откорм 1 бычка или на 83055,96 рублей на все поголовье в группе, за счет повышения продуктивности животных и улучшения качественных показателей (мраморности) мяса при его реализации от всего поголовья в группе, можно получить условный дополнительный доход в размере 637499,38 рублей.

Таблица 4 - Экономическая оценка проведенных исследований

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Всего затрат на корма, руб./гол.	25300,80	31689,72
Общие затраты на корма для всего поголовья (n=13), руб.	328910,40	411966,36
Произведено мяса по категориям мраморности, кг:		
Choice	944,0	1142,3
Prime	3398,5	3264,6
Signature	-	314,6
Цена реализации мяса по категориям мраморности, руб.:		
Choice	660,87	
Prime	832,03	
Signature	1343,19	
Выручка от реализации мяса по категориям мраморности, руб.		
Choice	623861,28	754911,80
Prime	2827653,95	2716245,14
Signature	-	422567,57
Общая выручка от реализации мяса, руб.	3173169,17	3893724,51
Условная прибыль от реализации мяса, руб.	2844258,77	3481758,15
Дополнительный доход, руб.	-	637499,38

Таким образом, при увеличении затрат на откорм бычков абердин-ангусской породы в условиях АПХ «Мираторг» за счет повышения в рационе доли зерновых кормов, возможно повысить продуктивность животных и качественные характеристики производимой мраморной говядины.

Выводы. 1. При изменении состава рациона бычков абердин-ангусской породы на откорме в сторону увеличения его зерновой части, поступление в организм животных обменной энергии увеличивается на 12,6 МДж,

2. Использование в кормлении бычков опытной группы рациона с повышенным уровнем зерновой части валовые и среднесуточные приросты живой массы их по сравнению с контрольной группой, достоверно выше на 23,5%.

3. Предубойная живая масса бычков опытной группы была достоверно выше, чем в контроле на 8,98%. Соответственно убойный вес был также выше на 8,56%.

4. Мраморность мяса от подопытных бычков в контрольной и опытной группе по 3 туши получили категорию Choice (от 400 до 700 баллов), 10 туш в контроле и 9 в опытной группе – отнесены к категории Prime (от 700 до 900 баллов) и 1 туша в опытной группе - Signature (свыше 900 баллов). Средний балл за мраморность в контрольной группе 702,0, а в опытной 732,5 баллов.

5. Использование при откорме бычков опытной группы рациона с повышенным уровнем зерновой части, по сравнению с контрольной группой является экономически более выгодным и позволяет получить условный дополнительный доход от реализации мяса всех бычков с учетом категории мраморности в размере 637499,38 рублей.

Список источников

1. О влиянии кормовых рационов на продуктивность бычков голштино-фризской породы / Р.В. Казарян, М.В. Лукьяненко, А.Д. Ачмиз и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 158. С. 141-153.

2. Быть с кормами и зерном – значит строго следовать технологии // Наше сельское хозяйство. 2021. № 18. (266). С. 16-23.

3. Михайлова Л.Р., Лаврентьев А.Ю. Рожьсодержащие комбикорма для бычков на доразивании // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 4. С. 124-135.

4. Мясная продуктивность бычков герефордской породы при скармливании в рационах экструдированного корма / Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев, С.А. Морозов, А.Ю. Шестакин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 2. С. 148-150.

5. Погосян Д. Особенности откорма мясного скота в фермерских хозяйствах Пензенской области // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2025. № 8 (233). С. 11-19.

6. Лебедько Е.Я., Пилипенко Р.В. Брянская область – регион инновационного инвестиционного развития специализированного мясного скотоводства // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 3 (79). С. 32-38.

7. Лебедько Е.Я. Порода мясного скота вагю – новый объект для производства премиальной «мраморной» говядины // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2024. № 56. С. 313-318.

8. Иванова И.П., Юрк Н.А. Разработка ресурсосберегающей технологии производства высококачественной мраморной говядины с элементами системы управления безопасностью, основанными на принципах ХАССП // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57, № 4. С. 118-123.

Информация об авторах:

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

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

И.И. Сидоров – доктор сельскохозяйственных наук, Брянский филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Information about the authors:

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

L.N. Gamko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry, and Livestock Processing, Bryansk State Agrarian University.

I.I. Sidorov - Doctor of Agricultural Sciences, 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 15.01.2026, одобрена после рецензирования 20.01.2026, принята к публикации 26.01.2026.

The article was submitted 15.01.2026, approved after reviewing 20.01.2026, accepted for publication 26.01.2026.

© Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Сидоров И.И.

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

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

Научная статья
УДК 621.793:669.131.6

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПУТЕМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ НАПЛАВКИ
БЕЛЫМ ЧУГУНОМ**

**Евгений Николаевич Неверов, Алексей Петрович Черныш,
Анатолий Леонидович Майтаков**

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Аннотация. Современное состояние и требования в изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники определяется прежде всего надежностью функциональных узлов и поверхностей их рабочих органов. Упрочнение является эффективным методом повышения долговечности и ресурса высоконагруженных деталей, работающих в сложных условиях под воздействием агрессивных сред. В работе представлен способ повышения износостойкости рабочих органов измельчающих и перемешивающих механизмов биогазовой установки путём применения электроискровой наплавки белым нелегированным чугуном с введением недорогих легирующих добавок (водород, сера, азот). Проведены исследования химического состава чугуна и его структуры после термических обработок. Установлено, что включение в состав чугуна водорода (0,00025 - 0,00052 %), серы (0,108 - 0,110 %) и азота (0,0039 - 0,0059 %) обеспечивает диспергирование графитовых выделений и формирование повышенного содержания цементита, что способствует росту прочности и износостойкости. Экспериментальные испытания показали увеличение предела прочности материала с 300 - 380 до 410 - 470 МПа, а износостойкость наплавленного слоя возросла в 2 раза по сравнению с аналогичными образцами без упрочнения. Износ составил 43 - 60 % против 100 % у известных чугунов. Лабораторные испытания подтвердили рост долговечности обработанных деталей на 30 %, а также уменьшение времени наплавки на 15 - 20 %. Экономический анализ показал, что себестоимость упрочнённых рабочих органов в 2 - 2,5 раза ниже по сравнению с деталями, изготовленными из дорогостоящих высоколегированных сплавов. Результаты исследования подтверждают эффективность предложенной методики для снижения эксплуатационных затрат и повышения ресурса биогазовых установок.

Ключевые слова: биогазовая установка, электроискровая наплавка, белый чугун, упрочнение, износостойкость, водород, сера, азот.

Для цитирования: Неверов Е.Н., Черныш А.П., Майтаков А.Л. Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин путем электроискровой наплавки белым чугуном // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 53-59.

Original article

**IMPROVING WEAR RESISTANCE OF AGRICULTURAL MACHINE WORKING PARTS BY
ELECTRO-SPARK DEPOSITION OF WHITE CAST IRON**

Yevgeny N. Neverov, Alexey P. Chernysh, Anatoly L. Maytakov
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Abstract. The current state and requirements in the manufacture and repair of agricultural machinery are determined primarily by the reliability of the functional components and surfaces of their working parts. Hardening is an effective method of increasing the durability and service life of highly loaded parts operating in difficult conditions under the influence of aggressive environments. This paper presents a method to improve the wear resistance of shredding and mixing mechanisms in biogas plants by applying electrospark surfacing with unalloyed white cast iron alloyed with cost-effective additives such as hydrogen, sulfur, and nitrogen. The researches were conducted on the chemical composition of cast iron and its structure after heat treatments. It has been established that the inclusion of hydrogen (0.00025 - 0.00052%), sulfur (0.108 - 0.110%), and nitrogen (0.0039 - 0.0059%) in cast iron promotes the dispersion of graphite inclusions and the formation of an increased cementite content, which contributes to enhanced strength and wear resistance. Experimental investigations indicated an increase in the material's strength limit from 300-380 MPa to 410-470 MPa, and the wear resistance of the deposited coating doubled when compared to analogous samples

without hardening. The wear was 43-60% compared to 100% for known cast irons. Laboratory tests confirmed a 30% increase in the durability of treated parts, as well as a 15-20% reduction in surfacing time. The laboratory tests showed a 30 % increase in service life of the strengthened parts, as well as a 15 - 20 % reduction in processing time during deposition. Economic analysis indicated that the cost of hardened working parts is 2 - 2,5 times lower than those produced from expensive high-alloyed steels. These findings demonstrate that the proposed technique provides an efficient and low-cost solution for extending the lifetime of biogas plant equipment and reducing operational costs.

Keywords: biogas plant, spark deposition, white cast iron, hardening, wear resistance, hydrogen, sulfur, nitrogen.

For citation: Neverov E.N., Chernysh A.P., Maitakov A.L. Improving wear resistance of agricultural machine working parts by electro-spark deposition of white cast iron // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 53-59.

Введение. Спрос на существующем сегодня рынке иностранных и отечественных изготовителей определяется большим количеством факторов, одним из которых является достижение и поддержание значительной степени надежности рабочих органов и узлов функционального назначения оборудования и машин, использующихся в АПК. Среди наиболее существенных характеристик, воздействующих на ресурс такого рода изделий, особенно выделяется устойчивость к износу поверхностей, подвергающихся при эксплуатации воздействию агрессивных химических веществ и абразивов. Увеличение уровня износостойкости представляется возможным, благодаря производству рабочих элементов, на которые влияют агрессивные внешние условия, из материалов и сплавов, характеризующихся дороговизной. Другое решение подразумевает, что на поверхности они наносятся, благодаря общепринятым, прошедшим практическую апробацию методикам и техникам.

Когда же используется более бюджетный материал (к примеру, чугун нелегированного типа), то при его наплавке определенная доля углерода переходит в свободное состояние, вследствие чего устойчивость слоя к износу и его степень прочности резко сокращаются.

Перед настоящей исследовательской работой стоит главная цель, заключающаяся в подборе наиболее подходящих методик повышения прочности функциональных поверхностей рабочих органов орудий и машин сельскохозяйственного назначения с использованием недорогих покрытий из разряда «износостойкие».

Материалы и методы. Износостойкость - одно из важнейших свойств металлических материалов. Чаще всего в практике для получения металлических материалов с высокой износостойкостью обнаруживается недостаточность этого свойства у двойных железо-углеродистых сплавов. Применение различного рода покрытий, всевозможных видов обработки трущихся поверхностей (диффузионные методы насыщения, газопламенные и плазменные приемы и т. д.) недостаточно и технологически неудобно при изготовлении деталей машин. Здесь, как и всегда, предпочтение отдано легированию [1,2].

Интенсивное расширение и эволюция производственной отрасли на непрерывной основе предъявляет все более жесткие требования к разным характеристикам отливок из чугуна. Данные требования в подавляющем большинстве случаев обеспечиваются использованием сопряженного с существенными материальными затратами легирования компонентами, формирующими существенную долю составленной Менделеевым Д.И. периодической системы. Наличествующий на данный момент ГОСТ 7769-82 («Чугун легированный для отливок со специальными свойствами») предполагают определенные марки белых чугунов из разряда «износостойкие». Соответствующая информация представлена в содержании таблицы 1.

Чугуны из групп «высоколегированные» и «низколегированные» характеризуются показателем прочности (σ_B), который пребывает в спектре от 150 до 350 МПа. Подобные величины фиксируются, когда материал проходит связанную с термообработкой процедуру при соблюдении оптимальных условий. Выделенный фактор дает возможность сделать вывод, согласно которому выбранные в контексте настоящего исследования композиции далеки от совершенства.

В контексте настоящего исследования необходимо привести указание на то, что при совершенствовании составов особенный акцент делается на уменьшении доли никеля, марганца и хрома в составе. Одновременно с этим возникают легирующие компоненты, прежде обладавшие лишь косвенным значением (включая азот, фосфор и серу).

Увеличение показателя износоустойчивости при включении азота и фосфора в структуру железоуглеродистого характера отмечается, вследствие роста концентрации устойчивого к термовоздействиям цементита.

В ходе изысканий выявлено, что использование комбинации «азот + фосфор» дает возможность снизить содержание хрома, прежний уровень которого в чугунах достигал 20-30-процентной величины. Чтобы уменьшить уровень элементов, отличающихся дороговизной и имеющих легирующие характеристики, без потери износоустойчивости, нужно задействовать в процессе всевозможные воздействия на расплав, в результате которых стабилизируется цементит, и устраняются выделения графита [3-8].

Таблица 1 - Химический состав износостойких чугунов

Марка	Содержание элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	
ЧХЗТ	2,6-3,6	0,7-1,5	1,0	2,01-3,0	-	0,3	0,12	
ЧН4Х2	2,8-3,6	0,0-0,10	0,8- 1,13	0,8-2,5	3,5-5,0	0,3	0,5	
ЧГ7Х4	3,0-3,8	1,4-2,0	6,0-8,0	3,0-5,0	-	0,1	0,05	
Марка	Содержание элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	P	S
ЧХ9Н5	2,8-3,6	1,2-2,0	0,5-1,5	8,0-9,5	4,0-6,0	<0,4	0,06	0,1
ИЧХ12М	2,6-3,0	до 0,7	0,5-1,0	11,5-14,0	-	1,4-1,6	0,1	0,06
ЧХ16	1,6-2,4	1,5-2,2	до 1,0	13,0-19,0	-	-	0,1	0,05
ЧХ16М2	2,4-3,6	0,5-1,5	1, 5-2,5	13,0-19,0	-	0,5-2,0	0,1	0,05
ЧХ22	2,4-3,6	0,2-1,0	1,5-2,5	19,0-25,0	-	-	0,1	0,06
ИЧХ28Н2	3,0	1,17	1,0	30,2	2,28	-	0,1	0,06

Такого рода итог обеспечивается применением смесей, в составе которых есть компоненты, характеризующиеся повышенной степенью азотно-водородного сродства.

Чтобы решать подобные задачи, разработан и получен чугунный состав, в котором водород исполняет функции легирующего компонента, входя в группу самых действенных веществ-карбидообразователей. Ниже рассмотрена характеристика разработки с редчайшим случаем использования водорода в целях легирования. Данное изобретение касается металлургии. Известным видится чугун с такими пропорциями элементов (мас. %):

- никель - от 0,30 до 1,0;
- медь - от 0,25 до 0,60;
- сурьма - от 0,005 до 0,08;
- фосфор - от 0,40 до 1,0;
- сера - от 0,22 до 0,50;
- марганец - от 0,64 до 1,80;
- кремний - от 1,70 до 2,60;
- углерод - от 2,50 до 3,50;
- железо - остальное.

Самыми оптимальными к разработке по получаемому результату и сущности технического порядка представляется чугун с таким составом химических элементов (мас. %):

- азот - от 0,006 до 0,012;
- титан - от 0,005 до 0,050;
- бор - от 0,003 до 0,0012;
- никель - от 0,1 до 1,2;
- фосфор - от 0,08 до 0,25;
- хром - от 0,1 до 0,4;
- марганец - от 0,5 до 2,1;
- кремний - от 1,5 до 2,4;
- углерод - от 3,0 до 3,6;
- железо - остальное.

Главным недостатком чугунов из разряда «общественные» представляется слабая стойкость к износу. Перед разработкой поставлен главный целевой ориентир, касающийся наращивания степени износоустойчивости материала. Чтобы его достигнуть, в чугун с названным соотношением элементов необходимо добавить некоторые составляющие для получения таких пропорций (мас. %):

- водород - от 0,00025 до 0,00052;
- сера - от 0,108 до 0,110;
- азот - от 0,0039 до 0,0059;
- фосфор - от 0,0,046 до 0,048;
- марганец - от 0,29 до 0,32;

- кремний - от 0,47 до 0,50;
- углерод - от 3,03 до 3,07;
- железо - остальное.

Одновременное включение комбинации «сера + водород» в структуру материала-чугуна в пропорциях прочих элементов, которые приведены выше, обуславливает диспергирование формирующихся графитовых выделений. Параллельно в составе происходит рост удельного веса цементита.

В процессе термопереработки наличие сочетания «водород+сера» обеспечивает оптимизацию механических свойств и закаляемости.

Подобный положительный эффект обуславливается растворением определенной доли цементита, являющегося первичным, и гораздо более полноценной трансформации мартенситного характера.

Включение указанной комбинации в объемах, которые больше или меньше спектра, который заявлен, объясняет наращение степени пористости и снижение выраженности связанного с закаливани-ем эффекта соответственно. Указанный состав чугуна дает возможность добиться наиболее подходящего техрезультата, заключающегося в заметном наращении износоустойчивости материала-чугуна.

Технологический цикл при включении шихтовых материалов при выплавке чугуна стандартных значений, а также возврата, выполнялся в индукционных печах с последующей продувкой парами водных растворов серной кислоты, по достижению расплавления и перегрева в диапазоне 1350...1400°C. Последующая термообработка была обеспечена нагревом до 950°C, а также закаливани-ем в кипящем водном растворе с отпуском. Параметры чугуна в данном случае определились со следующими значениями: предел прочности увеличился с 300...380 МПа (влитое состояние) до 410...470 МПа, химсостав чугуна после технологического цикла показан в таблице 2.

Главный параметр долговечности - износостойкость была изучен методом весового контроля после абразивного воздействия инструментом из инструментальной стали Х6ВФ, параметры которой отображены в таблице 2 и как вывод, после всех термических воздействий в технологическом цикле обработки износостойкость может возрасти в два раза.

Износостойкость чугунов, как известно, определяет либо наличие дисперсного выделения графита, либо его частичная или полная замена на цементит. Для получения такой необходимой структуры вместо дорогостоящих легирующих элементов, таких как никель, хром, марганец, кремний и др. необходимо использовать дешевые водород, азот и кислород.

С целью обеспечения необходимых прочностных, в том числе износостойких, параметров поверхностей деталей сельскохозяйственных машин, устойчивых к абразивному истиранию и противодействию агрессивным условиям работы, авторами предложены технологические циклы термических обработок для придания чугуну высочайших свойств без использования дорогостоящих легирующих редкоземельных элементов с применением водорода, азота и кислорода. Данные воздействия исключат частичное или полное образование графитных включений.

Таблица 2 - Химсостав и параметр износостойкости нового чугуна

Чугун	Содержание элементов, вес. %												Износ %
	C	Si	Mn	Cr	P	Ni	B	Ti	N	S	H	Fe	
1	3,03	0,47	0,29	-	0,040	-	-	-	0,0039	0,108	0,00025	ост.	60
2	3,035	0,49	0,31	-	0,042	-	-	-	0,0048	0,108	0,00035	ост.	52
3	3,07	0,50	0,32	-	0,048	-	-	-	0,0059	0,110	0,00052	ост.	43
известный	3,6	1,5	2,1	0,4	0,25	0,1	0,003	0,005	0,012	-	-	ост.	100

Основным объектом выступила технологическая установка (биогазовая), назначение которой состоит в обработке сырья органического типа [Пат. 2525897 Рос. Федерация, МПК C02F 11/04, B09B 3/00, B01F 7/04. Установка для переработки органического сырья / В.И. Мясенко, О.Н. Бузиян, А.П. Черныш, М.Г. Курбанова, З.В. Гаазе, И.А. Ганиева (RU); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. №2012130225; заявл.16.07.2012; опубл. 20.08.2014. Бюл. №23, 2014 4 с.], оснащенная перемешивающими и измельчающими механизмами. Органы данных механизмов, являющиеся рабочими, исполняют свои непосредственные функции при воздействии со стороны значительно агрессивной и абразивной среды, параллельно перенося нагрузки температурного и динамического порядка.

Отбор методики, позволяющий улучшить прочностные параметры рабочих деталей механизмов, применяющихся для перемешивания и измельчения, за основу принял прикладное осуществление технологический ремонтный блок [Afanasyev V.K., Dolgova S.V., Chernysh A.P. Restoration of agricul-

tural machines surfaces by white cast iron with the formation of technological repair units// Materials science forum: Trans Tech Publications Ltd. 2018. Т. 927. Р. 43 47; Пат. 2333088 RU, МПК С2 В23Р 6/00. Способ формирования технологического ремонтного блока / Б.И. Коган, А.П. Черныш, (RU). № 2006129964/02; Заявл. 18.08.2006; Опубл. 27.02.08, Бюл. № 25]. Этот этап разработки подразумевал обобщение и увязку с логикой поиска функциональных модулей поверхностей установки, определение условий ее применения, методов повышения прочностного индикатора, технологических средств и подбор тех их комбинаций, которые представляются наиболее оптимальными.

Непосредственно после осуществленного отбора упрочнительного методологического подхода в целях пролонгации эксплуатационного периода соответствующих рабочих органов предложено использовать наплавку электроискрового типа [Пат. 2538849 Рос. Федерация, МПК В23Н 1/00, В23Н 9/00. Способ электроискрового нанесения покрытия / А.П. Черныш, О.В. Санкина, Р.Н. Дубоделов, Н.А. Маринов, И.Н. Бадин, А.С. Санкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт».- 2013117447/02; заявл. 16.04.2013; опубл. 10.01.2015. Бюл. №1, 2015 5 с.]. Указанный методологический подход предполагает контактную переработку с применением электрода, находящегося во вращающемся состоянии. При нанесении на поверхность покрытия устраняется дефектный слой. В ходе нанесения покрытия, устойчивого к износу, с использованием такой методики длительность обработки уменьшилась на величину от 15% до 20%. Вследствие испытаний, организованных и осуществленных в лабораторных условиях, отмечен 30-процентный рост долговечности обработанных деталей.

Аналитическая работа с металлографическим уклоном, произведенная относительно наплавленного слоя образцов после применения электроискрового методологического подхода, по своим результатам позволяет отметить полное отсутствие графитовых выделений в структуре белого нелегированного чугуна. Также отмечается отсутствие перегрева с минимальной толщиной сцепления, что исключает полностью разрушение и наличие повреждений. Были выполнены поиски самых оптимальных режимов наплавки для разработанных электродов из нового нелегированного белого чугуна [3].

В ходе детального исследования микроструктур отмечается присутствие 3-х обособленных зон: наплавленного металла, переходная и структура стали 55. В ходе обработки с использованием режима $U=20В$ 141 об/мин отмечается крайне малая область сцепления. Анализируя микроструктурное устройство металла, являющегося основным, можно отметить отсутствие увеличения зерна (см. рисунок 1).

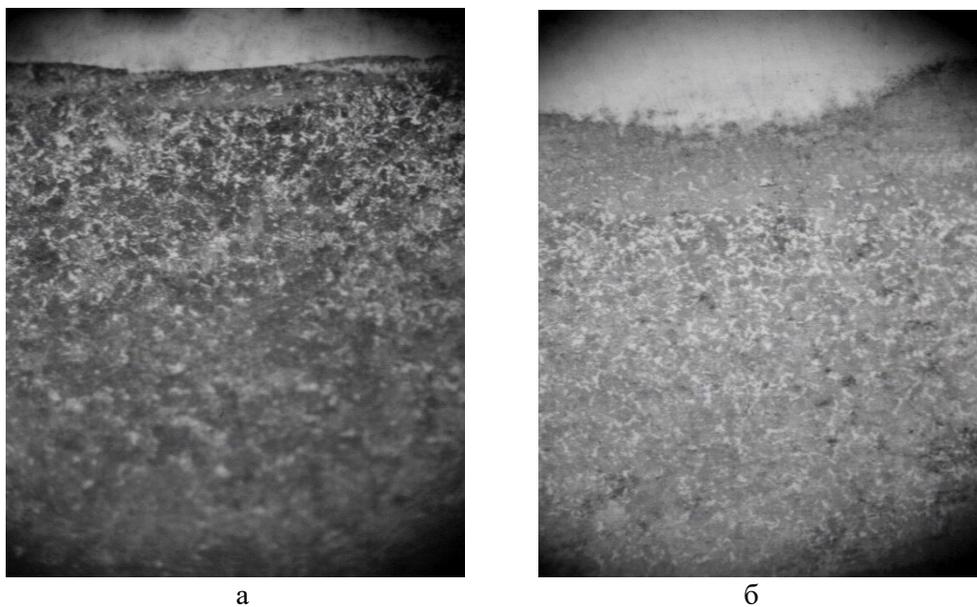


Рисунок 1 - Микроструктура образцов, вырезанных из наплавленного электроискровым способом рабочих органов установки (сталь 55), $\times 300$: а - режим наплавки: $U=20В$, $I=45 А$, 141 об/мин^{-1} ; б - режим наплавки: $U=30В$, $I=50А$, 141 об/мин^{-1} .

Нагрев наплавленного слоя по глубине и площади представляется неравномерным. Ввиду несущественной длительности связанного с наплавкой процесса, наплавленный слой в короткие сроки подвергается охлаждению, несмотря на то, что в его структуре изменения еще не произошли в должной мере.

По итогу формируется равномерное тепловое поле на участке наплавленного слоя и на поверхности основного металла детали с дальнейшим постепенным охлаждением.

Особенной значимостью обладает вопрос, касающийся механических характеристик, появляющихся после осуществленных методов повышения прочности. Выполнено измерение твердости после наплавки рабочих органов деталей-механизмов перемешивания и измельчения. В результате сформулированы следующие выводы:

- в случае роста количества оборотов отмечается рост степени твердости наплавленного слоя. При этом, отмечается существенное сокращение уровня твердости в структуре слоя, являющегося переходным;

- в условиях повышенных скоростей вращения электрода наплавленный слой выходит приблизительно соответствующим значению 0,8 мм;

- в условиях роста количества переходов отмечается рост толщины участка сцепления и области наплавленного металла.

Результаты и их обсуждение. Одним из эффективных свойств повышения долговечности биогазовой установки является высокая износостойкость упрочненных рабочих органов механизмов измельчения и перемешивания. Проверка износостойкости наплавленного слоя производилась лабораторными испытаниями. После определенной наработки механизмов проводился замер геометрических размеров и сравнивался с исходным до обработки. Эксплуатация упрочненных рабочих органов механизмов измельчения и перемешивания показала, что функциональные поверхности работают в абразивно-агрессивной среде значительно дольше, чем изделия без предварительной обработки. В то же время, упрочнение нелегированным белым чугуном экономически выгоднее, так как стоимость упрочненных рабочих органов механизмов измельчения и перемешивания в 2-2,5 раза ниже, чем обработанных дорогостоящими высоколегированными сплавами.

Выводы. Результаты осуществленных изысканий дают возможность констатировать, что самым низкокзатратным и подходящим способом увеличения прочности поверхностей деталей биогазовой установки является наплавка электроискрового типа, которая осуществляется с применением белого чугуна, являющегося нелегированным и термоциклированным.

Применение электроискровой наплавки белым нелегированным чугуном позволило увеличить предел прочности материала с 300-380 МПа (влитое состояние) до 410 - 470 МПа. Износостойкость наплавленных слоёв возросла в 2 раза: износ составил 43 - 60 % против 100 % у известных аналогов. В результате лабораторных испытаний зафиксирован рост долговечности рабочих органов механизмов измельчения и перемешивания на 30 %. Технологический цикл электроискровой наплавки позволил сократить длительность процесса на 15 - 20 %. Экономический эффект выражается в снижении себестоимости упрочненных деталей в 2 - 2,5 раза по сравнению с аналогами из высоколегированных сплавов.

Данная методика, реализуемая при применении нового материала, позволит создать износостойчивый слой. Этот показатель получится сопоставимым с производством или наплавкой сплавов из группы «высоколегированные», отличающихся дороговизной.

Список источников

1. Технологические способы обеспечения качества ремонта ресурсных сборочных единиц двигателей / Н.А. Баганов, Ю.И. Жевора, Е.В. Зубенко и др. // Технический сервис машин. 2025. Т. 63, № 1. С. 28-32.
2. Триботехнические свойства высокопрочной стали в абразивной среде / С.М. Ветрова, А.С. Барчукова, Н.С. Кривых и др. // Технический сервис машин. 2025. Т. 63, № 2. С. 86-91.
3. Afanasyev V. Improving strength of structural steels by preheating in an oxygen-containing medium / V. Afanasyev, M. Popova, I. Zhibinova // Materials Science Forum. 2019. Vol. 946. P. 58-62.
4. Afanasyev V.K., Sagalakova M.M., Tankov E.V. Influence of the melt treatment method on the properties of cast iron // Solid State Phenomena. 2021. Vol. 316. P. 438-442.
5. Afanasyev V.K., Popova M.V. Use of Thermocycling Deformation for Raising the Operating Properties of Low-Carbon Steel // Metal Science and Heat Treatment. 2023. Vol. 64, N 11-12. P. 681-687.
6. Афанасьев В.К., Попова М.В. Применение термоциклической деформации для повышения эксплуатационных свойств низкоуглеродистой стали // Металловедение и термическая обработка металлов. 2022. № 12 (810). С. 3-9.
7. О термической обработке инструмента из доменного белого нелегированного чугуна / В.К. Афанасьев, А.П. Черныш, М.В. Попова, и др. // Металлургия машиностроения. 2020. № 3. С. 32-36.
8. Металлография железа. В 3 т. Т. 3. Белый нелегированный чугун / В.К. Афанасьев, Н.В. Королев, М.В. Попова и др.; под ред. проф. В.К. Афанасьева. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 412 с.

Информация об авторах:

Е.Н. Неверов - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой мехатроники и автоматизации технологических систем ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, neverov42@mail.ru.

А.П. Черныш - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет tmrm@mail.ru.

А.Л. Майтаков - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры управления качеством ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, may585417@mail.ru.

Information about the authors:

Ye.N. Neverov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, neverov42@mail.ru.

A.P. Chernysh - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Kemerovo State University, tmrm@mail.ru.

A.L. Maytakov - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Quality Management Kemerovo State University, may585417@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 16.09.2025, одобрена после рецензирования 13.11.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 16.09.2025, approved after reviewing 13.11.2025, accepted for publication 12.01.2026.

© Неверов Е.Н., Черныш А.П., Майтаков А.Л.

Научная статья
УДК 631.31:678

**ПРИМЕНЕНИЕ АБРАЗИВОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ
УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
МАШИН (ОПЫТ БРЯНСКОГО ГАУ)**

**Сергей Александрович Феськов, Юрий Игоревич Филин, Александр Фёдорович Ковалев,
Анастасия Сергеевна Мишина**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Статья посвящена повышению износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин за счёт применения абразивостойких защитных покрытий на основе эпоксидных композитов, наполненных кварцевым песком. Актуальность работы обусловлена интенсивным абразивным износом металлических деталей сельскохозяйственных машин, эксплуатируемых в условиях взаимодействия с почвой, что приводит к снижению их ресурса и увеличению затрат на ремонт и замену. В работе рассмотрены основные механизмы абразивного износа металлических поверхностей, а также проанализированы причины ускоренного разрушения рабочих органов при традиционных условиях эксплуатации. Отмечены преимущества применения защитных упрочняющих покрытий на полимерной основе, обладающих высокой адгезией, устойчивостью к абразивному воздействию и возможностью нанесения без термического влияния на материал основы. Разработана и описана технология нанесения эпоксидно-песчаного композитного покрытия, обеспечивающая формирование износостойкого слоя с равномерным распределением наполнителя. Экспериментальные исследования показали, что использование предложенного покрытия позволяет увеличить срок службы рабочих органов почвообрабатывающих машин в 2,0–2,7 раза за счёт снижения скорости абразивного изнашивания рабочей поверхности. Проведено сравнение предложенной методики с традиционными способами упрочнения, такими как наплавка и термическая обработка, в результате чего установлено, что эпоксидно-песчаное покрытие отличается технологической простотой, меньшей энергоёмкостью и отсутствием негативного температурного воздействия на металл детали. Испытания покрытых деталей в реальных условиях эксплуатации подтвердили стабильность защитных свойств и высокую эффективность предложенного решения. Полученные результаты подтверждают высокий потенциал внедрения эпоксидно-песчаных композитов в качестве эффективного и экономически целесообразного способа защиты и продления срока службы рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Ключевые слова: эпоксидные композиты, абразивостойкость, почвообрабатывающие машины, износостойкость, восстановление деталей, защитные покрытия, адгезия, упрочнение.

Для цитирования: Применение абразивостойких полимерных покрытий для увеличения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин (опыт Брянского ГАУ) / С.А. Феськов, Ю.И. Филин, А.Ф. Ковалев, А.С. Мишина // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 60-64.

Original article

**APPLICATION OF ABRASION-RESISTANT POLYMER COATINGS TO INCREASE
THE SERVICE LIFE OF WORKING PARTS OF SOIL-TILLAGE MACHINES
(BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY EXPERIENCE)**

Sergei A. Fes'kov, Yuri I. Filin, Alexandr F. Kovalev, Anastasiya S. Mishina
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article is dedicated to improving the wear resistance of tillage machinery components by using abrasion-resistant protective coatings based on epoxy composites filled with quartz sand. The relevance of this work is due to the intensive abrasive wear of metal parts of agricultural machinery operating in soil interaction conditions, which leads to a reduction in their service life and increased repair and replacement costs. The paper examines the main mechanisms of abrasive wear on metal surfaces and analyzes the causes of accelerated failure of tillage machinery components under typical operating conditions. The advantages of using polymer-based protective hardening coatings, which offer high adhesion, abrasion resistance, and the ability to be applied without thermally affecting the base material, are highlighted. A technology for applying an epoxy-sand composite coating is developed and described, ensuring the formation of a wear-resistant layer with a uniform filler distribution. Experimental studies have shown that the proposed coating increases the service life of tillage machinery components by 2.0–2.7 times by reducing the rate of abrasive wear on the working surface. A comparison of the proposed method with traditional hardening methods, such as surfacing and heat treatment, revealed that the epoxy-sand coating is technologically sim-

ple, requires less energy, and does not adversely affect the metal component with temperature. Testing of the coated components under real-world operating conditions confirmed the stability of the protective properties and the high efficiency of the proposed solution. The obtained results confirm the high potential for the implementation of epoxy-sand composites as an effective and cost-effective method for protecting and extending the service life of tillage machinery components.

Keywords: epoxy composites, abrasion resistance, tillage machines, wear resistance, parts restoration, protective coatings, adhesion, hardening.

For citation: Application of abrasion-resistant polymer coatings to increase the service life of working parts of soil-tillage machines (Bryansk state agrarian university experience) / S.A. Fes'kov, Yu.I. Filin, A.F.Kovalev, A.S. Mishina // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 60-64.

Введение. Постановка цели. Почвообрабатывающие орудия (например, плуги, культиваторы, бороны) в процессе эксплуатации подвергаются повышенному абразивному изнашиванию [1,2], обусловленному непосредственным контактом рабочих органов с почвой, содержащей твёрдые минеральные включения [3]. При обработке больших площадей износ рабочих органов настолько интенсивен, что их замена или ремонт становятся регулярной необходимостью, требующей значительных финансовых и временных затрат [4].

В связи с этим можно выделить три основных негативных фактора. Во-первых, финансовые затраты на ремонт и замену деталей существенно возрастают при высоком уровне износа, поскольку в ряде случаев их восстановление нецелесообразно и требуется полная замена рабочих органов [5]. Это затрудняет деятельность как крупных с/х предприятий, так и фермерских хозяйств. Во-вторых, снижение производительности вследствие изношенных деталей приводит к росту расхода топлива, увеличению продолжительности обработки и, как следствие, к возможному уменьшению урожайности [6]. В-третьих, возникает ряд экологических аспектов, связанных с утилизацией значительного объёма металлических деталей, вышедших из строя [7]. Увеличение ресурса деталей позволяет повысить наработку изделия, уменьшить количество замен, а следовательно, и простоя оборудования.

Таким образом, актуальной остаётся задача разработки и внедрения технологичных и экономически целесообразных способов восстановления и упрочнения деталей почвообрабатывающих машин. Данный вопрос имеет и историческую основу: в традиционной практике износ металла стремились уменьшить путём термической обработки (например, закалки) [8], однако современные полимерные материалы открывают новые возможности повышения износостойкости.

Цель - обобщить и проанализировать опыт применения абразивостойких эпоксидных композиций с дисперсным наполнителем из природного песка для снижения износа деталей почвообрабатывающих машин.

Материалы и методы. Эпоксидные смолы представляют собой класс синтетических полимеров, обладающих высокой адгезией к широкому спектру материалов (металлы, керамика, бетон, древесина и др.) и благоприятными механическими свойствами. Структурной основой эпоксидных смол служат олигомеры или мономеры, содержащие эпоксидные группы, которые при взаимодействии с отвердителем (например, аминами) формируют трёхмерную сеть [9].

Песок представляет собой один из наиболее доступных наполнителей для эпоксидных композиционных материалов. Высокая твёрдость кварцевых зёрен (примерно 7 по шкале Мооса), а также простота добычи и очистки делают песок конкурентоспособным вариантом по сравнению с более дорогими синтетическими абразивами.

Структура эпоксидно-песчаного покрытия представляет собой трёхмерную систему, образованную равномерным распределением кварцевого наполнителя (песка) в эпоксидной матрице. Такое покрытие наделено рядом характеристик, которые определяют его эксплуатационные свойства:

1. Распределение нагрузок. При абразивном воздействии первичную нагрузку принимают на себя твёрдые частицы песка. Эпоксидная матрица, в свою очередь, закрепляет эти частицы и обеспечивает общую целостность покрытия, что способствует продлению срока службы.

2. Адгезия к металлу. Для достижения оптимальных защитных свойств необходимо обеспечить надёжное сцепление покрытия с металлической поверхностью. Высокая полярность эпоксидных групп способствует формированию прочных межфазных связей, а предварительная подготовка металла (пескоструйная обработка, обезжиривание) дополнительно повышает адгезионные показатели.

3. Однородность структуры. Максимальная износостойкость достигается за счёт равномерного распределения наполнителя в эпоксидной матрице. Появление пор или неоднородностей способно привести к снижению долговечности покрытия и спровоцировать раннее растрескивание.

4. Толщина покрытия. Недостаточная толщина сформированного слоя приводит к ускоренному износу, тогда как избыточная толщина может вызвать локальные отслоения и образование трещин. В условиях сложной геометрии детали особенно важно контролировать равномерность нанесения, чтобы обеспечить стабильные эксплуатационные характеристики покрытия.

С учётом традиционной практики нанесения эпоксидных материалов и долгосрочных перспектив развития защитных технологий, эпоксидно-песчаное покрытие представляется эффективным решением, сочетая проверенные методы подготовки поверхности и современные подходы к формированию композитных систем. Качественная подготовка поверхности, являющаяся одним из главных этапов нанесения эпоксидных композиций, во многом предопределяет прочность сцепления и долговечность покрытия. Игнорирование данного процесса зачастую сводит на нет преимущества даже наиболее износостойких материалов. Ниже приведены основные операции, позволяющие обеспечить требуемую адгезию и повысить эксплуатационные характеристики эпоксидных покрытий:

1. Очистка от загрязнений и ржавчины. На первом этапе при помощи механических методов (щётки, скребки) в сочетании с промывкой водой под высоким давлением удаляют остатки почвы, следы масел и продукты коррозии. При наличии выраженных очагов ржавчины возможно применение более агрессивных методов, таких как химическое травление или использование ингибиторов.

2. Формирование заданной шероховатости (пескоструйная обработка или шлифовка). С целью достижения требуемого уровня шероховатости (например, $Ra \approx 6,3$) поверхность обрабатывают абразивным способом (пескоструйная или дробеструйная обработка). В результате образуется микрорельеф, способствующий более эффективному сцеплению эпоксидного покрытия с металлом и повышению его износостойкости.

3. Обезжиривание. Завершающий этап подготовки включает удаление масляных и жировых загрязнений с помощью органических растворителей (ацетона, уайт-спирита) либо специализированных очищающих составов. Важно исключить наличие пыли и мелких абразивных частиц, оставшихся после предыдущего этапа, поскольку они могут выступать факторами, препятствующими адгезии.

4. Нанесение абразивостойких эпоксидных композитов. На подготовленную поверхность шпателем укладывается слой эпоксидного покрытия, модифицированного дисперсным наполнителем (природным песком), толщиной порядка 3–4 мм.

5. Сушка композита и контроль качества. После формирования покрытия необходимо обеспечить оптимальные условия для полимеризации и отверждения композитного материала (24 - 48 часов при температуре 18-25 °С). Проводится визуальный осмотр, чтобы убедиться в отсутствии дефектов (трещин, вздутий, неполного перекрытия поверхности). В условиях повышенных требований к точности толщины покрытия либо его однородности могут применяться методы неразрушающего контроля. В частности, для определения толщины слоя используют штангенциркуль или другие измерительные приборы. Это позволяет своевременно скорректировать технологический процесс нанесения материала в случае несоответствия регламентированным показателям.

Ключевым преимуществом композитного материала выступает его способность в жидком состоянии воспроизводить микрорельеф обрабатываемой поверхности, эффективно компенсируя участки износа и предотвращая образование сквозных повреждений. В затвердевшем состоянии, в силу наличия абразивостойкой компоненты (песок) оказывает сопротивление абразивному воздействию почвы.

Результаты исследований. Лабораторные и полевые исследования позволили определить состав эпоксидного композита, характеризующийся наилучшими адгезионными и износостойкими свойствами при нанесении на металлические поверхности. В качестве полимерной матрицы использовали эпоксидно-диановую смолу (ЭД-20) в количестве 100 мас. ч. с добавлением отвердителя ПЭПА (10 мас. ч.), а в качестве наполнителя — песок с содержанием диоксида кремния не менее 95 % и размером частиц 0,5–1 мм, 60 массовых частей [12]. Применение этого состава повышает ресурс детали в 1,5–2,5 раза по сравнению с аналогичными изделиями заводского исполнения (рисунок 1).

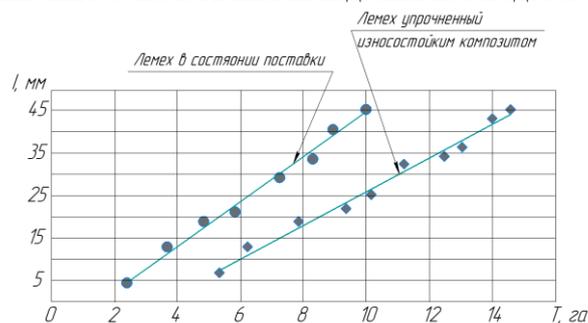


Рисунок 1 – Нароботка испытуемых лемехов

На представленном графике отражено сравнение износа (ось ординат, мм) плужного лемеха в зависимости от наработки (ось абсцисс, га) для двух вариантов исполнения: цельнометаллический отечественный лемех в состоянии поставки (круглые метки); цельнометаллический отечественный лемех, упрочнённый износостойким эпоксидно-песчаным композитом (ромбовидные метки).

Анализ кривых позволяет сделать следующие выводы:

1. Различие в интенсивности изнашивания. Линия, соответствующая упрочнённому лемеху, имеет более пологий наклон по сравнению с «заводским» аналогом. Это говорит о меньшей скорости изнашивания при одинаковой наработке в гектарах.

2. Увеличение срока службы. При более высоких значениях наработки разница в величине износа между упрочнённым и стандартным лемехом становится особенно заметной. В интервале 6–10 га износ стандартного варианта значительно превышает износ лемеха с полимерным композитом. Такой результат согласуется с ранее упомянутыми данными о повышении ресурса детали в 1,5 раза.

3. Повышенная стабильность показателей. При наработке свыше 5-ти га лемех демонстрирует высокий износ, тогда как у упрочнённого варианта такого не отмечается. Это указывает на стабильность структуры эпоксидно-песчаного покрытия в условиях абразивного воздействия.

Исходя из вышеизложенного, использование эпоксидно-песчаного композита в качестве защитного слоя позволяет существенно снизить скорость изнашивания лемеха и увеличить срок его эксплуатации, что подтверждается более плавным характером кривой и меньшими абсолютными значениями износа при одинаковой наработке.

Разработанный абразивостойкий композит расширяет область упрочнения и восстановления деталей благодаря возможности устранения дефектов различной геометрической конфигурации. Это достигается сохранением материалом жидкого состояния в процессе технологического воздействия.

Представленный композит продемонстрировал высокую эффективность при упрочнении стоек стрельчатых лап культиваторов, а также цельнометаллических и составных лемехов, включая культурные отвалы, что демонстрируется на рисунке 2.

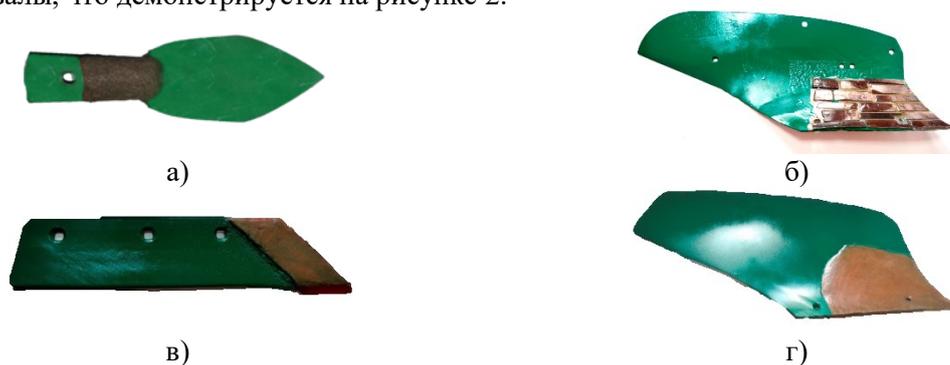


Рисунок 2 – Варианты применения предлагаемого композита: а) – упрочнение полый стойки стрельчатой культиваторной лапы; б) – использования композита в качестве клеевой основы; в) – упрочнение цельнометаллического лемеха; г) – устранения лучевидного износа культурного отвала.

Предлагаемая технология может быть применена для устранения износов и сквозных протираний контактных поверхностей деталей со сложной криволинейной геометрией (рисунок 2г), а также для упрочнения изделий без нарушения их целостности и необходимости последующей механической обработки сформированного покрытия (рисунок 2а, б, в). При этом сохраняются исходные механические свойства и геометрические параметры детали. Универсальный характер методики обеспечивает её доступность для широкого круга сельскохозяйственных предприятий.

Представленные результаты указывают на широкий спектр технологических возможностей применения предлагаемого эпоксидного композита. Полевые испытания по описанному методу деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий показали, что срок их службы до наступления предельного износа не только сопоставим с заводскими аналогами, но и превышает их.

В тоже время, исходя из опыта лабораторных испытаний таких композитов, известно, что увеличение дисперсности абразивостойкой компоненты приводит к уменьшению интенсивности их изнашивания. В связи с этим, следует продолжить исследования по улучшению триботехнических показателей композитов на эпоксидной основе с твердыми наполнителями.

Выводы. Применение эпоксидно-песчаных композиций демонстрирует значительный потенциал в продлении срока эксплуатации деталей с/х техники. Простота внедрения, доступность материалов, достаточная износостойкость и сохранение невысокой себестоимости делает данную технологию перспективной альтернативой или дополнением к традиционным методам упрочнения и восстанов-

ления. При совершенствовании методик модификации эпоксидной матрицы (например, введением нанодобавок) возможно дальнейшее повышение эксплуатационных характеристик покрытий.

Таким образом, уже сегодня аграрный сектор и ремонтные предприятия могут использовать полимерные композиты для эффективного восстановления и упрочнения деталей от абразивного износа, минимизируя затраты и повышая общий уровень производительности.

Список источников

1. Михальченков А.М., Гуцан А.А., Гапонова В.Е. Повышение износостойкости и межремонтного ресурса плужных лемехов совмещенным способом восстановления и упрочнения // *Технология металлов*. 2023. № 1. С. 44-48.
2. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н. Повышение ресурса рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде, способом карбовибродугового упрочнения // *Технический сервис машин*. 2023. Т. 61, № 4 (153). С. 97-102.
3. Технологические варианты наплавки, при устранении лучевидного износа остовов составных лемехов и совершенствование методики полевых испытаний / А.А. Тюрева, Н.А. Бардадын, Ю.И. Филин, Д.Ю. Обыденников // *Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета*. 2021. № 1. С. 100-109.
4. Износостойкость низколегированных сталей в абразивной среде / М.Н. Ерохин, С.М. Гайдар, Д.М. Скороходов и др. // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 3. С. 72-78.
5. Методика определения долговечности деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин / Д.Н. Раднаев, А.А. Абидуев, А.С. Пехутов и др. // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2024. № 1. С. 77-81.
6. Агротехническая и мелиоративная роль глубокого рыхления переуплотнённых почв / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, В.В. Мамеев, Е.В. Байдакова // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2024. № 3 (48). С. 14-19.
7. Утилизация отходов машиностроения и металлургии при упрочнении и восстановлении деталей машин / Р.А. Латыпов, А.В. Серов, Н.В. Серов, И.Ю. Игнаткин // *Металлург*. 2021. № 6. С. 87-92.
8. Increasing the wear resistance of parts by iron-based polymer-metal composites / Yu.E. Kisel, A.O. Gorlenko, A.V. Kolomeichenko et al. // *Steel in translation*. 2022. Vol. 52, N. 6. P. 624-627.
9. Investigating of epoxy nanocomposites structure and properties that contain both pristine and aminosilane-treated silicon carbide (SiC) particles / A. Mostovoy, A. Bekeshev, A. Shcherbakov et al. // *Journal of Composite Materials*. 2024.

Информация об авторах:

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

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

А.Ф. Ковалев - кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.С. Мишина - студент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

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

A.F. Kovalev - Candidate of Technical Sciences, Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Engineering, and Road Construction, Bryansk State Agrarian University.

A.S. Mishina - Student, 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 14.11.2025, одобрена после рецензирования 15.12.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 14.11.2025, approved after reviewing 15.12.2025, accepted for publication 12.01.2025.

© Феськов С.А., Филин Ю.И., Ковалев А.Ф., Мишина А.С.

Научная статья

УДК 631.34

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УКЛАДЧИКА КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

¹Наталья Борисовна Мартынова, ²Галина Ивановна Бондарева

¹ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Москва, Россия

Аннотация. Для получения стабильных показателей урожайности необходимо поддержание оптимального водно - воздушного баланса почвы. Для этого в Центральном регионе необходимо проведение агромелиоративных мероприятий. Наиболее водосберегающим способом орошения является капельный полив, однако повсеместному распространению препятствует отсутствие современных машин для укладки капельной ленты. Закупка импортной техники экономически нецелесообразна. Для качественной укладки ленты и безаварийной работы машины необходимо ввести в конструкцию укладчика постоянно действующий тормоз для предотвращения разматывания катушки по инерции при изменении скорости машины или ее внезапной остановке. Тормозное устройство присутствует в конструкции американских машин, у европейских и отечественных постоянно действующий тормоз либо заменен на малоэффективные приспособления, препятствующие раскручиванию катушки по инерции, либо эта проблема конструктивно не решена. Разматывание ленты по инерции при торможении или остановке машины приводит к замятию ленты в укладочной трубе или ее перекручиванию в процессе укладки. В этом случае капельная линия выходит из строя, ремонтные работы дороги из-за высокой стоимости ремонтных фитингов, и, кроме того, трудоемки. Расчетами определена инерционная сила катушки. Разработана конструкция тормозного устройства, стопорящего прижимной диск катушки, предотвращая ее разматывание по инерции. Определена возвратная сила пружины, прижимающая тормозную колодку к диску держателя катушки, достаточная для ее полного стопорения в случае остановки машины и не оказывающая дополнительных растягивающих напряжений в случае повторного движения. Расчетами определены параметры тормозной пружины: диаметр, длина, а также диаметр проволоки и число рабочих витков.

Ключевые слова: капельная лента, механизированная укладка, сопротивление разработке, тормозное устройство, инерционная сила, тормозная пружина.

Для цитирования: Мартынова Н.Б., Бондарева Г.И. Определение параметров тормозного устройства для укладчика капельной ленты // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 65-68.

Original article

DETERMINATION THE PARAMETERS OF THE BRAKING DEVICE FOR THE DRIP TAPE STACKER

¹Natal'ya B. Martynova, ²Galina I. Bondareva

¹Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

²FSBSI Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

Abstract. To obtain stable yield indicators, it is necessary to maintain an optimal water-air balance of the soil. To do this, it is necessary to carry out agro-reclamation measures in the Central region. Drip irrigation is the most water-saving method of irrigation, but the lack of modern machines for laying drip tape prevents widespread use. The purchase of imported equipment is economically impractical. For high-quality tape laying and trouble-free operation of the machine, it is necessary to introduce a permanent brake into the stacker design to prevent the coil from unwinding due to inertia when the speed of the machine changes or it stops suddenly. The braking device is present in the design of American cars, European and domestic permanent brakes have either been replaced with ineffective devices that prevent the coil from spinning due to inertia, or this problem has not been solved structurally. Unwinding the tape by inertia when braking or stopping the machine leads to jamming of the tape in the laying pipe or twisting during the laying process. In this case, the drip line fails, repairs are expensive due to the high cost of repair fittings, and, moreover, time-consuming. Calculations have determined the inertial force of the coil. The design of a braking device has been developed that locks the clamping disc of the coil, preventing it from unwinding due to inertia. The return force of the spring has been determined, which presses the brake pad against the disc of the coil holder, sufficient for its complete locking in the event of a machine stop and does not exert additional tensile stresses

$$F_{и} = 2 \cdot G_{к} \cdot v_{тр}^2 \cdot \sigma_{вр} \cdot g^{-1} \cdot d_{к}^{-1}, \tag{1}$$

где: $G_{к}$ - вес катушки, Н; $v_{тр}$ - скорость трактора, м/с; g – ускорение силы тяжести, м/с²; $\sigma_{вр}$ - коэффициент учета вращающихся масс; $d_{к}$ - диаметр катушки, м.

Вычислим возвратную силу пружины [12]:

$$F_{в} = 0,125 \cdot G \cdot d_{п}^4 \cdot f_x \cdot D_{п}^{-3} \cdot n^{-1} \tag{2}$$

где: G - модуль упругости, Па; f_x - деформация пружины, мм; $d_{п}$ - диаметр проволоки, мм; $D_{п}$ - диаметр пружины, мм; n - число витков.

Результат и обсуждение. Определим численные значения сил, действующих на тормозную пружину (рисунок 2).

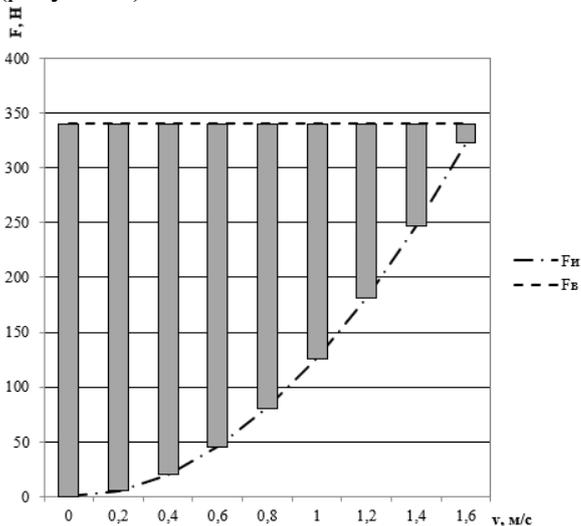


Рисунок 2 - Силы, действующие на тормозную пружину



Рисунок 3 – Укладчик капельной ленты на базе формирователя картофельных гребней Grimme GF-75/4.

Для качественной работы тормозной системы определим параметры пружины.

Диаметр проволоки вычислим по формуле:

$$d_{п} = 1,6 \cdot \sqrt{k \cdot F_{в} \cdot c \cdot [\tau]^{-1}} \tag{3}$$

где: k - коэффициент концентрации напряжений; c - индекс пружины; τ - допускаемые касательные напряжения, Па.

Диаметр пружины определим:

$$D_{п} = c \cdot d_{п} \tag{4}$$

Число рабочих витков вычислим:

$$n = 0,125 \cdot G \cdot d_{п} \cdot f_x \cdot F_{в} \cdot c^{-3} \tag{5}$$

Определим рабочую длину пружины:

$$L = n \cdot D_{п}^3 \cdot F_{в} \cdot d_{п}^{-4} \cdot G^{-1} \tag{6}$$

Определив параметры пружины (таб. 1), установили тормоз на лентоукладочное оборудование.

Таблица 1 – Параметры тормозной пружины

Параметр	Обозначение	Величина
Возвратная сила пружины, Н	$F_{в}$	340
Диаметр проволоки, мм	$d_{п}$	3
Диаметр пружины, мм	$D_{п}$	20
Число витков	n	40
Длина пружины, мм	L	63

Оборудование разместили на формирователе картофельных гребней Grimme GF-75/4 и произвели укладку капельной ленты для последующего монтажа системы капельного орошения (рисунок 3).

Выводы. Процесс укладки капельной ленты следует механизировать, установив оборудование для укладки капельной ленты на сеялках и формирователях гребней. Для предотвращения разматывания катушки с капельной лентой по инерции, в оборудование встроена тормозная система с пружиной, обеспечивающей постоянное натяжение ленты. При торможении или внезапной остановке машины разматывание катушки прекратится, это предотвратит перекручивание или замятие ленты в процессе укладки.

Список источников

1. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК / В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, Г.А. Сенчуков, В.Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8-11.
2. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В., Калиниченко Р.В. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 5. С. 6-11.
3. Жалнин Э.В., Зубина В.А. Обоснование типовых сельскохозяйственных территорий для разработки региональных систем машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16, № 2. С. 82-89.
4. Карпов М.В., Жиздюк А.А. Картофелесажалка для посадки пророщенных // Сельский механизатор. 2023. № 4. С. 8-9.
5. Капов С.Н., Хаустов П.А. Влияние расстояния между рабочими органами плоскореза-щелевателя на тяговое сопротивление сельскохозяйственного орудия // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16, № 1 (61). С. 29-38.
6. Мартынова Н.Б., Щербаков А.О., Журавлева Л.А. Перспективы механизации внутрпочвенной укладки капельной ленты // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1 (79). С. 446-454.
7. Посевной комплекс как объект исследования / С.Н. Капов, А.В. Бобрышов, А.Н. Петенев и др. // Сельский механизатор. 2025. № 4. С. 3-5.
8. Бондарева Г.И., Сапожников И.И. Выявление типизации технологических элементов оросительных систем // Сельский механизатор. 2020. № 11. С. 26-27.
9. Лебедев А.С., Хаджиди А.Е., Хаширова Т.Ю. Имитационное моделирование процесса подпочвенного полива // Природообустройство. 2025. № 4. С. 6-13.
10. Дубенок Н.Н., Гжибовский С.А., Гемонов А.В. Динамика запасов почвенной влаги при комбинированном поливе // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 6. С. 4-10.
11. Определение оптимальных параметров капельной ленты для механизированной укладки / Н.Б. Мартынова, В.И. Балабанов, П.А. Михеев, М.В. Карпов // Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 3. С. 24-28.
12. Мартынова Н.Б., Балабанов В.И., Журавлева Л.А. // Укладчик капельной ленты с тормозным устройством // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2024. № 2. С. 140-146.

Информация об авторах

Н.Б. Мартынова - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственного строительства Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева, yourim2@rambler.ru.

Г.И. Бондарева - доктор технических наук, профессор, заместитель директора по инвестициям Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, boss2569@yandex.ru.

Information about the authors:

N.B. Martynova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, yourim2@rambler.ru.

G.I. Bondareva - Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Investment Director of the A.N. Kostyakov Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, boss2569@yandex.ru.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.12.2025, одобрена после рецензирования 15.01.2026, принята к публикации 21.01.2026.

The article was submitted 22.12.2025, approved after reviewing 15.01.2026, accepted for publication 21.01.2026.

© Мартынова Н.Б., Бондарева Г.И.

Научная статья

УДК 631.171

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ПРИ АГРЕГАТИРОВАНИИ ПРИЦЕПНЫХ ОДНООСНЫХ АГРЕГАТОВ

Сергей Васильевич Щитов, Зоя Федоровна Кривуца, Елена Сергеевна Поликутина,

Виктория Андреевна Щитова, Алексей Алексеевич Ковшун

ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, Амурская область, Благовещенск, Россия

Аннотация. В предлагаемой статье нашёл отражение вопрос повышения продольной устойчивости колёсных энергетических средств при работе с одноосными прицепными агрегатами. Проведёнными исследованиями установлено, что при работе машинно-тракторных агрегатов, состоящих из энергетического средства и прицепной одноосной машины, у которой в процессе работы изменяется масса перевозимого груза (разбрасыватель удобрений), происходит изменение продольной устойчивости. Для решения вышеобозначенной проблемы было предложено устройство, позволяющее решить данную проблему за счёт перемещения точки сцепления прицепной машины с энергетическим средством (трактором) по мере изменения массы транспортируемого груза. Предлагаемое устройство позволяет при работе с прицепными одноосными агрегатами при движении по опорным поверхностям, имеющим угол уклона по отношению к горизонту по мере изменения массы транспортируемого груза смещать центр масс агрегируемого прицепного агрегата и как следствие регулировать нагрузку на передний мост трактора и тем самым корректировать продольную устойчивость энергетического средства. В результате этого происходит изменение нагрузки на передний мост энергетического средства, что влияет на техногенное воздействие движителей на почву и его продольную устойчивость. При проведении экспериментальных исследований установлено, при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке) от 0 до 0,8 м нагрузка на него снижается с 10233 Н до 2005 Н; при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора) возрастает с 12004 Н до 13415 Н.

Ключевые слова: трактор, энергетическое средство, подкатная тележка, продольная устойчивость, прицепной одноосный агрегат.

Для цитирования: Повышение продольной устойчивости энергетического средства при агрегатировании прицепных одноосных агрегатов / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 69-74.

Original article

INCREASE OF LONGITUDINAL STABILITY OF POWER FACILITY AT AGGREGATION OF TRAILED UNIAXIAL UNITS

Sergey V. Shchitov, Zoya F. Krivutsa,

Elena S. Polikutina, Viktoriya A. Shchitova, Alexey A. Kovshun

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Abstract. The proposed article reflects on the issue of increasing the longitudinal stability of wheeled energy vehicles when operating with single-axle trailed implements. Conducted research has established that when machine-tractor units, consisting of an energy vehicle and a single-axle trailed machine whose transported load mass changes during operation (e.g., a fertilizer spreader), operate, a change in longitudinal stability occurs. To address the aforementioned problem, a device was proposed that allows solving this issue by shifting the hitch point of the trailed machine with the energy vehicle (tractor) as the mass of the transported load changes. The proposed device, when operating with towed single-axle units on supporting surfaces with an inclination angle relative to the horizon, allows for the displacement of the center of mass of the aggregated towed unit as the mass of the transported load changes. Consequently, this regulates the load on the tractor's front axle, thereby correcting the longitudinal stability of the power unit. As a result, the load on the power unit's front axle changes, which affects the technogenic impact of the drive wheels on the soil and its longitudinal stability. During experimental researches, it was found that when the distance between the serial coupling device of the power device (tractor) and the movable support assembly with the coupling device located on the intermediate link (trolley) from 0 to 0.8 m, the load on it decreases from 10233 N to 2005 N; when changing the distance between the serial coupling device of the power unit

(tractor) and the movable support assembly with the coupling device located on the intermediate link (trolley) from 0 to 0.8 m, the load on the front axle of the power vehicle (tractor) increases from 12004 N to 13415 N.

Keywords: tractor, power vehicle, rolling trolley, longitudinal stability, trailed uniaxial unit.

For citation: Increase of longitudinal stability of power facility at aggregation of trailed uniaxial units / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 69-74.

Введение. В процессе выполнения работ, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, имеет место использование машинно-тракторных агрегатов (МТА) состоящих из энергетического средства и прицепной одноосной машины. При этом очень важно отметить тот фактор, что по мере выполнения работ происходит изменение общей массы перевозимого груза - внесения удобрений прицепным разбрасывателем [1-3]. Данный разбрасыватель нашёл широкое применение в небольших крестьянско-фермерских хозяйства, так как обладает хорошей надёжностью и неприхотливостью при эксплуатации. Вместе с тем у таких машин имеется один существенный недостаток - это продольная устойчивость особенно при технологических переездах по поверхностям - дорогам, имеющим угол наклона относительно горизонта [4-5]. Кроме выше сказанного необходимо добавить, что при выполнении работ, непосредственно связанных с внесением удобрений происходит и изменение нагрузки, приходящейся на опорные поверхности как самого энергетического средства (трактора), так и на опорную поверхность прицепного одноосного агрегата [6-8]. Этот вопрос стоит очень болезненно особенно, когда при выполнении работ верхний слой почвы позволяет проводить работы с точки зрения величины влажности, а в нижних горизонтах почвы влажность, повышенная за счёт таяния подстилающего слоя в виде мерзлоты. В этих условиях необходимо, чтобы ходовые системы МТА не продавили верхний слой до мерзлоты и как следствие не нанесли техногенный вред подстилающему основанию, по которому движется энергетическое средство (трактор) и прицепной одноосный агрегат [9-11].

Постановка задачи. В связи выше обозначенной проблемой возникает вопрос, о целесообразности адаптации машинно-тракторных агрегатов состоящий из энергетических средств (тракторов) и прицепных одноосных агрегатов, направленной на повышения продольной устойчивости и снижения техногенного воздействия на почву за счёт нового технического решения.

Результаты исследований и их анализ. Для решения вышеобозначенной проблемы, связанной с агрегированием прицепных одноосных машин, у которых в процессе выполнения работ, меняется масса транспортируемого груза, а, следовательно, и нагрузка на прицепное устройство энергетического средства (трактора) было найдено техническое решение. Сущность данного технического решения заключается в том, чтобы изменить способ соединения прицепного одноосного агрегата с энергетическим средством (трактором), с использованием промежуточного звена (подкатной тележки), на которое получен патент на полезную модель РФ [12] (рис.1).

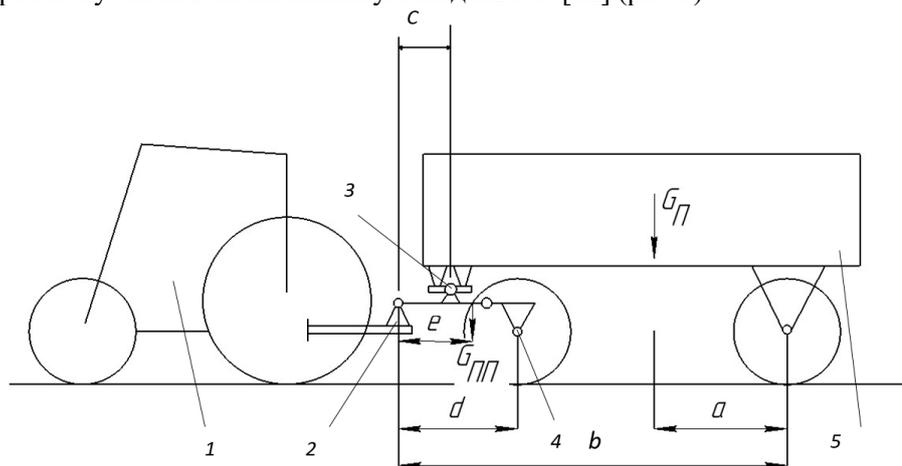


Рисунок 1 - Общая схема «Догружающее-распределяющее устройство для агрегирования одноосных прицепных агрегатов»

1 - Энергетическое средство (трактор); 2 - серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора); 3 - подвижная опора в сборе с сцепным устройством; 4 - промежуточное звено (подкатная тележка); 5- одноосный прицепной агрегат

Использование предлагаемого технического решения позволяет:

- изменять нагрузку на передний мост энергетического средства (трактор);

- изменять нагрузку на задний мост энергетического средства трактора;
- изменять нагрузку на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке).

Это достигается тем, что по мере изменения массы транспортируемого груза меняется и центр масс агрегируемого прицепного агрегата, что вызывает изменение нагрузки, приходящейся на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке). Изменение нагрузки, приходящейся на подвижную опору со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке) в свою очередь изменяет воздействие на сцепное устройство энергетического средства (трактора) с прицепным одноосным агрегатом. В результате этого происходит изменение нагрузки на передний мост энергетического средства, что влияет на техногенное воздействие движителей на почву и его продольную устойчивость [13-16].

На основании проведенных исследований с предлагаемым устройством были получены выражения позволяющие определить:

- реакцию в подвижной опоре со сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

$$N_{по} = \frac{G_{пa}}{b-c}, \tag{1}$$

где $G_{п}$ - вес транспортируемого груза прицепным одноосным агрегатом, Н; a - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и точкой расположения его центра масс, м; b - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора), м; c - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке), м.

- реакцию в серийном сцепном устройстве энергетического средства (трактора)

$$N_{сц} = \frac{G_{пa}}{d(b-c)}(d-c) + \frac{G_{пт}(d-e)}{d}, \tag{2}$$

где $G_{п}$ - вес транспортируемого груза прицепным одноосным агрегатом, Н; a - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и точкой расположения его центра масс, м; b - расстояние между осью колеса прицепного одноосного агрегата и серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора), м; c - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки), м; d - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и осью колеса промежуточного звена (подкатной тележки), м; $G_{пт}$ - вес промежуточного звена (подкатной тележки), Н; e - расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и точкой приложения веса промежуточного звена (подкатной тележки), м. Анализ полученных аналитических выражений (1 и 2) показал, что, изменяя расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележке), можно регулировать нагрузку на серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора) и как следствие нагрузку на передний мост энергетического средства (трактора).

Достоверность полученных теоретических исследований можно наглядно проследить по результатам, представленным в таблице 1 и на рисунках 2 и 3.

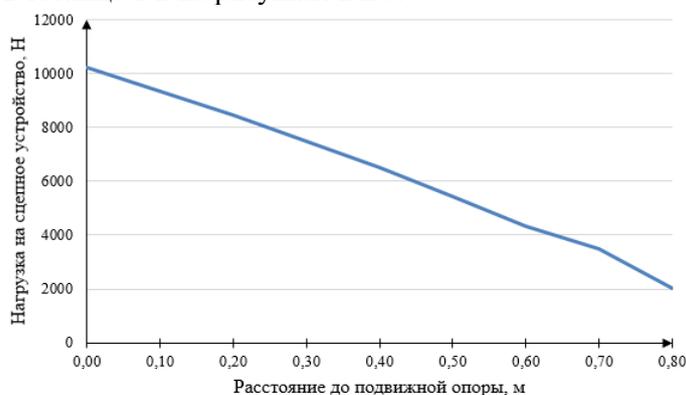


Рисунок 2 - Зависимость нагрузки на серийное сцепное устройство энергетического средства от его расстояния до подвижной опоры в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

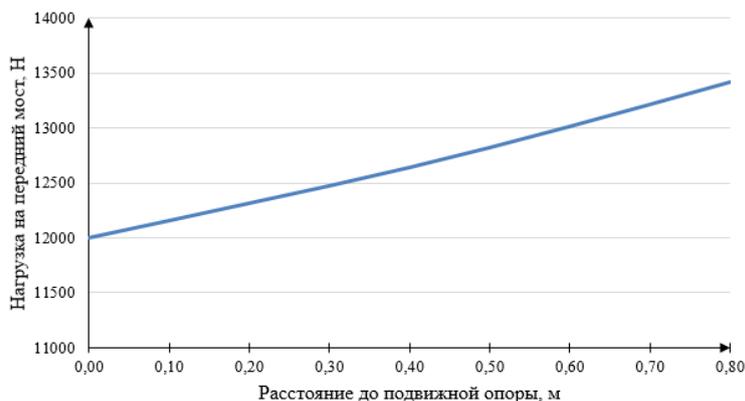


Рисунок 3 - Зависимость нагрузки на передний мост энергетического средства от расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки)

Таблица 1- Результаты исследований

Расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки), м	Нагрузка на серийное сцепное устройство энергетического средства (трактора), Н	Нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора), Н
0	10233	12004
0,1	9357	12154
0,2	8443	12311
0,3	7488	12474
0,4	6490	12645
0,5	5446	12824
0,6	4352	13012
0,7	3804	13210
0,8	2005	13415

На основании проведенных исследований установлено следующее:

- при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на него снижается с 10233 Н до 2005 Н;
- при изменении расстояния между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством, расположенным на промежуточном звене (подкатной тележки) от 0 до 0,8 м нагрузка на передний мост энергетического средства (трактора) возрастает с 12004 Н до 13415 Н;

Выявлено, что использование предлагаемого устройства позволяет регулировать нагрузку на передний мост трактора и тем самым корректировать продольную устойчивость энергетического средства, при работе с прицепными одноосными агрегатами при движении по опорным поверхностям, имеющим угол уклона по отношению к горизонту. Полученные данные согласуются с ранее проведенными исследованиями по данной тематике [1-3].

Выводы. Проведённые исследования показали, что использование предлагаемого технического решения «Догружающее-распределяющее устройство для агрегатирования одноосных прицепных агрегатов» позволяет:

- увеличивать нагрузку на передний мост энергетического средства (трактора) до 11,7%;
- повышать продольную устойчивость машинно-тракторного агрегата, состоящего из энергетического средства (трактора) и прицепного одноосного агрегата при движении по опорной поверхности, имеющей наклон по отношению к горизонту;
- уменьшать вес перевозимого груза.

С целью повышения тягово-сцепных свойств необходимо расстояние между серийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством - уменьшать. Для повышения продольной устойчивости целесообразно расстояния между се-

рийным сцепным устройством энергетического средства (трактора) и подвижной опорой в сборе с сцепным устройством- увеличивать.

Список источников

1. Особенности эксплуатации энергетических средств в условиях рискованного земледелия / З.Ф. Кривуца, С.В. Щитов, С.Н. Марков и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 99-103.
2. Повышение эффективности использования тракторов класса 5 при подготовке почвы под посев / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, И.В. Бумбар и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 6 (106). С. 60-63.
3. Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 80-89.
4. Улучшение тягово-сцепных свойств бороновального машинно-тракторного агрегата / В.В. Леонов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 199. С. 69-81.
5. Исследование по оптимизации глубины обработки почвы [Электронный ресурс] / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2024. № 10 (204). IDA [article ID]: 2042410016. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/10/pdf/16.pdf>, 0.563 у.п.л. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-016>.
6. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3 (51). С. 71-77.
7. Влияние корректора-распределителя сцепного веса на перераспределение нагрузки внутри бороновального агрегата / В.В. Леонов, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 10 (240). С. 85-93.
8. Окунев Г.А., Зырянов А.П., Пятаев М.В. Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста // АПК России. 2022. Т. 29, № 1. С. 48-53.
9. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3 (51). С. 71- 77.
10. Регулирование силового воздействия на каток с учётом свойств почвы / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 80-89.
11. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата при подготовке почвы под посев: монография / Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2024. 164 с. ISBN: 978-5-9642-0597-5.
12. Догружающе-распределяющее устройство для агрегатирования одноосных прицепных агрегатов: пат. 230744 Рос. Федерация / С.В. Щитов, З.Ф.Кривуца, Е.С. Поликутина, А.А. Ковшун, В.А. Щитова, М.В. Безверхая; Заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет. - № 2024126669; заявл. 11.09.2024; опубл. 18.12.24.
13. Улучшение тяговых показателей колёсных энергетических средств при работе с прицепными агрегатами / Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 5 (109). С. 144-148.
14. Результаты исследований по использованию колесного трактора и модернизированной дисковой бороны / А.Е. Слепенков, В.В. Леонов, О.П. Митрохина и др. // Технический сервис машин. 2022. № 1 (146). С. 39-45.
15. Влияние параметров ходовых систем колесных машин на изменение плотности почвы / И.Н. Шило, Н.Н. Романюк, И.С. Крук и др. // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 5. С. 30-37. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37.
16. Ревенко В.Ю., Назаров А.Н., Скорляков В.И. Методика расчёта давления на почву колёсных тракторов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (5). С. 868-876.

Информация об авторах

С.В. Щитов - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, shitov.sv1955@mail.ru.

З.Ф. Кривуца - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, математики и информатики ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, zfk20091@mail.ru.

Е.С. Поликутина – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электро-техники ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, e.polikytina@mail.ru

В.А. Щитова - студент ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, vikasitova814@gmail.com

А.А. Ковшун - аспирант ФБГОУ ВО Дальневосточный ГАУ, lkovshun1@mail.ru

Information about the authors:

S.V. Shchitov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport and Energy Means and Mechanization of the Agro-Industrial Complex Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru.

Z.F. Krivutsa - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physics, Mathematics and Computer Science Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@mail.ru.

E.S. Polikutina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Power Engineering Far Eastern State Agrarian University, e.polikytina@mail.ru

V.A. Shchitova - student Far Eastern State Agrarian University, vikasitova814@gmail.com

A.A. Kovshun - Postgraduate Student Far Eastern State Agrarian University, lkovshun1@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 14.10.2025, одобрена после рецензирования 27.10.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 14.10.2025, approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 12.01.2026.

© Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Поликутина Е.С., Щитова В.А., Ковшун А.А.

Научная статья
УДК 621.867.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Антон Вячеславович Дьяченко

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Статья посвящена тепловым зазорам в газораспределительном механизме автотракторных двигателей. А именно, тому, как изменяются тепловые зазоры в реальных условиях в различных состояниях и на различных тепловых режимах двигателя. Как изменяются результаты измерений тепловых зазоров в зависимости от методики измерения, как это объясняется. Как изменяются тепловые зазоры со временем в процессе эксплуатации. От каких факторов зависит выше перечисленное. Были проведены собственные измерения тепловых зазоров на холодных и прогретых до рабочей температуры двигателях с разной конструкцией газораспределительного механизма: ВАЗ-2111 автомобиля ВАЗ-21099 и Д-243 трактора МТЗ-82. Полученные данные проанализированы, сопоставлены с данными из других источников и даны объяснения полученным результатам. Сделаны следующие выводы. Следует различать тепловые зазоры на холодном неработающем двигателе, тепловые зазоры на прогревом, но остановленном двигателе и тепловые зазоры на работающем и прогревом до рабочей температуры двигателе. Тепловые зазоры на прогревом, но остановленном двигателе могут быть как меньше, так и больше чем на холодном двигателе в зависимости от конструкции и материалов деталей газораспределительного механизма. Для работоспособности двигателя важны тепловые зазоры на работающем двигателе, а не на прогревом и остановленном. Тепловые зазоры на работающем и прогревом двигателе могут не только уменьшаться, но и увеличиваться по сравнению с холодным двигателем в зависимости от конструкции и материалов деталей газораспределительного механизма. Таких конструктивных решений конструкторам двигателей следует избегать. Универсальным решением может быть применение гидрокомпенсаторов.

Ключевые слова: тепловые зазоры, газораспределительный механизм, клапанный механизм, привод клапанов, автотракторный двигатель, трактор.

Для цитирования: Дьяченко А.В. Исследование тепловых зазоров в газораспределительном механизме автотракторных двигателей // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 75-79.

Original article

INVESTIGATION OF THERMAL CLEARANCES IN THE VALVE TRAIN MECHANISM OF AUTOMOTIVE AND TRACTOR ENGINES

Anton V D'yachenko

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. This article is dedicated to thermal clearances in the valve train of automotive and tractor engines. Namely, how thermal clearances change under real conditions in different states and at various engine thermal regimes. How the results of thermal clearances measurements change depending on the measurement technique, how this is explained. How thermal clearances change over time during operation. What factors determine the above. Own measurements of thermal clearances were carried out on cold engines and engines warmed up to operating temperature, with different valve train designs: VAZ-2111 of the VAZ-21099 car and D-243 of the MTZ-82 tractor. The obtained data were analyzed, compared with data from other sources, and explanations for the results were provided. The following conclusions were drawn. It is important to distinguish between thermal clearances in a cold, non-operating engine, thermal clearances in a warmed-up but stopped engine, and thermal clearances in an operating engine warmed up to operating temperature. Thermal clearances in a warmed-up but stopped engine can be both smaller and larger than in a cold engine, depending on the design and materials of the valve train components. For engine operability, thermal clearances in a running engine are crucial, not those in a warmed-up and stopped engine. Thermal clearances in an operating and warmed-up engine can not only decrease but also increase compared to a cold engine, depending on the design and materials of the valve train components. Engine designers should avoid such design solutions. A universal solution could be the use of hydraulic lifters.

Key words: thermal clearances, valve train mechanism, valve mechanism, valve actuator, automobile and tractor engine, tractor.

For citation: D'yachenko A.V. Investigation of thermal clearances in the valve train mechanism of automotive and tractor engines // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 75-79.

Введение. Во время работы двигателя клапаны нагреваются до высокой температуры, и становится существенным тепловое удлинение стержня клапана. Для компенсации теплового удлинения стержня клапана в клапанном механизме оставляют небольшой зазор (0,10...0,50 мм), который необходимо периодически проверять и поддерживать в заданных пределах.

Увеличение теплового зазора приводит к увеличению ударных нагрузок, появлению стуков в механизме газораспределения. Увеличение регулировочного зазора существенно сказывается на возрастании скорости посадки клапана (выше 0,8 м/с), что приводит к появлению ударных нагрузок в момент посадки клапанов в седла. В этом случае увеличиваются контактные напряжения в паре «фаска клапана – седло», приводящие к возрастанию темпов изнашивания пары, появлению деформации клапана (в виде «тюльпана») и существенному увеличению нагрузки на детали узла крепления пружин на клапанах, прежде всего на сухари. Возможны смятие фиксирующих поясков сухарей, рассухаривание, и в редких случаях – обрыв стержня клапана по уровню канавок под пояски сухарей [1].

При очень малых установочных зазорах, на работающем и прогретом двигателе зазор будет полностью выбран, и не будет обеспечиваться герметичность камеры сгорания, двигатель не будет развивать полную мощность, клапаны будут перегреваться, что может повлечь прогар фасок. Наиболее опасно уменьшение зазора для выпускного клапана. Клапан в этом случае раньше открывается и позже закрывается, время перетекания горячих газов через малую щель увеличивается, а время, когда клапан закрыт и должен охлаждаться, отдавая тепло через седло, сокращается. Уменьшенный зазор – наиболее частая причина прогорания рабочих фасок. [2].

Материалы и методы. Тепловые зазоры в газораспределительных механизмах измерялись на двигателях ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099) и Д-243 (трактор МТЗ-82). В отличие от стандартных методик [3], [4], кроме измерений тепловых зазоров на холодных двигателях, были проведены измерения на двигателях прогретых до рабочей температуры. Применялись следующие приборы и инструменты: веерный набор щупов от 0,05 до 1,0 мм; прибор КИ-9918 с индикатором часового типа; набор гаечных ключей.

Результаты исследований и их обсуждение. Может возникнуть вопрос - зачем его исследовать, ведь рекомендуемый тепловой зазор в ГРМ определяется и устанавливается заводом изготовителем. Речь идет о том, как изменяется тепловой зазор в реальных условиях в различных состояниях и на различных тепловых режимах двигателя. Как изменяется результат измерений теплового зазора в зависимости от методики измерения, т.е. «на холодную» или «на горячую», как это объясняется. От каких факторов зависит выше перечисленное.

На рисунке 1 приведены наиболее распространенные конструкции ГРМ и места контроля теплового зазора в них.

В теории тепловой зазор «на холодную» должен быть больше чем «на горячую». На работающем прогретом до рабочей температуры двигателе клапаны прогреваются до высоких температур: впускные до 300...500⁰С, выпускные до 600...800⁰С. В результате чего стержень клапана удлиняется и зазор (рисунок 1) уменьшается (в идеале до нуля).

Однако в Интернете можно встретить ряд статей и видеороликов [5,6], где их авторы демонстрируют обратную ситуацию – при измерении теплового зазора на прогретом двигателе, последний становится больше, а не меньше. Авторы этих роликов прогревают двигатель до рабочей температуры, затем выключают двигатель и, не дав ему остыть, измеряют зазор «на горячую», демонстрируя, что вопреки ожиданиям и теории тепловой зазор на прогретом двигателе увеличивается, а не уменьшается.

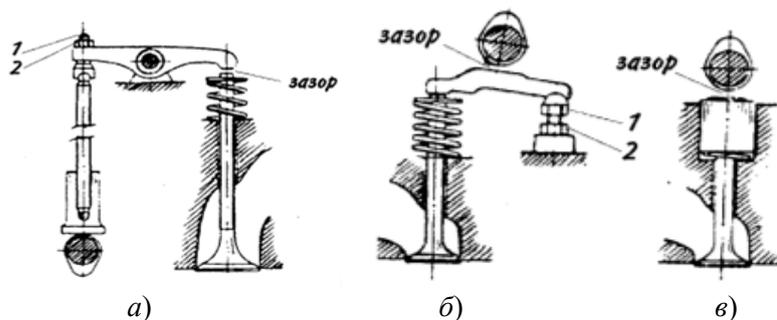


Рисунок 1 – Распространенные виды ГРМ и места контроля теплового зазора: а – с нижним расположением распредвала и приводом клапанов через штанги и коромысла; б – с верхним расположением распредвала и приводом клапанов через рокеры; в – с расположением кулачков распредвала непосредственно над клапанами и приводом клапанов через цилиндрические толкатели; 1 – регулировочный винт; 2 - контргайка

На базе кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве Брянского ГАУ были проведены собственные измерения тепловых зазоров «на холодную» и «на горячую» на двух двигателях с разной конструкцией ГРМ: ВАЗ-2111 автомобиля ВАЗ-21099 и Д-243 трактора МТЗ-82 (рисунок 2).

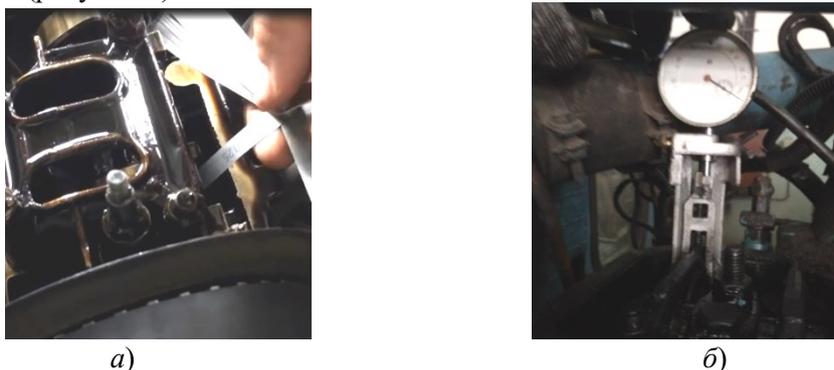


Рисунок 2 – Проведение измерений тепловых зазоров: *а* – на двигателе ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099); *б* – на двигателе Д-243 (трактор МТЗ-82)

Результаты измерений приведены в таблицах 1 и 2. В таблицах номера цилиндров и порядок расположения клапанов приведены в соответствие с их геометрическим расположением на данных двигателях. Для двигателя ВАЗ-2111 легкового автомобиля ВАЗ-21099 с конструкцией ГРМ по схеме, приведенной на рисунке 1, *в*, были получены такие же результаты, как и у авторов из Интернета (таблица 1). Этому есть следующее объяснение.

Таблица 1 – Тепловые зазоры на двигателе ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099)

Величина теплого зазора, мм	Цилиндры (клапаны)							
	1-й цилиндр		2-й цилиндр		3-й цилиндр		4-й цилиндр	
	вып	вп	вп	вып	вып	вп	вп	вып
«на холодную»	0,25	0,15	0,15	0,25	0,25	0,15	0,15	0,25
«на горячую»	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30
нормативный	0,35	0,20	0,20	0,35	0,35	0,20	0,20	0,35

*Измерения проводились набором щупов с точностью 0,05 мм

Таблица 2 – Тепловые зазоры на двигателе Д-243 (трактор МТЗ-82)

Величина теплого зазора, мм	Цилиндры (клапаны)							
	4-й цилиндр		3-й цилиндр		2-й цилиндр		1-й цилиндр	
	вып	вп	вп	вып	вып	вп	вп	вып
«на холодную»	0,41	0,35	0,36	0,40	0,40	0,36	0,34	0,41
«на горячую»	0,38	0,33	0,33	0,36	0,37	0,33	0,32	0,39
нормативный	0,30	0,25	0,25	0,30	0,30	0,25	0,25	0,30

*Измерения проводились с помощью прибора КИ-9918 с индикатором часового типа с точностью 0,01 мм (точность прибора в сборе 0,05 мм)

При нагреве в размерах увеличивается не только стержень клапана, но и другие детали КШМ и ГРМ, входящие в данную размерную цепочку (рисунок 1). Это в общем случае блок цилиндров, головка цилиндров с ее отдельными элементами (постели распредвала, стойки коромысел, опоры рокеров), толкатели, штанги. Расширение выше перечисленных деталей может приводить как к уменьшению, так и к увеличению зазора в приводе клапана. Вклад расширения этих деталей в уменьшение или увеличение теплового зазора зависит от конструкции ГРМ и материала этих деталей.

Время, за которое остывают те или иные детали, зависит от их материала, массивности и перепада температур детали с окружающей средой. Клапаны маленькие детали, нагревающиеся до высоких температур: впускные до 300...500⁰С, выпускные до 600...800⁰С. Головка блока очень массивная деталь и нагревается до температур 100...120⁰С (до 150⁰С у двигателей с воздушным охлаждением). За время пока экспериментатор выключает двигатель, открывает капот, снимает клапанную крышку и начинает измерение зазоров, клапан успевает существенно остыть и укоротиться. Головка блока довольно долго держит свою температуру и увеличившиеся размеры. Важным нюансом является то, что в современных бензиновых двигателях легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ, применяют головки блока цилиндров из алюминиевого сплава, а алюминий имеет вдвое больший коэффициент теплового расширения, чем сталь и чугун. Кроме того, в конструкциях,

где распредвал расположен в алюминиевой головке (алюминиевых постелях), на зазор существенное влияние оказывает, не только увеличение высоты головки, но и расширение (увеличение диаметра) постелей распредвала. При этом распредвал, поджатый кулачками открытых в данный момент клапанов, смещается в сторону увеличения зазора в приводе закрытых в этот момент клапанов. Поэтому результаты измерения теплового зазора на прогревом, но остановленном двигателе оказываются больше чем на холодном. На работающем и прогревом до рабочей температуры двигателя зазоры, очевидно, будут меньше. Однако, это невозможно зафиксировать данными приспособлениями.

Для двигателя Д-243 трактора МТЗ-82 получены другие результаты (таблица 2). Результаты измерений теплового зазора на прогревом двигателе оказались несколько меньше, чем «на холодную». Это можно объяснить другой конструкцией ГРМ (рисунок 1, а) и материалами его деталей. Данная конструкция содержит штанги толкателей – длинные детали, выполненные из стального прутка, удлинение которых при нагреве, также как и удлинение клапанов уменьшают зазор. Расширение головки его увеличивает, но головка блока двигателя Д-243 изготавливается не из алюминиевого сплава, как в предыдущем случае, а из чугуна, который имеет несколько меньший коэффициент теплового расширения, чем сталь, из которой изготовлены клапаны и штанги. Таким образом, удлинение клапанов и штанг перевешивает расширение головки, и это может сохраняться некоторое время на остановленном, но еще полностью не остывшем двигателе. Однако, здесь нужно отметить, что хотя точность измерения индикатора часового типа 0,01 мм, но точность прибора КИ-9918 в сборе по его техническим характеристикам составляет 0,05 мм. Накапливаются погрешность установки прибора на тарелку клапана, возможный перекося подвижной каретки прибора относительно неподвижной и т.д. Кроме этого, при повторной установке КШМ и ГРМ в ВМТ детали не займут абсолютно идентичного положения, как в предыдущий раз. Таким образом, полученные результаты (таблица 2) лежат в пределах погрешности прибора. Однозначно можно сказать только то, что на двигателе Д-243 тепловой зазор не увеличивается, как на двигателе ВАЗ-2111. Существовали методики измерения теплового зазора «на холодную» и «на горячую». Из-за травмоопасности и высокой погрешности измерений на прогревом двигателе от второго способа впоследствии отказались.

Величина тепловых зазоров в холодном и прогревом двигателе определяется конструкцией ГРМ и материалами его деталей. При нагреве изменяются размеры не только клапана, но и элементов КШМ и ГРМ, что может как компенсировать, так и увеличивать зазор. В ряде конструкций применяются минимальные зазоры «на холодную», которые при работе двигателя остаются практически неизменными за счёт теплового расширения деталей. В неблагоприятных случаях зазоры могут увеличиваться, вызывая шум и износ, чего следует избегать. Универсальным решением данной проблемы является применение гидрокомпенсаторов. В любом случае важен зазор на работающем двигателе. Еще в СССР были разработаны конструкции приспособлений, позволяющих измерять тепловой зазор на малых оборотах работающего двигателя, например патент Ревенко П.А. (Ревенко П.А. Устройство для проверки теплового зазора в приводе клапанов двигателя между клапаном и коромыслом. Авторское свидетельство СССР № 241698. 1968. Бюл. № 14). Приспособление крепится на оси коромысел, его измерительные рычаги совершают движения вместе с коромыслами. На практике такие приспособления распространения не получили и в продаже не встречаются.

Другим примером исследований, требующих критического осмысления, могут служить теоретические исследования, приведенные в работе [7]. По расчетам авторов в двигателе ЯМЗ-5340 с нижним расположением и приводом клапанов через штанги и коромысла (рисунок 1, а), при прогреве двигателя до рабочей температуры, рекомендуемые тепловые зазоры (0,30 мм) будут полностью исчерпаны, и клапаны окажутся приоткрытыми. Однако данные расчеты чисто теоретические, и при этом приняты следующие допущения. Тепловые зазоры зависят только от удлинения штанг и клапанов, без учета расширения других деталей - головки и блока, удлинение клапана рассчитано приблизительно (температура от тарелки к торцу стержня изменяется линейно). Подтверждающих данных из опыта эксплуатации этих двигателей не приводится.

Второй вопрос - как и почему тепловой зазор изменяется в процессе эксплуатации со временем (в долгосрочной перспективе). Это зависит от данной конкретной конструкции. Причина изменения теплового зазора со временем – износ деталей ГРМ (износ кулачков распредвала, контактных поверхностей коромысел, толкателей, смятие торца клапана). В традиционных конструкциях, выполненных по схемам, приведенным на рисунках 1 а и б, например, в двигателях тракторов, грузовых автомобилей, классических моделей ВАЗ-2101...07 наиболее интенсивно изнашиваются торец клапана и боек коромысла (рокера), и со временем тепловой зазор увеличивается. Увеличившийся зазор проявит себя в виде стука. В ГРМ современных высокотемпературных двигателей легковых автомобилей, выполненных по схеме, приведенной на рисунке 1 в, например, переднеприводных моделей ВАЗ наиболее интенсивно изнашиваются фаска клапана и его седло. Клапан «просаживается», и теп-

ловой зазор со временем уменьшается. Это более опасная ситуация. Уменьшение теплового зазора со временем никак не проявляется и может привести к неплотному закрытию клапанов и их прогоранию. Это подтверждают полученные данные (таблицы 1 и 2) – в двигателе ВАЗ зазоры меньше нормативных, в тракторном двигателе Д-243 – больше.

Кроме того, выставляемый тепловой зазор должен быть таким, чтобы небольшой зазор оставался даже на работающем прогревом до максимальной температуры двигателя. Стержень клапана устанавливается в направляющую с некоторым зазором, который неравномерно увеличивается в процессе эксплуатации. В результате этого клапан несколько смещается и перекашивается относительно первоначальной оси направляющей. При этом тарелка клапана набивает немного несоосную и перекошенную фаску в седле. Если после этого установить малый зазор, который полностью будет выбираться при прогреве двигателя, клапаны будут неплотно садиться в седла, со всеми вытекающими последствиями.

Выводы. 1. Следует различать: зазор на холодном неработающем двигателе; зазор на прогревом, но остановленном двигателе; зазор на работающем и прогревом до рабочей температуры двигателя.

2. Тепловой зазор на прогревом, но остановленном двигателе может быть как меньше, так и больше чем на холодном двигателе в зависимости от конструкции и материалов деталей ГРМ. Важен тепловой зазор на работающем двигателе, а не на прогревом и остановленном. Однако, измерить тепловой зазор на работающем двигателе стандартными доступными средствами к сожалению нельзя.

3. Тепловой зазор на работающем и прогревом двигателе может не только уменьшаться, но и увеличиваться по сравнению с холодным двигателем в зависимости от конструкции и материалов деталей ГРМ. Очевидно, что таких конструктивных решений конструкторам следует избегать.

Список источников

1. Исследование работоспособности деталей механизма газораспределения автотракторных дизельных двигателей / Б.С. Антропов, В.В. Гумённый, А.А. Рудаков, В.А. Генералов // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 3 (51). С. 68-71.

2. Карапетян М.А., Гамидов А.Г., Тойгамбаев С.К. Технология восстановления деталей технологических машин. М.: ООО "Мегаполис", 2021. 136 с.

3. ВАЗ-2108i, -09i, -099i. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. М.: Издательский дом Третий Рим, 2007. 160 с.

4. Белоконь Я.Е., Окоча А.И., Шкаровский Г.В. Тракторы «Беларус» семейств МТЗ и ЮМЗ: устройство, работа, техническое обслуживание / под ред. Я.Е. Белоконя. Чернигов: Изд-во «Ранок», 2007. 260 с.

5. Тепловые зазоры на горячем двигателе [Электронный ресурс] // Авто_Ремонт. – Режим доступа: <https://youtu.be/7u00CvhQstc>. - 13.03.25 г.

6. Как меняется зазор клапанов при нагреве на двигателе эндуро 170fmm // #Сибиряк 24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rutube.ru/video/830bc60344413e37dd84d035d5ea899c/?r=plwd>. - 16.03.25 г.

7. Хохлов А.А., Петряков Д.С., Петряков М.С. Расчет номограммы теплового зазора клапанов газораспределительного механизма двигателя ЯМЗ-5340 // Актуальные вопросы науки и практики: сб. науч. ст. по материалам XIII междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2023. С. 35-42.

Информация об авторе:

А.В. Дьяченко – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, avdyachenkoo@mail.ru.

Information about the author:

A.V. D'yachenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Systems in Agrobusiness, Environmental Engineering, and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, avdyachenkoo@mail.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 14.11.2025, одобрена после рецензирования 15.12.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 14.11.2025, approved after reviewing 15.12.2025, accepted for publication 12.01.2026.

© Дьяченко А.В.

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.