ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта 2007 года

Выходит один раз в два месяца

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

(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Научный журнал

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

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

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

№ 4 (116)
ИЮЛЬ-АВГУСТ 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Оценка распространённых заболеваний сахарной свеклы в Брянской области 3
Ториков В.Е., Симонов В.Ю., Сычёва И.В., Милехина Н.В., Сазонова И.Д.

Действие органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория и качество получаемой продукции 10
Пургина А.В., Смольский Е.В.

Мониторинг продуктивности культур севооборота в субальпийском поясе горной зоны Северной Осетии 16
Кучиев С.Э., Козырев А.Х.

Роль зернобобовых культур в повышении агробиологической эффективности севооборотов 23
Ториков В.Е., Долгополова Н.В., Мельникова О.В., Репникова В.И., Евсеенко И.А., Вишневецкий Д.Е.

Оценка эффективности возделывания сортов сорго сахарного [Sorgum bicolor (L.) Moench] в условиях Центрального Нечерноземья 30
Сычёв С.М., Дронов А.В., Бельченко С.А., Багринцева Н.А.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Влияние минерально-витаминных добавок на интенсивность роста и использование обменной энергии телятами голштинской породы 36
Лысенко С.В., Гамко Л.Н., Лещуков К.А., Радчиков В.Ф.

Биоэнергетический прогноз продуктивного долголетия коров 42
Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Чанин Г.А., Лемеш Е.А.

Особенности роста и развития ремонтных телок при скармливании кормовой добавки «Клювер Про+» 48
Белозерова О.В., Касаткина И.А.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Оценка эффективности внедрения роботизированных комплексов для операций обвалки и жиловки мяса 53
Верезубова Н.А., Сакович Н.Е., Купреенко А.И., Вьюева С.А.

Цифровые технологии как инструмент повышения энергоэффективности АПК 60
Погонышев В.А., Погонышева Д.А., Филин Ю.И.

Экологические последствия чрезвычайных ситуаций в системах жизнедеятельности современности: состояние, пути их динамичного снижения и ликвидации 67
Сакович Н.Е., Шкрабак Р.В., Христофоров Е.Н., Шкрабак В.С., Шкрабак А.Р., Верезубова Н.А.

Разработка конструкции адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки воды 74
Козлов С.И., Пузевич К.Л., Кузюр В.М., Будко С.И.

No 4 (116)
JULY-AUGUST 2026

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Assessment of common diseases in sugar beet in the Bryansk Region 3
V.E. Torikov, V.Y. Simonov, I.V. Sycheva, N.V. Milekhina, I.D. Sazonova

The effect of organic and mineral fertilizer on the yield of chicory root crops and the quality of the resulting crop production 10
A.V. Purgina, E.V. Smolsky

Monitoring the productivity of crop rotation crops in the subalpine zone of the mountain zone of North Ossetia 16
S.E. Kuchiev, A.K. Kozyrev

The role of grain-bob crops in improving the agrobiological efficiency of crop rotation 23
V.E. Torikov, N.V. Dolgopolova, O.V. Melnikova, V.I. Repnikova, I.A. Evseenko, D.E. Vishnevetsky

Assessment of effectiveness cultivation sugar sorghum varieties [Sorgum bicolor (L.) Moench] in conditions of the Central Non-Black Earth Region 30
S.M. Sychev, A.V. Dronov, S.A. Belchenko, N.A. Bagrintseva

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

Influence of mineral-vitamin supplements on growth intensity and metabolizable energy use in Holstein calves 36
S.V. Lysenko, L.N. Gamko, K.A. Leshchukov, V.F. Radchikov

Bioenergetic forecast of productive longevity of cows 42
L.D. Samusenko, A.V. Mamaev, G.A. Chanin, E.A. Lemesh

Features of growth and development of repair calves when feeding the fodder additive “Clover Pro+” 48
O.V. Belozerova, I.A. Kasatkina

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Evaluation of the effectiveness of introducing robotized complexes for meat deboneing and veining operations 53
N.A. Verezubova, N.E. Sakovich, A.I. Kupreenko, S.A. Vyueva

Digital technologies as a tool for increasing the energy efficiency of the agro-industrial complex 60
V.A. Pogonyshev, D.A. Pogonysheva, Y.I. Filin

Environmental consequences of emergencies in modern life systems: deterioration, the ways of their dynamic reduction or liquidation 67
N.E. Sakovich, R.V. Shkrabak, E.N. Khristoforov, V.S. Shkrabak, A.R. Shkrabak, N.A. Verezubova

Development of an adaptive technological capacity for magnetic water treatment 74
S.I. Kozlov, K.L. Puzevich, V.M. Kuzyur, S.I. Budko

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

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

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

ISSN 2500-2651.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г).
Тираж 250 экз. Подписано в печать 09.08.2026.
Дата выхода в свет 20.08.2026.
Свободная цена.
Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а,
E-mail: vestnik@bgsha.com.
Сайт: https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/
Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.
243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а.
© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2026

16+

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

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

Editors:
Y.I. Filin - executive editor
E.N. Osipova - technical editor;
E.V. Smol'ski - column/section editor;
A.G. Menyakina - column/section editor;
A.I. Kupreenko - column/section editor;
S.N. Potsepai - translation corrector;
A.A. Kudrina - bibliographer.
ISSN 2500-2651.
The registration certificate of mass media PI № FS77-28094 of April 27, 2007.
Circulation of 250 copies. Signed to printing - 09.08.2026.
The release date is 20.08.2026.
Free price.
Edition address: 2a Sovetskaya St., Vygonichy District, Bryansk Region, Russia, 243365
E-mail: vestnik@bgsha.com.
Website: https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha
© FSBEI HE Bryansk SAU, 2026

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

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

Научная статья
УДК 632.913 (470.333)

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЁННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Владимир ЕфимовичТориков, Виталий Юрьевич Симонов, Ирина Васильевна Сычёва, Наталья Витальевна Милехина, Ирина Дмитриевна Сазонова
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В условиях Брянской области проведена оценка развития и распространенности корнееда, мучнистой росы, пероноспороза и церкоспороза на отечественных гибридах сахарной свеклы. Исследования проводили в 2024–2025 гг. в полевых опытах Брянского ГАУ. Колебания среднесуточных температур и повышенная влажность в июне-июле 2024-2025 гг. способствовали развитию заболеваний на сахарной свекле. В целом все гибриды сахарной свеклы поражались данными заболеваниями, но в разной степени. Значительное развитие корнееда отмечено у гибридов Волна, Прилив, Скала, Вулкан в 2024 году по сравнению с 2025 годом, при этом показатель R составил 1,34-2,27%. Распространённость заболевания варьировала от 8,3 до 10,9%. В то же время по гибриду Буря этот показатель в 2024 составил 4,3%, в 2025 году - 3,0%, с показателем R - 0,75-0,5% соответственно. В 2024-2025 гг. распространённость церкоспороза находилась на уровне от 40,3% до 48,5%. При этом процент развития заболевания составил от 20,4 до 28,7% . Развитие пероноспороза по исследуемым годам было незначительным и составило 0,3-0,6% с распространённостью заболевания от 1,0 до 1,6%. Проявление симптомов мучнистой росы было отмечено во второй декаде июля 2024 года и третьей декаде этого же месяца в 2025 году. Развитие болезни варьировало в 2024 году от 9,6% у гибрида Буря до 12,2% - гибрид Волна. Выделены отечественные гибриды сахарной свеклы с хозяйственно-ценными признаками в условиях Брянской области.

Ключевые слова: сахарная свекла, гибриды, корнеед, мучнистая роса, пероноспороз, церкоспороз, сахаристость, урожайность.

Для цитирования: Оценка распространённых заболеваний сахарной свеклы в Брянской области / В.Е.Ториков, В.Ю. Симонов, И.В. Сычёва и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 3-9.

Original article

EVALUATION OF PREVALENCE SUGAR BEET DISEASES IN THE BRYANSK REGION

Vladimir Ye. Torikov, Vitaly Yu. Simonov, Irina V. Sychyova, Natal'ya V. Milekhina, Irina D. Sazonova
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract*. An evaluation of the development and prevalence of root rot, powdery mildew, downy mildew, and cercospora leaf spot on domestic sugar beet hybrids was conducted under the conditions of the Bryansk region. The researches were carried out in 2024–2025 in field experiments at Bryansk State Agrarian University. Fluctuations in average daily temperatures and high humidity in June-July 2024-2025 contributed to the development of diseases on sugar beets. In general, all sugar beet hybrids were affected by these diseases but to different degrees.The significant development of the root rot was noted for the hybrids Volna, Priliv, Skala, Vulcan in 2024 compared to 2025, with the R indicator being 1.34-2.27%. Disease prevalence ranged from 8.3 to 10.9%. At the same time, for the Burya hybrid this figure in 2024 was 4.3%, in 2025 - 3.0%, with an R indicator of 0.75-0.5%, respectively. In 2024-2025 The prevalence of cercosporiosis infection ranged from 40.3% to 48.5%. At the same time, the percentage of disease development ranged from 20.4 to 28.7%. The development of peronosporosis in the years studied was insignificant and amounted to 0.3-0.6% with the prevalence of the disease from 1.0 to 1.6%. The manifestation of symptoms of powdery mildew was noted in the second ten days of July 2024 and the third ten days of the same month in 2025. The development of the disease varied in 2024 from 9.6% in the Storm hybrid to 12.2% in the Volna hybrid. Domestic sugar beet hybrids with economically valuable traits have been identified that are relatively resistant to cercospora blight, peronospora blight, powdery mildew and root rot under the conditions of the Bryansk region.*

Keywords*: sugar beet, hybrids, root rot, powdery mildew, peronosporosis, cercosporiosis, sugar content, yields.*

For citation. *Evaluation of* prevalence *sugar beet diseases in the Bryansk Region/ V.Ye. Torikov, V.Yu. Simonov, I.V. Sychyova et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 3-9.*

Введение. Сахарная свекла при выращивании поражается более 70 различными заболеваниями, включая микозные, бактериальные, вирусные, фитоплазменные, нематодозные болезни и болезни, вызванные цветковыми паразитами р. *Cuscuta* L. Причем эти заболевания часто вызывают виды патогенов из разных царств, классов, родов. При развитии они способны образовывать сложные микозно-бактериозные комплексы с большим количеством видов, которые изменяются в зависимости от географической зоны и почвенно-климатических условий [1]. В настоящее время Российская Федерация является крупнейшим производителем сахарной свеклы в мире. При этом Брянская область по посевным площадям и урожайности культуры занимает 20-е место с долей 0,4% в Российской Федерации [4].

Наиболее распространенными и вредоносными болезнями сахарной свеклы в Брянской области являются в фазе всходов - корнеед; в период вегетации - церкоспороз, мучнистая роса, пероноспороз (ложная мучнистая роса), в предуборочный период и период хранения корнеплоды поражаются кагатной гнилью.

Возбудителями корнееда могут выступать более сотни патогенов из разных таксономических единиц (родов, классов). Это могут быть грибы рр. *Fusarium, Pythiym, Phoma, Aphanomyces, Rhizoctonia*, а также грибы из рода *Penicillium* и бактерии рр. *Pectobacterium, Pseudomonas*. К примеру, на Кубани распространены грибы из рр. *Pythiym, Fusarium, Phoma, Rhizopus*; в условиях Краснодарского края – *Fusarium spp., Alternaria alternata Nees., Verticillium spp., Rhizoctonia spp., Phoma betae Frank., Trichoderma spp., Trichotecium roseum Link., Cladosporium herbarum Link., Cephalosporium acremonium Corda, Stemphylium spp., Mucor mucedo Fres., Rhizopus nigricans Ehr.*; в ЦЧР России доминантами в патокомплексе корнееда были виды *F. solani Sacc. и F. oxysporum* Schltdl (2004–2016 гг.), к 2015 г. произошли изменения: корнеед с доминированием грибов рода *Fusarium* (микозная этиология) сменился корнеедом бактериальной этиологии. Возбудители поражают ослабленные растения с фазы проростков до образования 2…3 пар настоящих листьев, вызывающих почернение корешка, черешков семядолей, подсемядольного колена. Установлено, что процесс загнивания начинает проявляться от начала прорастания семян до фазы трех пар настоящих листьев. Вначале появляются стекловидные или бурые пятнышки, бурые полоски по всей длине корня. Затем поражение переходит на верхнюю часть корня с образованием на подсемядольном колене кольцевидной перетяжки из почерневших загнивающих тканей. Пораженные всходы плохо развиваются, увядают и гибнут. Неблагоприятные погодно-климатические условия, тяжелый мехсостав и повышенная кислотность усугубляют заболевание. Корнеед, как болезнь сахарной свеклы, отличается вредоносностью, с поражением и гибелью проростков до выхода их на поверхность почвы, что вызывает изреженность посевов культуры и является одной из причин снижения продуктивности и качества сырья [1,2,3].

Церкоспороз (*Cercospora beticola* Sacc.) характеризуется, как заболевание в период вегетации, широким ареалом распространения во всех зонах свеклосеяния. Болезнь начинает проявляться на молодых, но уже хорошо развитых листьях с образованием округлых пятен серовато-пепельного цвета с каймой. Диаметр пятен составляет до 2-3 мм, во влажную погоду они покрываются бархатистым серовато-белым налетом. Мицелий возбудителя *Cercospora beticola* Sacc. проникает в межклетники пораженных тканей, в дальнейшем на пораженной поверхности с обеих сторон начинают выступать светло-коричневые коленчато-изогнутые конидиеносцы с формированием бесцветных обратно-булавовидных или почти игловидных конидий. Распространение заболевания во время вегетации осуществляется с помощью конидий. Патоген перезимовывает в отмерших листьях и черешках, в околоплодниках семенных клубочков, образуя утолщенные темноокрашенные гифы, дающие весной конидиальное спороношение и являющиеся источником первичного заражения. У зараженных растений в корнеплодах повышается концентрация солей аммония и аминокислот, при этом уровень органических фосфатов снижается и уменьшается передвижение органических соединений фосфора из листьев в корнеплоды. Больные растения отстают в росте и развитии, масса корнеплодов может снижаться на 10-40%, сахаристость на 0,5-2% [1,2,3,4].

Мучнистая роса (*Erysiphe communis* Crev.f.sp. *betae* Poteb.) поражает все надземные органы, на них образуется белый или сероватый паутинистый налет, состоящий из мицелия и конидиального плодоношения. К концу вегетации патоген формирует сумчатую стадию в виде плодовых тел – клейстотециев. Вначале признаки болезни проявляются на листьях среднего и нижнего ярусов розетки в виде белого мучнистого налета, причем с обеих сторон листа. Возбудитель – облигатный паразит *Er-*

ysiphe communis Crev.f.sp. *betae* Poteb., формирует белый налет, состоящий из грибницы, конидиеносцев, конидий, которые развиваются в несколько генераций за вегетационный период. Сохраняется возбудитель на растительных остатках, на поверхности почвы, семенах, маточных растениях в виде клейстотециев, во время вегетации болезнь передается конидиями [1,2,3,4].

Возбудитель пероноспороза или ложной мучнистой росы (*Peronospora schachtii* Fuck.) распространяется в период после всходов с наступлением холодной и влажной погоды. Симптомы поражения обнаруживаются на центральных листьях розетки. Пораженные листья становятся светло-зелеными, начинают деформироваться, на нижней стороне листьев формируется серый с фиолетовым оттенком рыхлый налет, который является характерным диагностичесим признаком данной болезни. При этом пораженные листья через 15...27 дней после появления первых признаков начинают отмирать. Фитопатоген в течение лета распространяется в помощью конидий, которые могут разноситься ветром, дождем, сельскохозяйственными орудиями. Заболевание снижает урожайность культуры [1,2,3,4].

Важное значение имеет изучение отечественных гибридов сахарной свеклы по комплексу хозяйственно ценных признаков и относительной устойчивости к опасным заболеваниям (корнеед, церкоспороз, мучнистая роса, пероноспороз) в конкретных природно-климатических зонах [5,6,7,8].

Целью исследования было изучение распространённости основных заболеваний на гибридах сахарной свеклы отечественной селекции в условиях Брянской области.

Задачи исследования:

- изучение развития и распространённости корнееда, пероноспороза, церкоспороза, мучнистой росы на гибридах сахарной свеклы в условиях Брянской области;
- оценка сахаристости гибридов сахарной свеклы отечественной селекции;
- определение урожайности гибридов сахарной свеклы.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования проводили в течение 2024-2025 гг. в стационарном полевом опыте в звене зернопропашного севооборота (чистый пар-озимая пшеница-сахарная свекла), в учебно-научной лаборатории по защите растений кафедры агрономии, селекции и семеноводства, и в Центре коллективного пользования научным оборудование ФГБОУ ВО Брянского ГАУ. Объекты исследований – односемянные диплоидные и триплоидные гибриды на стерильной основе отечественной селекции Буря F_1, Волна F_1, Вулкан F_1, Прилив F_1, Скала F_1 («СоюзСемСвекла»). Оценка и учет распространённости и развития болезней сахарной свеклы во время вегетации осуществляли на естественном инфекционном фоне полевых опытов, без применения фунгицидных обработок. Доза внесения минеральных удобрений - $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Посев дражированных семян культуры проводили в первой декаде мая в 2024-2025 гг. Площадь учетной делянки составляла 10 м^2. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности исследовали по 100 растений. Почва стационара - серая лесная среднесуглинистого гранулометрического состава, средне окультурена. Подстилающая порода - лессовидные суглинки, достаточно проницаемые для воды и воздуха. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 3,5-3,6 % (по Тюрину); подвижного фосфора – 280-320 и обменного калия 178-195 мг/кг (по Кирсанову), реакция почвенного раствора pH_{KCl} 5,5-5,6. Агротехника возделывания сахарной свеклы - общепринятая для зоны.

Корнеед учитывали через каждые 10 дней, начиная с фазы всходов и до образования 2 пар настоящих листьев. Ростки просматривали и оценивали на степень поражения (%) по шкале: 0 – визуальные симптомы заболевания отсутствуют; 1 балл (25%) - слабое поражение, побурение охватывает не более 1/4 длины корешка, имеются бурые полосы на гипокотиле или корешке без образования перетяжки; 2 балла (50%) - среднее поражение, пораженные участки составляют около половины длины корешка, побурение охватывает корешок со всех сторон, распространяясь не более чем на половину длины корешка, намечается перетяжка; 3 балла (75%) - сильное поражение, поражено 3/4 длины корешка, перетяжка явно выражена, пораженная ткань от темно-бурой, до почти черной; 4 балла (100%) - росток погиб, корешки и семядоли усохли.

Учеты церкоспороза, пероноспороза и мучнистой росы проводили 1 раз в 2 недели. Определяли развитие и распространённость заболеваний. Степень поражения описывали в баллах и процентах по шкале: 0 балл - нет признаков заболевания; 0,1 балла (5%) - поражено не более 5% площади поверхности (единичные пятна, налет); 0,5 балла (6-10%) - редкие пятна (налет) на нижнем ярусе листьев; 1 балл - (11-25%) – пятнами (налетом) покрыт весь нижний ярус листьев, некрозов нет; 2 балла (26-50%) - нижний ярус листьев густо покрыт пятнами (налетом), наблюдаются некрозы, пятна есть на среднем ярусе листьев, верхний ярус не поражен; 3 балла (51-75%) - наблюдается отмирание нижнего яруса, сильное поражение среднего яруса, местами с некрозами; 4 балла (76-100%) - отмирание листьев нижнего и среднего ярусов, поражение листьев верхнего яруса, живых листьев не более 25%.

Согласно общепринятым методикам в течение вегетационного периода были проведены: фенологические наблюдения, биометрические измерения, учет урожая [10].

Гибрид сахарной свеклы Буря F_1 был выбран в качестве стандарта при хозяйственной оценке.

Математическая обработка экспериментальных данных была проведена по общепринятой методики Б.А. Доспехова [11].

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы MS EXCEL.

Результаты и их обсуждение. Технология возделывания сахарной свеклы требует тщательной оценки распространённости основных заболеваний, причем развитие патогенов зависит от природно-климатических факторах конкретного региона, относительной устойчивости генотипов данной культуры. По данным метеостанции Брянского ГАУ было установлено, что среднесуточная температура, а также приход ФАР в 2024 году по сравнению с 2025 годом были выше практически в каждом месяце. Средняя температура воздуха в июле составила 28,3^{0}С в 2024 году, в 2025 году - 24,2^{0}С (табл.1). В тоже время в 2025 году, начиная с мая, отмечалось повышенное выпадение осадков по сравнению с 2024 годом. Так в мае 2025 года выпало 42 мм осадков, что на 38 мм выше по сравнению с 2024 годом. В июле 2025 года этот показатель был превышен на 43 мм по сравнению с этим же месяцем 2024 года и составил 137 мм осадков.

Таблица 1 - Погодные условия вегетационных периодов 2024-2025 гг.
(опытное поле Брянского ГАУ)

Месяц	Средняя температура воздуха, ^{0}С		Влажность, %		Осадки, мм		Температура почвы на глубине 20 см	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Май	13,9	12,7	58	55	4	42	12,3	11,2
Июнь	19,1	18,8	54	64	95	137	19,7	18,4
Июль	28,3	24,2	61	64	72	74	24,3	22,8
Август	20,1	19,4	58	66	36	42	19,7	19,2
Сентябрь	17,2	16,0	48	64	35	15	16,1	15,9

Климатическая изменчивость за период исследований 2024-2025 гг. позволила оценить влияние погодно-климатических условий на рост и развитие растений сахарной свеклы. В годы проведения исследований повышенная влажность, а также колебания среднесуточных температур в вегетационный период способствовали развитию распространённых заболеваний на сахарной свекле.

В ходе проведенных исследований на сортообразцах сахарной свеклы было установлено варьирование степени пораженности и распространенности заболеваний при развитии корнееда, церкоспороза, мучнистой росы и пероноспороза (табл. 2).

Таблица 2 - Развитие и распространённость болезней сахарной свеклы
(опытное поле Брянского ГАУ, 2024 - 2025 гг.)

Название гибрида	Корнеед				Церкоспороз				Пероноспороз				Мучнистая роса			
	R, %		P, %		R, %		P, %		R, %		P, %		R, %		P, %	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Буря F_1	0,75	0,5	4,3	3,0	20,4	26,8	42,3	41,3	0,4	0,4	1,2	1,2	9,6	7,2	14,4	10,6
Волна F_1	1,34	1,08	9,4	4,6	23,5	24,1	44,6	39,6	0,3	0,3	1,0	1,0	12,2	11,0	17,0	16,2
Вулкан F_1	2,27	0,92	10,3	3,67	27,2	25,0	45,4	40,5	0,4	0,3	1,2	1,0	11,6	11,4	17,1	15,6
Скала F_1	2,2	1,08	10,9	4,33	28,7	27,5	48,5	42,5	0,5	0,4	1,6	1,2	11,4	10,8	17,0	14,9
Прилив F_1	1,7	0,75	9,6	3,1	23,7	26,8	45,0	41,1	0,4	0,4	1,3	1,2	11,5	12,1	17,1	17,6

Примечание: R, % - развитие заболевания; P, % -распространённость заболевания.

Учет корнееда, проводили с момента появления всходов (фаза вилочка - вторая пара настоящих листьев) до формирования густоты насаждения. На каждом гибриде отбирали через равные промежутки по диагонали по 50-100 растений. Выкопанные ростки оценивали глазомерно и определяли процент поражения. При анализе данных таблицы 2 следует отметить значительное развитие корнееда у гибридов Волна, Прилив, Скала, Вулкан в 2024 году по сравнению с 2025 годом, при этом показатель R составил 1,34-2,27%. Распространённость заболевания варьировала от 8,3 до 10,9%. В то же время по гибриду Буря этот показатель в 2024 составил 4,3%, в 2025 году - 3,0%, с показателем R - 0,75-0,5% соответственно. В целом 2025 году развитие болезни было отмечено в пределах 3,0-4,6% по анализируемым гибридам.

Учет развития церкоспороза, пероноспороза и мучнистой росы начинали с появления на листьях свеклы среднего яруса (не сердцевинных и не отмерших) первых симптомов. Учет заболеваний проводили на каждой делянке гибрида в 10 местах, расположенных равномерно по диагонали делянки. В каждом месте учитывали подряд по 10-20 растений.

Одним из опасных эпифитотийным заболеванием на сахарной свекле в настоящее время является церкоспороз (*Cercospora beticola* Sacc.). Развитие данного заболевания особенно ярко проявляется при чередовании погодных условий в летний период: от сухой до умеренно влажной. При среднесуточной температуре 25-28^{0}С создаются наиболее оптимальные условия для развития церкоспороза. Данное заболевание прогрессирует при ночной температуре свыше 15^{0}С, дневной – свыше 20^{0}С, при этом влажность воздуха должна составлять 70%, а сумма осадков в период апрель-июнь не менее 200 мм.

Рассматривая распространённость и развитие церкоспороза, следует отметить, что это заболевание ежегодно проявлялось на участках при выращивании сахарной свеклы и по 2024-2025 гг. распространённость заболевания находилась на уровне от 40,3% до 48,5%. При этом процент развития заболевания составил от 20,4 до 28,7% . При оценке относительной устойчивости все изучаемые гибриды сахарной свеклы поражались возбудителем. Следует отметить, что при развитии церкоспороза инкубационный период может составлять от 7 до 40 дней. Механизм воздействия заключается в прорастания конидий патогена на листьях растений в капельно-жидкой влаги в течение нескольких часов ночью и внедрении их в открытые устьица с дальнейшим ростом мицелия. Одним из важнейших признаком зараженности являются отмирающие листья. Взамен им образуются новые листья, на формирование которых затрачивается большое количество пластических веществ. В свою очередь данный процесс приводит к снижению сахаристости и массы корнеплода.

Развитие пероноспороза по исследуемым годам было незначительным и составило 0,3-0,6% с распространённостью заболевания от 1,0 до 1,6%. Проявление симптомов мучнистой росы было отмечено во второй декаде июля 2024 года и третьей декаде этого же месяца в 2025 году. В целом симптомы заболевания в виде мучнистого налета проявлялись на отдельных растениях. Развитие болезни варьировало в 2024 году от 9,6% у гибрида Буря до 12,2% - гибрид Волна. В 2025 году также отмечена незначительная пораженность гибрида Буря - 7,2%. Данные заболевания способствуют усилению транспирации, нарушению азотистого обмена и снижению фотосинтеза. Это - важнейшие физиологические процессы, которые в дальнейшем влияют на показатели сахаристости и урожайности.

Уровень данных показателей также напрямую зависят как природно-климатических факторов, технологии возделывания, применяемых защитных мероприятий, так и наследственных генетических признаков.

Таблица 3 - Сахаристость (%) и урожайность т/га) гибридов сахарной свеклы (опытное поле Брянского ГАУ, 2024-2025 гг.)

№	Название гибрида	Средний вес корнеплода, кг		*Сахаристость, %		Урожайность, т/га		Средняя урожайность за два года, т/га
		2024	2025	2024	2025	2024	2025	
1	Буря F_1	0,572	0,653	19,2	19,0	63,5	72,5	68,0
2	Волна F_1	0,461	0,456	17,6	17,4	51,2	50,6	50,9
3	Вулкан F_1	0,583	0,610	16,6	16,2	64,7	67,7	66,2
4	Скала F_1	0,594	0,580	18,0	17,8	65,9	64,4	65,2
5	Прилив F_1	0,537	0,565	17,6	17,6	59,6	62,7	61,1
	$НСР_{0,05}$	0,002	0,014	0,03	0,02	0,1	0,1	-

Примечание: сахаристость определяли с помощью рефрактометра.

Наибольшая урожайность корнеплодов отмечена у гибрида Буря в 2025 году, она составила 72,5 т/га (табл.3). В 2024 году урожайность составила у гибридов Вулкан (64,7 т/га), Скала(65,9 т/га), Прилив (59,6 т/га). В 2025 году этот показатель варьировал от 72,5 т/га у гибрида Буря до 50,9 т/га у гибрида. Средняя урожайность корнеплодов за два года составила у гибридов Буря (68,7 0/га), Волна (50,9 т/га), Вулкан (66,2 т/га), Скала (65,2 т/га), Прилив (61,1т/га).

Средняя сахаристость гибридов сахарной свеклы в 2024 году составила 17,8%, в 2025 году – 17,6%. Следует отметить, что значение данного показателя за годы проведения исследований варьировало незначительно. Наибольшие значения сахаристости от 18,0% до 19,2% отмечены у гибридов Буря и Скала. Наименьшая сахаристость наблюдалась у гибрида Вулкан. За два года исследований составила 16,4%. Таким образом, следует отметить, что данные отечественные гибриды в целом проявили стабильную урожайность и сахаристость в условиях Центрального региона Нечерноземья.

Выводы. В результате проведенных исследований на отечественных сортообразцах сахарной свеклы было установлены показатели развития (R,%) и распространённости (Р, %) таких заболеваний, как корнеед, церкоспороз, мучнистая роса и пероноспороз. В целом все гибриды сахарной свеклы поражались данными заболеваниями, но в разной степени. Значительное развитие корнееда отмечено гибридов Волна, Прилив, Скала, Вулкан в 2024 году по сравнению с 2025 годом, при этом показатель R составил 1,34-2,27%. Распространённость заболевания варьировала от 8,3 до 10,9%. В то же время по гибриду Буря этот показатель в 2024 составил 4,3%, в 2025 году - 3,0%, с показателем R - 0,75-0,5% соответственно. В 2024-2025 гг. распространённость церкоспороза находилась на уровне от 40,3% до 48,5%. При этом процент развития заболевания составил от 20,4 до 28,7% . Развитие пероноспороза по исследуемым годам было незначительным и составило 0,3-0,6% с распространённостью заболевания от 1,0 до 1,6%. Проявление симптомов мучнистой росы было отмечено во второй декаде июля 2024 года и третьей декаде этого же месяца в 2025 году. Развитие болезни варьировало в 2024 году от 9,6% у гибрида Буря до 12,2% - гибрид Волна. Средняя урожайность корнеплодов за два года составила у гибридов Буря (68,7 0/га), Волна (50,9 т/га), Вулкан (66,2 т/га), Скала (65,2 т/га), Прилив (61,1т/га). Средняя сахаристость гибридов сахарной свеклы в 2024 году составила 17,8%, в 2025 году – 17,6%.

Список источников

1. Стогниенко О.И., Герр Е.С. Уточненный список болезней и патогенов сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2020. № 10. С. 21-23.

2. Стогниенко О.И., Герр Е.С., Гамуев О.В. Защита сахарной свеклы // Защита и карантин растений. 2021. № 2. С. 96.

3. Корниенко А.В., Семенихина Л.В., Мельников Ю.Н. Проблемы селекции и семеноводства сахарной свеклы в России и возможные пути решения // Сахарная свекла. 2022. № 10. С. 15-19.

4. Сычёва И.В., Сычёв С.М. Оценка гибридов сахарной свеклы в условиях Брянской области // Сахарная свекла. 2023. № 3. С. 16-20.

5. Глущенко Л.Д., Олепир Р.В., Лень А.И. Сахарная свекла в бессменных посевах // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 91-95

6. Алексеенкова Е.А. Сахарная свекла: в поисках рентабельности // Агрофорум. 2020. № 1. С. 48-50.

7. Гулидова В.А. Сравнительное изучение современных гибридов сахарной свеклы в условиях типичной лесостепи Центрального Черноземья // Вестник ВоронежГАУ. 2021. Т. 14, Вып. 2 (69). С. 51-56.

8. Сахарная свекла: площади, сборы и урожайность в 2001-2019 гг, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://agrovesti.net/lib/industries/sugar-beet/sakharnaya-svekla-ploshchadi-sbory-i-urozhajnost-v-2001-2019-gg.html (11.12.2020).

9. Иванов Е.В. Как проходит свеклосахарная кампания в России в сезоне 2022/2023 // Сахарная свекла. 2022. № 10. С. 10-14.

10. Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свеклы / И.В. Апасов, И.И. Бартенев, Л.Н. Путилина и др. Рамонь: РЭА, 2018. 50 с.

11.Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. М.: Альянс, 2011. 351 с.

Информация об авторах.

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

В.Ю. Симонов - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: simonov_84@mail.ru.

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

Н.В. Милехина - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: milekhina_74@mail.ru.

И.Д. Сазонова - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: aniri0509@yandex.ru.

Information about the authors.

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

V.Yu. Simonov *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, e-mail: simonov_84@mail.ru.*

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

N.V. Milekhina *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, e-mail: milekhina_74@mail.ru.*

I.D. Sazonova *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, e-mail: aniri0509@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 10.06.2026, одобрена после рецензирования 21.06.2026, принята к публикации 10.07.2026.

The article was submitted 10.06.2026, approved after reviewing 21.06.2026; accepted for publication 10.07.2026.

© Ториков В.Е., Симонов В.Ю., Сычёва И.В., Милехина Н.В., Сазонова И.Д.

Научная статья
УДК 631.81:633.63

ДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КОРНЕПЛОДОВ ЦИКОРИЯ И КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

Анастасия Вячеславовна Пургина, Евгений Владимирович Смольский
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторно-полевого опыта по оценке действия органического и минерального удобрения на урожайность и качество корнеплодов при возделывании цикория корневого сорта Петровский, выполненного на серых лесных почвах опытного поля Брянского ГАУ в погодных условиях 2022-2024 годов исследования. Установлено, что в контрольном варианте урожайность корнеплодов составляла 16,8 т/га. Применение 40 т/га навоза повышало урожайность корнеплодов в 1,7 раза. Применение минерального удобрения в диапазоне доз $N_{60}P_{60}K_{60}$-$N_{120}P_{120}K_{120}$ обеспечило рост урожайности в 1,7-2,4 раза. Наибольшую окупаемость обеспечивает применение 20 т/га навоза (308 кг прибавки урожая на тонну удобрения) и доза $N_{90}P_{90}K_{90}$ (67 кг прибавки на килограмм действующего вещества). Это позволяет рассматривать указанные варианты как наиболее сбалансированные с точки зрения соотношения «затраты – отдача». Качество корнеплодов оценивали по содержанию сахарозы, фруктозы и выходу сухого вещества. В среднем за годы исследования в контрольном варианте корнеплоды содержали сахарозы – 3,58 %, фруктозы – 3,57 %, выход сухого вещества составил 4,21 т/га. Применение удобрений оказывало влияние на химический состав корнеплодов, внесение 40 т/га навоза снижало содержание сахарозы до 2,57 % и фруктозы до 2,91 %, а доза $N_{120}P_{120}K_{120}$ – соответственно до 1,66 % и 2,31 %. Использование удобрений способствовало увеличению выхода сухого вещества до 6,58 т/га при внесении навоза и до 8,42 т/га при внесении максимальной дозы минерального удобрения. Значимость работы заключается в возможности дифференцированного подхода к формированию системы удобрения цикория корневого в зависимости от целевых приоритетов хозяйства. Для предприятий, ориентированных на баланс эффективности и затрат, оптимальной является доза $N_{90}P_{90}K_{90}$. Вариант с дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ целесообразно применять при необходимости достижения максимальной продуктивности. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических карт возделывания цикория, планировании объёмов применения удобрений и прогнозировании урожайности и качества продукции в условиях Брянской области.

Ключевые слова: цикорий корневой, органическое и минеральное удобрение, Брянская область, урожайность, качество, серая лесная почва.

Для цитирования: Пургина А.В., Смольский Е.В. Действие органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория и качество получаемой продукции // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 10-15.

Original article

THE EFFECT OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON CHICORY ROOT YIELDS AND THE QUALITY OF THE RESULTING CROP PRODUCTION

Anastasiya V. Purgina, Yevgeny V. Smol'sky
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

***Abstract**. The paper presents the results of a field and laboratory experiment evaluating the effect of organic and mineral fertilizers on the yields and quality of root chicory variety Petrovsky, carried out on gray forest soils at the experimental field of the Bryansk State Agrarian University during the 2022–2024 growing seasons. It was found that the yields in the control variant amounted to 16.8 t/ha. The application of 40 t/ha of manure increased the root yields by 1.7 times. The use of mineral fertilizers in the dose range $N_{60}P_{60}K_{60}$-$N_{120}P_{120}K_{120}$ ensured the yields increase by 1.7-2.4 times. The highest payback was achieved with the application of 20 t/ha of manure (308 kg of yield increment per tonne of fertilizer) and the $N_{90}P_{90}K_{90}$ dose (67 kg of increment per kilogram of active ingredient). This allows considering these options as the most balanced in terms of the "cost-to-return" ratio. Root quality was assessed by sucrose and fructose content and dry matter output. On average, over the study years, roots in the control variant contained 3.58 % sucrose and 3.57 % fructose; the dry matter output amounted to 4.21 t/ha. Fertilizer application influenced the chemical composition of the roots: the use of 40 t/ha of manure reduced sucrose content to 2.57 % and fructose to 2.91 %, while the $N_{120}P_{120}K_{120}$ dose reduced them to 1.66 % and 2.31 %, respectively. The use of fertilizers contributed to an increase in dry matter output: up to 6.58 t/ha with manure application and up to 8.42*

t/ha with the maximum dose of mineral fertilizer. The significance of the study lies in the possibility of a differentiated approach to developing a fertilization system for root chicory depending on the target priorities of the farm. For enterprises focused on balancing efficiency and costs, the optimal dose is $N_{90}P_{90}K_{90}$. The $N_{120}P_{120}K_{120}$ option is advisable when the need to achieve maximum productivity is the priority. The obtained results can be used to develop cultivation technology maps for chicory, plan fertilizer application volumes, and forecast yield and product quality under the conditions of the Bryansk region.

***Keywords**: chicory root, organic and mineral fertilizer, Bryansk region, yields, quality, gray forest soil.*

***For citation.** Purgina A.V., Smol'sky Ye.V. The effect of organic and mineral fertilizers on chicory root yields and the quality of the resulting crop production // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 10-15.*

Введение. В настоящее время на внутреннем рынке России наблюдается острый дефицит сырья цикория корневого для перерабатывающей пищевой, фармацевтической и других отраслей промышленности, который восполняется за счёт импорта [1,2] . Широкая практическая применимость и экономическая выгода от возделывания этой культуры в значительной степени нивелируются высокой трудоёмкостью производства, в технологическом процессе велика доля ручного труда, прежде всего при уборке корнеплодов [3,4]. Низкая распространённость культуры в Российской Федерации обусловливает, в частности, дефицит исследований, посвящённых проблемам и особенностям минерального питания цикория корневого в условиях конкретных почвенно-климатический условиях [5, 6].

Поэтому разработка, совершенствование и оптимизация системы удобрения цикория корневого, которая определяет не только уровень урожайности культуры, но и направление изменения, показателей качества продукции растениеводства в условиях Брянской области весьма актуальна.

Цель исследования – установить роль агрохимических мероприятий при возделывании цикория корневого на урожайность корнеплодов и качество получаемой продукции.

Материалы и методы. Лабораторно-полевой опыт проведён на серой лесной почве опытного поля ФГБОУ ВО Брянский ГАУ в различных погодных условиях 2022, 2023 и 2024 годов. Плодородие серой лесной почвы обусловлено следующими агрохимическими показателями: органическое вещество – 1,45-1,93 %, обменная кислотность – 4,87-5,17 ед., подвижные фосфор и калий 299-354 и 184-209 мг/кг соответственно.

Обоснование применения органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого (Cichorium intybus L.) изучалось на сорте Петровский.

В схеме опыта (табл. 1, рис. 1) включала применения органического (навоз) и минерального удобрения (аммиачная селитра и диаммофоска), которые вносили вручную полной дозой в один приём весной перед посевом.

Площадь опытной делянки составила 16,8 м^2, расположение систематическое, повторность опытов трёхкратная.

Посев семян цикория корневого сорта Петровский обработанных фунгицидом и биостимулятором проводили вручную в первой декаде мая, после всходов доводили норму высева до 47000-50000 растений на 1 га (схема посева 70 × 28 см). Агротехника при возделывании цикория корневого общепринятая для пропашных культур зоны исследования. Система защиты цикория корневого предусматривала применения ручных прополок и междурядных обработок от двудольных сорняков и применение гербицида по однодольным (злаковым) сорнякам. При возделывании цикория корневого не использовали фунгициды и инсектициды по вегетации растения.

Уборку урожая корнеплодов цикория проводили вручную поделяночно, после отбирали средние образцы, в котором определяли сухое вещество, по средствам высушивания навески корнеплодов до постоянной массы при температуре 105°С и содержание сахарозы и фруктозы в воздушно-сухой массе корнеплодов, на системе капиллярного электрофореза, метод, основанный на разделении углеводов в кварцевом капилляре под действием электрического поля в щелочном электролите определяли показатели качества в лаборатории кафедры агрохимии, почвоведения и экологии и испытательной лаборатории центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ по общепринятым методам.

Температура воздух и количество выпавших осадков обуславливают условия увлажнения, выраженный через гидротермический коэффициент (ГТК). Среднемноголетний ГТК за период с мая по сентябрь составляет 1,35, что соответствует зоне увлажнения – влажная, наблюдали различия показателя по годам исследования, как в сравнении между собой, так и в сравнении со среднемноголетним. По данному показателю за вегетационный период года расположились в следующий убывающий ряд 2022 (избыточно влажный), 2023 (влажный) и 2024 (слабо засушливый) год по условиям увлажнения.

Различные погодные условия за годы исследования, по температурному режиму и условиям увлажнения позволяют объективно интерпретировать полученные данные по урожайности корнеплодов цикория корневого и качеству получаемой продукции.

Результаты и их обсуждение. Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серой лесной почве в условиях Брянской области в период 2022-2024 годов позволило в полной мере оценить адаптационный потенциал культуры и реализовать её урожайные возможности в конкретном агроклиматическом регионе. Проведённые исследования продемонстрировали, что сложившийся комплекс почвенно-климатических факторов в сочетании с применяемой агротехнологией и сортовыми особенностями обусловил формирование урожайности корнеплодов на уровне 16,8 т/га (рис. 1).

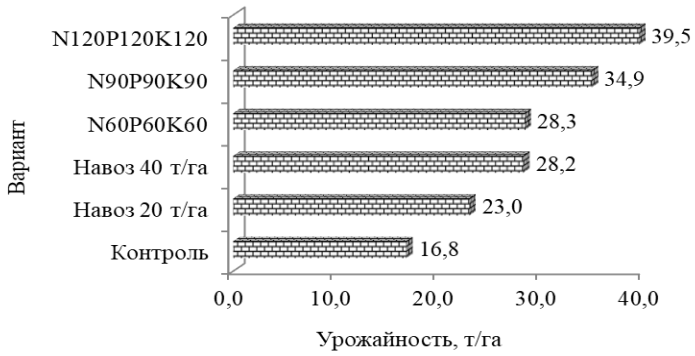

Рисунок 1 – Действия органического и минерального удобрения на урожайность корнеплодов цикория корневого, т/га (среднее за годы исследования) ($НСР_{05}$ = 7,8)

В ходе проведённого в период исследования лабораторно-полевого опыта по возделыванию цикория корневого была детально изучена реакция культуры на дифференцированное применение органического удобрения, с целью выявления оптимальной дозы, обеспечивающей максимальную урожайность корнеплодов.

Анализ полученных данных показал, что применение навоза в дозе 20 т/га обусловило тенденцию к увеличению урожайности корнеплодов в 1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом, при средней урожайности в данном варианте – 23,0 т/га. Такая динамика свидетельствует о положительном влиянии умеренной дозы органического удобрения на ростовые процессы растений и его развития.

Более выраженный эффект определили при применении 40 т/га навоза, когда выявили достоверное увеличение урожайности корнеплодов до 28,2 т/га, что в 1,7 раза больше контрольного варианта.

Применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения, при возделывании цикория корневого, достоверно увеличило урожайности корнеплодов до 28,3 т/га, что в 1,7 раза больше контрольного варианта.

Дальнейшее увеличение дозы минерального удобрения до $N_{90}P_{90}K_{90}$ определили устойчивый тренд к росту средней урожайности в 1,2 раза в сравнении с вариантом $N_{60}P_{60}K_{60}$, а уровень урожайности увеличился до 34,9 т/га. Такая динамика свидетельствует о том, что повышение уровня минерального питания в определённых пределах способствует усилению ростовых процессов, улучшению формирования корнеплодов и более полной реализации сортового потенциала цикория корневого. При этом важно подчеркнуть, что рост носил характер тенденции.

Применение максимальной дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ определили достоверное увеличение урожайности корнеплодов в 1,4 раза в сравнении с вариантом применения $N_{60}P_{60}K_{60}$, в сравнении с вариантом применения $N_{90}P_{90}K_{90}$ определили тренд к дальнейшему росту показателя урожайности.

Полученные данные имеют существенное практическое значение для разработки научно обоснованных рекомендаций по применению органического и минерального удобрения при возделывании цикория корневого сорта Петровский в условиях Брянской области, позволяя оптимизировать затраты на производство корнеплодов.

Полученные в ходе лабораторно-полевого опыта результаты исследования свидетельствуют тренде увеличения урожайности корнеплодов цикория при применении возрастающих доз как органического, так и минерального удобрения. Эта закономерность прослеживается при анализе совокупности опытных данных и отражает реакцию культуры на улучшение режима питания почвы (табл. 1).

Применение навоза в дозе 20 т/га формирует прибавку 6,2 т/га урожая корнеплодов к контролю, а увеличение дозы навоза на 20 т/га до 40 т/га формирует прибавку 5,2 т/га урожая, что свидетельствует о положительном действии органического удобрения на урожайность культуры.

Таблица 1 – Прибавка урожая корнеплодов цикория и её окупаемость органическим и минеральным удобрением (среднее по годам исследования)

Вариант	Прибавка урожайности, т/га	Окупаемость органического (кг / т) и минерального (кг / кг д. в.) удобрения прибавкой урожая
Контроль	–	–
Навоз 20 т/га	6,2	308
Навоз 40 т/га	11,4	285
$N_{60}P_{60}K_{60}$	11,5	64
$N_{90}P_{90}K_{90}$	18,1	67
$N_{120}P_{120}K_{120}$	22,7	63

При этом анализ полученных данных выявил закономерность, рост дозы органического удобрения снижает величину прибавки урожая цикория корневого. Если доза 20 т/га навоза увеличила урожайность на 6,2 т/га относительно контроля, то последующее удвоение дозы навоза с 20 до 40 т/га обеспечило дополнительной прибавкой только 5,2 т/га корнеплодов. Выявленное снижение величины прибавки урожая служит объективным основанием для снижения агрономической целесообразности дальнейшего увеличения доз навоза больше 40 т/га.

Применение минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ при возделывании цикория корневого обеспечило прибавку урожая корнеплодов к контролю на уровне 11,5 т/га, увеличение дозы до $N_{90}P_{90}K_{90}$ увеличило дополнительно прибавку урожая корнеплодов на 6,6 т/га относительно варианта $N_{60}P_{60}K_{60}$. Увеличение дозы до $N_{120}P_{120}K_{120}$ увеличило прибавку урожая до уровня сопоставимого с вариантом применения дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$. Это указывает на начало снижения эффективности минерального удобрения, когда прибавка урожая перестаёт быть пропорциональной увеличению применяемых доз. Подобная закономерность согласуется с фундаментальными положениями агрохимии и отражает действие закона убывающей отдачи, когда по мере приближения к предельному уровню обеспеченности растений элементами питания каждая дополнительная единица удобрения даёт всё меньший прирост урожая.

Определение окупаемости органического и минерального удобрения прибавкой урожая корнеплодов цикория корневого определяет возможность эффективного возделывания культуры в условиях серых лесных почв Брянской области.

Увеличение дозы применения органического удобрения с 20 до 40 т/га при возделывании цикория корневого сопровождалось снижением окупаемости прибавки урожая корнеплодов с 308 до 285 кг на тонну применяемого навоза. Данная динамика отражает закономерное уменьшение отдачи от каждой дополнительной единицы вносимого органического удобрения и согласуется с агрономическим принципом, описывающим нелинейную зависимость «доза – эффект».

Применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения при возделывании цикория корневого обеспечило окупаемость прибавки урожая корнеплодов на уровне 64 кг на единицу внесённого удобрения (в пересчёте на действующее вещество). Данный показатель свидетельствует о высокой эффективности умеренной дозы минерального удобрения. Увеличение дозы минерального удобрения на 30 кг действующего вещества по каждому из основных элементов питания до дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ увеличило окупаемость прибавкой урожая до 67 кг на кг д. в. Рост показателя отражает положительную реакцию культуры на повышение уровня минерального питания в данном диапазоне. Выявленная динамика служит объективным подтверждением агрономической целесообразности увеличения дозы удобрений до $N_{90}P_{90}K_{90}$ в условиях серых лесных почв Брянской области. При дальнейшем увеличении дозы минерального удобрения до $N_{120}P_{120}K_{120}$ окупаемость прибавки урожая снизилась до 63 кг на кг д.в., то есть оказалась на том же уровне, что на варианте применения $N_{60}P_{60}K_{60}$. Такая тенденция указывает на начало снижения эффективности удобрений.

С практической точки зрения, полученные результаты позволяют определить оптимальный диапазон применения минерального удобрения для возделывания цикория корневого в условиях серых лесных почв Брянской области.

Сложившиеся в период 2022-2024 годов погодные условия, в комплексе агротехническими мероприятиями обеспечили формирование корнеплодов цикория корневого сорта Петровский с определённым качественным составом. В среднем по результатам исследований содержание сахарозы в корнеплодах составило 3,58 %, фруктозы –3,57 % (в пересчёте на воздушно-сухую массу), а содержание сухого вещества составило 25 %. Изменчивость показателей содержание сахарозы и фруктозы по годам исследования под действием погодных условий значительная, по содержанию сухого вещества – средняя (табл. 2).

Возделывание цикория корневого, в среднем за период исследования, с применением возрастающих доз органического удобрения существенно снижает в корнеплодах содержание сахарозы до 2,57 %, фруктозы до 2,91 % (в пересчёте на воздушно-сухую массу) и сухого вещества до 23 % в сравнении с контрольным вариантом.

Изменчивость в корнеплодах показателей содержание сахарозы и фруктозы под действием погодных условий, при возделывании цикория корневого с применением органического удобрения, по годам исследования была значительная, по содержанию сухого вещества – средняя.

Таблица 2 – Действие минерального и органического удобрения на содержание сахарозы в корнеплодах цикория сорта Петровский, % на воздушно-сухую массу

Вариант	Сахароза	V, %	Фруктоза	V, %	Сухое вещество	V, %
Контроль	3,58	22	3,57	25	25	11
Навоз 20 т/га	2,81	34	3,05	28	24	10
Навоз 40 т/га	2,57	36	2,91	30	23	11
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,65	32	2,76	35	23	13
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,06	37	2,42	33	23	14
$N_{120}P_{120}K_{120}$	1,66	50	2,31	33	21	15
$НСР_{05}$	*0,37*	–	*0,50*	–	*1*	–

Возделывание цикория корневого, в среднем за период исследования, с применением возрастающих доз минерального удобрения существенно снижает содержание в корнеплодах сахарозы до 1,66 %, фруктозы до 2,31 % (в пересчёте на воздушно-сухую массу) и сухого вещества до 21 % в сравнении с контролем.

Изменчивость в корнеплодах показателей содержание сахарозы и фруктозы под действием погодных условий, при возделывании цикория корневого с применением минерального удобрения, по годам исследования – значительная, по содержанию сухого вещества – средняя.

Обнаружили существенную разницу в изменении показателей содержания сахарозы и сухого вещества в корнеплодах цикория корневого между вариантами применения доз $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Возделывание цикория корневого сорта Петровский на серой лесной почве Брянской области в погодных условиях 2022-2024 годов исследования формирует низкую урожайность корнеплодов и высокое содержание в них сухого вещества, что обуславливает выход сухого вещества на уровне 4,21 т/га в среднем за период проведения исследования (рис. 2).

Возрастающие дозы применение органического удобрения, в условиях опыта при возделывании цикория корневого, в 1,33-1,56 раза повышают выход сухого по сравнению с контрольным вариантом.

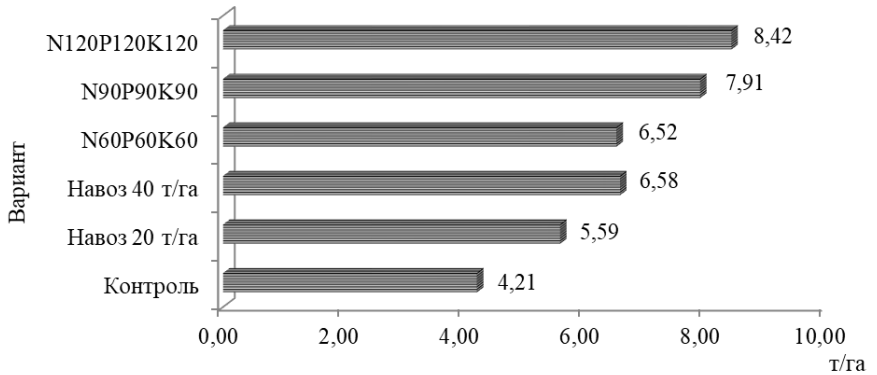

Рисунок 2 – Влияние удобрения на выход сухого вещества корнеплодов цикория корневого сорта Петровский, т/га

Применение дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ минерального удобрения повышает выход сухого вещества в 1,55 раза, дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ в 1,88 раза, а дозы $N_{120}P_{120}K_{120}$ в 2,0 раза относительно контрольного варианта и достигает максимального значения 8,42 т/га. Этот результат отражает предельный уровень продукционного потенциала культуры в сложившихся почвенно-климатических условиях при интенсивной системе минерального питания.

Заключение. Возделывание цикория корневого в лабораторно-полевом опыте на серой лесной почве, в условиях 2022-2024 годов, установило следующее:

1. Совокупность природных и агротехнических условий формирует урожайность корнеплодов на уровне 16,8 т/га. Применения 40 т/га навоза в технологии возделывания цикория корневого существенно увеличивает до 28,2 т/га урожайность корнеплодов, а применение аммиачной селитры и диаммофоски дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$-$N_{120}P_{120}K_{120}$ до 28,3-39,5 т/га.

2. Наибольшую окупаемость прибавкой урожая корнеплодов обеспечивали 308 кг на т применения 20 т/га навоза и 67 кг на кг д. в. применения $N_{90}P_{90}K_{90}$.

3. Совокупность природных и агротехнических условий при возделывании культуры в среднем за годы исследования формировало урожай корнеплодов с содержанием сахарозы 3,58 %, фруктозы – 3,57 %, при выходе сухого вещества 4,21 т/га. Применение 40 т/га навоза достоверно снижало содержание в корнеплодах сахарозы до 2,57 % и фруктозы до 2,91 %, а применения $N_{120}P_{120}K_{120}$ до 1,66 % сахарозы и до 2,31 % фруктозы. Использование органического и минерального удобрения увеличивало выхода сухого вещества с гектара до 6,58 т/га и 8,42 т/га соответственно.

Полученные данные позволяют дифференцированно подходить к формированию системы удобрения цикория корневого. Для хозяйств, ориентированных на баланс «эффективность – затраты», оптимальной доза $N_{90}P_{90}K_{90}$, обеспечивающая высокий прирост урожайности при сохранении хорошей отдачи от применяемого удобрения. В то же время вариант с дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ целесообразно рассматривать в условиях, где приоритетом является достижение максимальной урожайности.

Список источников

1. Вьютнова О.М., Полянина Т.Ю., Новикова И.А. Перспективный образец корневого цикория // Овощи России. 2019. № 6 (50). С. 159-161.

2. Новые виды сахаросодержащего сырья для производства пищевой продукции / Е.И. Кузьмина, О.С. Егорова, Д.Р. Акбулатова и др. // Пищевые системы. 2022. Т. 5, № 2. С. 145-156.

3. Золотой корешок / Т.Ю. Полянина, О.М. Вьютнова, И.В. Смирнова, И.А. Новикова // Известия ФНЦО. 2020. № 3-4. С. 100-104.

4. Использование продуктов переработки корнеплодов цикория в хлебопечении / М.Ш. Бегеулов, С.А. Масловский, А.В. Корнев, С.Д. Рыбина // Хлебопродукты. 2021. № 1. С. 36-39.

5. Особенности минерального питания цикория корневого / Е.А. Евсеева, И.В. Смирнова, О.М. Вьютнова и др. // Известия ФНЦО. 2020. № 3-4. С. 96-99.

6. Применение гербицидов в посевах цикория корневого / А.В. Николаев, С.Н. Еланский, А.А. Астайкина и др. // Агрохимический вестник. 2025. № 5. С. 89-91.

Информация об авторах

А.В. Пургина – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: sev_84@mail.ru.

Information about the authors

A.V. Purgina *- graduate student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk SAU.*

Ye.V. Smol'sky *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk SAU, e-mail: sev_84@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 25.06.2026, одобрена после рецензирования 30.06.2026, принята к публикации 20.07.2026.

The article was submitted 25.06.2026, approved after reviewing 30.06.2026, accepted for publication 20.07.2026.

© Пургина А.В., Смольский Е.В.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 631.582

МОНИТОРИНГ ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В СУБАЛЬПИЙСКОМ ПОЯСЕ ГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ

[1]Сергей Эдуардович Кучиев, **[2]Асланбек Хасанович Козырев**
[1]ФГБОУ ВО Горский ГАУ, РСО-Алания, г. Владикавказ, Россия
[2]Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, Россия

Аннотация. С целью мониторинговых наблюдений за урожайностью, кормовой продуктивностью культур севооборота и энергетической эффективности их возделывания были проведены исследования в субальпийском поясе горной зоны Северной Осетии на высоте 1560 метров над уровнем моря на склоне северо-восточной экспозиции с уклоном 7°. Климат территории отличается умеренной континентальностью и достаточно мягкими погодными условиями. Среднегодовая температура воздуха составляет +5,9 °С. Среднегодовое количество осадков – 605 мм. Объектами исследования являлись различные сельскохозяйственные культуры, включая многолетние бобовые травы, зерновые злаковые и пропашные культуры. Все этапы – от закладки опыта до обработки данных – выполнялись согласно стандартным научным методикам. Средние урожайные данные, полученные за разные периоды исследований, показали снижение объёмов практически по всем культурам. Это вызвано снижением показателей плодородия почвы в монокультурных посевах, как результат антропогенного вмешательства в экосистемы. В естественных фитоценозах, как и в травосмеси «овёс + клевер» снижение продуктивности не наблюдалось, а даже, наоборот, отмечался рост биомассы. Первый период исследований характеризовался большим содержанием кормовых единиц в получаемой продукции у большинства изучаемых культур, чем второй, что также обуславливается постепенным снижением почвенного плодородия в агроценозах. При этом, в положительную сторону отличились варианты с поликультурным земледелием. Получение устойчивых урожаев в высокогорных условиях в среднем за годы исследований подтверждало их энергетическую эффективность. Величина урожая значительно влияла на энергоемкость получаемой продукции, чем больше культура формировала продукции, тем меньше затрат приходилось на её единицу. Все культуры, по данным энергетических расчетов, целесообразно возделывать в субальпийском поясе Северной Осетии.

Ключевые слова: горная зона, севооборот, мониторинг, урожайность, кормовая продуктивность, плодородие, энергетическая эффективность

Для цитирования: Кучиев С.Э., Козырев А.Х. Мониторинг продуктивности культур севооборота в субальпийском поясе горной зоны Северной Осетии // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 16-22.

Original article

MONITORING OF CROP PRODUCTIVITY ROTATION IN THE SUBALPINE ZONE OF THE MOUNTAIN AREA OF NORTH OSSETIA

[1]Sergey Ye. Kuchiev, [2]Aslanbek Kh. Kozyrev
[1]Gorsky State Agrarian University, North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, Russia
[2]North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of the Federal Research Center "Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", North Ossetia-Alania, Prigorodny District, Mikhailovskoye, Russia

Abstract. *In order to monitor the yields, forage productivity of crop rotation and the energy efficiency of their cultivation, researches were carried out in the subalpine zone of the North Ossetia mountain region at an altitude of 1560 meters above sea level on a northeast-facing slope with a 7° gradient. The climate of the territory is characterized by moderate continentality and rather mild weather conditions. The average annual air temperature is + 5.9 ° C. The average annual rainfall is 605 mm. The objects of the research were various agricultural crops, including perennial legumes, cereals and row crops.All stages, from the experimental setup to data processing were conducted in accordance with standard scientific protocols. Average yield data obtained for different periods of researches showed a decrease in volumes for almost all crops. This is caused by a decrease in soil fertility indicators in monoculture crops, as a result of anthropo-*

genic interference with ecosystems. In natural phytocenoses, as in the oat + clover grass mixture, a decrease in productivity was not observed, and even, on the contrary, an increase in biomass was noted. The first period of research was characterized by a greater content of feed units in the resulting products in most of the studied crops than the second, which is also due to a gradual decrease in soil fertility in agrocenoses. At the same time, options with multicultural agriculture distinguished themselves in a positive direction. Obtaining stable yields in high mountain conditions, on average, over the years of research, confirmed their energy efficiency. The value of the crop significantly influenced the energy intensity of the resulting products, the more the culture formed the products, the less costs were incurred per unit. According to energy calculations, it is advisable to cultivate all crops in the subalpine zone of North Ossetia.

Keywords: *mountain zone, crop rotation, monitoring, yields, forage productivity, fertility, energy efficiency.*

For citation. *Kuchiev S.Ye., Kozyrev A.Kh. Monitoring of crop productivity rotation in the subalpine zone of the mountain area of north Ossetia// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 16-22.*

Введение. Горные территории Северного Кавказа характеризуются рядом природных ограничений и рисков, которые затрудняют развитие растениеводства и земледелия. Эти регионы особенно уязвимы как к природным, так и к антропогенным воздействиям. По этой причине сельскохозяйственная деятельность в таких условиях требует научно обоснованного подхода. Одной из ключевых задач является проведение региональной и экологической дифференциации природных ресурсов для создания высокопродуктивных, устойчивых и экологически чистых систем земледелия, адаптированных к специфике каждого района [1,2].

Мониторинг эрозионных процессов на горных склоновых почвах в условиях антропогенной нагрузки (занятия сельскохозяйственным производством) является необходимым условиях сохранения почвенного плодородия для будущих поколений [3,4]. Продуктивность сельскохозяйственных растений здесь не является главной целью производства, главная цель получение урожая с сохранением почвенного плодородия [5,6]. Рассматривая такое большое количество культур с различной биологией, различной агротехникой и видом конечной продукции, невозможно просто сравнивать их по урожайности. Безусловно, можно сравнивать их по продуктивности при помощи пересчетов на кормовые единицы и энергетическую ценность. Сравнению же в чистом виде поддаются только данные по различным годам.

Современное сельское хозяйство сталкивается с важной задачей – оптимизация энергозатрат и внедрение механизмов их контроля [7]. На долгосрочную перспективу ключевой целью является разработка технологий, направленных на снижение энергопотребления [8, 9]. Формирование энергосберегающей стратегии должно стать приоритетом как в практическом земледелии, так и в научных исследованиях, связанных с этой областью.

Одним из центральных аспектов организации систем земледелия является повышение уровня использования энергии агроэкосистем. Для управления этими процессами требуется тщательный анализ функционирования агроэкосистем с точки зрения биоэнергетических закономерностей [10,11]. Такой подход позволяет оценить эффективность их работы и выявить пути оптимизации.

Цель наших исследований заключалась в проведении мониторинга плодородия горных почв и научном обосновании противоэрозионной устойчивости сельскохозяйственных культур в субальпийском поясе центральной части Северного Кавказа. В данной статье приводятся результаты решения одной из задач исследований – мониторинговых наблюдений за урожайностью, кормовой продуктивностью культур севооборота и энергетической эффективности их возделывания в горной зоне Северной Осетии.

Материал и методы исследований. Полевые исследования проводились в центральной части Северного Кавказа с 1996 по 2013 годы на базе горного стационарного опыта Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного сельского хозяйства (филиал Владикавказского научного центра РАН). Эксперимент проходил на участке, расположенном на высоте 1560 метров над уровнем моря вблизи села Даргавс (Пригородный район Республики Северная Осетия-Алания).

Климат Даргавской котловины отличается умеренной континентальностью и достаточно мягкими погодными условиями. Среднегодовая температура воздуха находится на уровне +5,9 °С. Среднесуточные значения температуры в зимний период достигают -4,0 °С. Зимний период длится около 118 дней и сопровождается преимущественно сухой и солнечной погодой. Весна начинается в конце марта, а летний сезон продолжается около 127 дней, характеризуясь умеренными температурными показателями (+14,5 °С). Июль является самым тёплым месяцем (+15,5 °С), а январь – самым холодным (-5,1 °С). Среднегодовое количество осадков в регионе составляет 605 мм, при этом их распре-

деление по сезонам неоднородно: весной выпадает около 182 мм, летом – 289 мм, осенью – 86 мм, зимой – 46 мм. Эрозионную опасность представляют осадки, выпавшие с большой интенсивностью и превышающие 5 мм уровень. За рассматриваемый период количество дождей с интенсивностью выше 5 мм отмечалось от 27 в 1996 году, до 48 в 2009. Ливневые осадки характеризовались в основном интенсивностью от 20 до 40 мм в сутки, однако в августе 2009 и 2010 года выпадало по 71 и 73 мм. Максимум из полученных нами наблюдений пришелся на 2012 год, когда в июне два дня подряд шел дождь с интенсивностью 121 и 101 мм.

Экспериментальная площадка включала субальпийские горно-луговые почвы, которые характеризуются перегнойно-иллювиальным горизонтом и суглинисто-щебнистой текстурой. Эти почвы сформировались на элювии глинистых сланцев и содержат до 35% дресвы. Они имеют кислую реакцию почвенного раствора, характеризуются высоким содержанием органического вещества, слабой обеспеченностью фосфором, и хорошей обеспеченностью обменного калия.

Горный стационарный эксперимент был организован на склоне северо-восточной экспозиции с уклоном 7°. Методика проведения эксперимента включала организованные повторения, а размещение вариантов рендомизированное. Делянки имели прямоугольную форму, их общая площадь составляла 174 м², а учетная площадь – 92 м².

В рамках исследований изучалась продуктивность и энергетическая эффективность возделывания различных сельскохозяйственных культур, включая многолетние травы (клевер разных лет пользования), зерновые злаковые (озимая пшеница, ячмень, рожь, овёс, а также овёс с подсевом многолетних трав) и пропашные культуры (картофель, кукуруза, столовая свёкла, капуста). Все этапы – от закладки опыта до обработки данных – выполнялись согласно стандартным научным методикам.

Результаты и их обсуждение. Урожай сельскохозяйственных культур является результатом сложных взаимодействий между растениями и окружающей средой. Итоговая продуктивность зависит от множества факторов, включая количество плодоносящих растений, массу клубней или зерен на единицу площади, а также массу зерна одного колоса. Эти параметры, в свою очередь, формируются под влиянием таких факторов, как густота стеблестоя, продуктивная кустистость, полевая всхожесть, а также озерненность колоса и масса 1000 зерен. Все эти элементы структуры урожая взаимозависимы и определяются комплексом биологических, почвенных, агротехнических и климатических условий.

Изучаемые культуры по продуктивности давали неплохие урожаи для горной зоны. Многолетние травы за два укоса в среднем сформировывали от 52 до 74 т/га зеленой массы. Необходимо так же отметить, что посевы многолетних трав второго года пользования характеризовались меньшей продуктивностью из-за уменьшения количества растений.

Средние урожайные данные, полученные за разные периоды исследований, показывают снижение объёмов практически по всем культурам (табл. 1). Вероятнее всего это вызвано снижением показателей плодородия почвы в монокультурных посевах, как результат антропогенного вмешательства в экосистемы. В естественных фитоценозах, как и в травосмеси «овёс + клевер» снижение продуктивности не наблюдалось, а даже, наоборот, отмечался рост биомассы. Этот факт говорит в пользу развития поликультурного земледелия в горных территориях, способствующих сохранению, как почвенного плодородия, так и природных экосистем в целом.

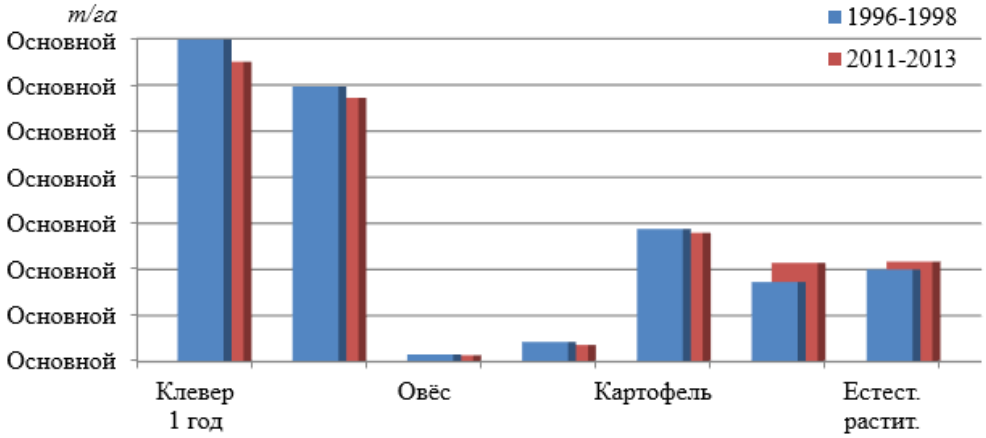

Рисунок 1 - Средняя урожайность культур севооборота по периодам исследований, т/га

В результате исследований установлено, что условия выращивания оказывают влияние не только на величину урожая, но и на все элементы его структуры. Так с изменениями климатических условий по годам менялась структура урожая. Повышение урожайности складывалось с увеличения

выполненности семян, массы 1000 зерен. Натурная масса зерна овса в отдельные годы была на 1,5 грамма больше, что позволило получить больший урожай. Также на урожай влияла озерненость колоса, и продуктивная кустистость, чем больше были эти показатели, тем больше был получен урожай в годы исследований. Установлено, что в первый период урожайность зерна составила в посевах овса 1,57 т/га, озимой ржи 4,03 т/га. Причем масса 1000 семян составляла 32,4 и 44,6 г. Наибольший урожай зеленной массы получен в посевах многолетних трав первого года пользования. Урожайность картофеля составляла от 20 до 30 т/га.

Наиболее приемлемым показателем, который позволяет произвести сравнение продуктивности различных сельскохозяйственных культур и видов полученной продукции, является выход комовых единиц (табл. 1). По данному показателю наблюдаются динамические изменения в полученной продукции.

Таблица 1 - Выход кормовых единиц с 1 гектара, к.е. (средние за 1996…2013 гг.)

Культуры	1 период	2 период	Динамика +/-	
			ед.	%
Клевер 1	12570	11709	-861	-6,8
Клевер 2	10741	10296	-445	-4,1
Овес	1570	1420	-150	-9,6
Озимая рожь	5050	4295	-755	-15,0
Овёс + клевер	6640	7271	631	9,5
Картофель	5360	5571	211	3,9
Естественная растительность	5400	5859	459	8,5

Первый период исследований характеризовался большим содержанием кормовых единиц в получаемой продукции у большинства изучаемых культур, чем второй, что на наш взгляд обуславливается постепенным снижением почвенного плодородия в агроценозах. Так, в посевах клевера снижение выхода кормовых единиц ко 2-му периоду составило от 445 до 861 единиц или 4,1…6,8% в зависимости от года пользования посевами. Следует также отметить, что в посевах клевера, как и в первом, так и во втором периоде наблюдалась меньшая продуктивность в посевах второго года пользования.

Еще большее снижение кормовой продуктивности зафиксировано в посевах овса – 150 к.е. или на 9,6% меньше. Максимальное уменьшение в сборе кормовых единиц с одного гектара выявлено в посевах озимой ржи, которое достигало 755 единиц или 15,0%.

В посадках картофеля, несмотря на некоторое снижение урожайности по периодам исследований (рис. 1), отмечалось увеличение выхода кормовых единиц на 3,9% (табл. 1). Это обусловлено, вероятнее всего сортосменой и получением урожая клубней с более качественными показателями.

Показатели кормовой продуктивности под естественной растительностью, как и в варианте «овёс + клевер» увеличились ко 2-му периоду на 459 и 631 кормовых единиц или 8,5 и 9,5%, соответственно. Т.е., как было указано выше, как и с показателями урожайности, так и с показателями кормовой продуктивности, в положительную сторону отличились варианты с поликультурным земледелием.

Качество зерна, определяемое содержанием белка, значительно варьировалось в зависимости от погодных условий. Исследования показали, что количество осадков играет решающую роль: в годы с высокой влажностью ростовые процессы растений ускоряются, что способствует накоплению питательных веществ. Однако в таких условиях на формирование зерна используется меньше азота, что приводит к снижению содержания белка.

Изменения качества продукции отмечены не только в посевах зерновых, но и других культур севооборота. В засушливые годы сено с естественных пастбищ характеризуется высоким уровнем сухого вещества, а в периоды с достаточным увлажнением растения формируют больше биомассы с меньшим содержанием сухих веществ. Состав клубней картофеля также подвержен изменениям: влажные годы способствуют увеличению содержания крахмала на 0,4…1 %. Однако уровень витамина С в клубнях остается практически неизменным независимо от погодных условий или уровня минерального питания.

Учитывая, что животноводство является основным видом сельскохозяйственного производства в горной зоне, вопросу качества получаемой продукции уделяется особое внимание. Одними из главных показателей оценки качества кормов в современной науке является содержание в них протеина и клетчатки. В зеленной массе многолетних трав 1 года пользования содержалось протеина 18,5…19,0%, 37…31% клетчатки, что обеспечивало ее большую кормовую ценность.

Увеличение эффективности биологических систем неизбежно связано с ростом затрат на их поддержание. Почва, являясь основным источником энергии в агроэкосистеме, нуждается в деталь-

ном анализе воздействия как естественных, так и антропогенных факторов. Такой анализ помогает разработать методы регулирования функционирования агроэкосистем, направленные на повышение их устойчивости и продуктивности.

Долгосрочная оценка затрат сельскохозяйственного производства осложняется экономическими кризисами и периодами роста мировой экономики, что оказывает влияние и на сельское хозяйство в нашей стране. Традиционные экономические показатели, такие как прибыль, рентабельность и себестоимость, не отражают энергетическую динамику агроэкосистем и не позволяют оценить их развитие с точки зрения энерго- и ресурсосбережения.

Антропогенные затраты включают в себя широкий спектр энергоресурсов: прямое потребление топлива и электроэнергии, использование удобрений, химических средств защиты растений, семян, а также энергоемкость сельскохозяйственной техники и оборудования. Кроме того, значительную роль играют затраты живого труда, включая работу механизаторов и обслуживающего персонала. Полные или совокупные энергетические затраты на производство сельскохозяйственной используются для расчетов производительности агроэкосистем на единицу совокупного энергетического ресурса.

Для расчета полных энергозатрат на возделывание сельскохозяйственных культур необходимы энергетические эквиваленты, а для выхода энергии – энергосодержание всех частей растений (основная продукция, побочная продукция, пожнивные и корневые остатки). При анализе эффективности возделывания сельскохозяйственных культур вся продукция пересчитывается на сухое вещество. Такой подход позволяет получить более объективные данные о результатах агротехнической деятельности и их зависимости от внешних факторов.

Для оценки продуктивности исследуемых сельскохозяйственных культур, а также для анализа её изменения в разные периоды проведения экспериментов, были вычислены ключевые энергетические показатели. Среди них выделяются следующие параметры: Невозобновляемая антропогенная энергия ($Е_{АНЭ}$), энергия наземной растительной массы (фитомасса) ($Е_{Ф}$), энергоемкость производства основной сельскохозяйственной продукции (Э), а также показатель энергетической эффективности возделывания культур в зависимости от применяемых технологий (ЭЭ) (табл. 2).

Таблица 2 - Энергетическая эффективность возделывания культур севооборота

Культуры	$Е_{АНЭ}$, МДж/га	$Е_{Ф}$, МДж/га	Э, МДж/ц	ЭЭ*
первый период				
Клевер	16205	249258	184,8	15,4
Овёс	6870	34607	2204,3	5,0
Озимая рожь	10057	80263	1875,3	8,0
Картофель	14159	67006	387,5	4,7
Овёс + клевер	8446	132964	462,0	15,7
второй период				
Клевер	16205	215976	184,8	13,3
Овёс	6870	31301	2204,3	4,6
Озимая рожь	7957	68261	1875,3	8,6
Озимая пшеница	9578	54282	1891,4	5,7
Озимый ячмень	9503	46386	1650,8	4,9
Овёс + клевер	8446	132964	462,0	15,7
Картофель	14159	83011	387,5	5,9
Капуста	7240	31161	143,6	4,3
Свекла	7471	43611	264,3	5,8
Кукуруза	10936	191763	409,8	17,5
Яровой ячмень	9503	26806	1576,8	2,8

**При ЭЭ < 1,0 энергетическая эффективность отсутствует,*

1…3 – энергетическая эффективность низкая,

3…5 – энергетическая эффективность средняя,

5…10 – энергетическая эффективность высокая,

ЭЭ > 10 – энергетическая эффективность очень высокая.

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что энергетическая эффективность у всех возделываемых культур от средней до высокой, за исключением ярового ячменя, который в высокогорных условиях не смог реализовать свой биологический потенциал. Наиболее высокой энергетической эффективностью отличились посевы многолетних трав, как в чистом виде, так и в смеси с овсом, а также посевы кукурузы.

Выводы. Средние урожайные данные и показатели кормовой продуктивности, полученные за разные периоды исследований, показали снижение объёмов производства практически по всем культурам. Это вызвано снижением показателей плодородия почвы в монокультурных посевах, как результат антропогенного вмешательства в экосистемы. При этом, в положительную сторону отличились варианты с поликультурным земледелием.

Устойчивые показатели урожайности, достигнутые в условиях высокогорья, подтверждают энергетическую целесообразность возделывания данных культур. Существенное влияние на показатель энергоемкости продукции оказывает объем урожая: при увеличении производимых объемов затраты на единицу продукции закономерно снижаются. Согласно проведённым энергетическим расчётам, выращивание всех изученных культур является рациональным и оправданным в субальпийском поясе горной зоны Северной Осетии.

Список источников

1. Грачева Р.Г., Виноградова В.В., Мудуев Ш.С. Адаптация деятельности населения горных территорий Дагестана к климатическим изменениям: тенденции в сельском хозяйстве // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 7. С. 946-962.

2. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Карты агроландшафтно-экологического районирования природных и природно-сельскохозяйственных экосистем Российской Федерации // Поволжский экологический журнал. 2024. № 3. С. 372-382.

3. Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р. Анализ сезонной и разногодичной динамики горных ландшафтов Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 4 (58). С. 1090-1097.

4. Оценка изменения биологической активности горных лугово-степных почв пастбищ разных стадий дигрессии Центрального Кавказа / Ф.В. Гедгафова, О.Н. Горобцова, Т.С. Улигова и др. // Почвоведение. 2023. № 6. С. 787-798.

5. Разработка эффективной системы мониторинга и анализа современных технологий развития агропромышленного комплекса в горных территориях / Ю.Н. Сердечная, Д.В. Сердечный, С.А. Корчагин, Н.А. Андриянов // Устойчивое развитие горных территорий. 2024. Т. 16, № 2 (60). С. 770-779.

6. Способ решения проблемы деградации горных пастбищ Центрального Кавказа / С.М. Джибилов, Э.Д. Солдатов, Л.Р. Гулуева, И.Э. Солдатова // Аграрный вестник Урала. 2020. № 6 (197). С. 10-16.

7. Володин В.М., Еремина Р.Ф. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе Курск: ЮМЭКС, 1999. 48 с.

8. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Усовершенствованная технология улучшения деградированных склоновых участков горной и предгорной зон // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 1. С. 57-62.

9. Технологии и методы восстановления деградированных кормовых угодий Центрального Кавказа / И.Э. Солдатова, С.М. Джибилов, Э.Д. Солдатов, Л.Р. Гулуева // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 35-42.

10. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova, S. Kozyrev, A. Kozyrev et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, 10 марта 2020 года. Moscow, 2020. P. 012046.

11. Rational use of land resources: regional aspect / B. Kozyrev, E. Tsoraeva, Al. A. Nagam et al. // E3S Web of Conferences: 22, Voronezh, 08–10 декабря 2020 года. Voronezh, 2021. P. 03018.

Информация об авторах.

С.Э. Кучиев - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экологии ФГБОУ ВО Горский ГАУ, e-mail: sergio_k73@mail.ru.

А.Х. Козырев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства - филиала Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», ironlag@mail.ru.

Information about the authors.

S.Ye. Kuchiev *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Land Management and Ecology, Gorsky State Agrarian University, e-mail: sergio_k73@mail.ru.*

A.Kh. Kozyrev *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher at the Department of Adaptive Landscape Agriculture, North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture, a branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences.*

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

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

Статья поступила в редакцию 25.12.2025, одобрена после рецензирования 09.01.2026, принята к публикации 13.06.2026.

The article was submitted 25.12.2025, approved after reviewing 09.01.2026, accepted for publication 13.06.2026.

© Кучиев С.Э., Козырев А.Х.

Научная статья
УДК 631.582:633.31/.37:631.452

РОЛЬ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ПОВЫШЕНИИ АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТОВ

[1]Владимир ЕфимовичТориков, [2]Наталья Валерьевна Долгополова,
[1]Ольга Владимировна Мельникова, [1]Валентина Ивановна Репникова,
[2]Инна Андреевна Евсеенко, [2]Денис Евгеньевич Вишневецкий
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курская область, Курск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена роль зернобобовых культур в повышении агробиологической эффективности севооборотов в условиях степной зоны Северного Казахстана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения устойчивости зернового производства при неустойчивом увлажнении, ограниченных запасах продуктивной влаги и возрастающей потребности в биологизации земледелия. На основе полевых исследований, проведённых в 2021–2023 гг., установлено, что включение зернобобовых культур в короткоротационные севообороты способствует улучшению условий минерального питания яровой пшеницы. В среднем за годы исследований урожайность пшеницы после гороха составила 21,97 ц/га, после сои — 20,78 ц/га, что заметно превышало показатели, полученные после льна и горчицы, где урожайность находилась на уровне 16,32 и 13,83 ц/га соответственно. Полученные данные свидетельствуют о выраженном последействии зернобобовых культур и их значимости для стабилизации урожайности зерновых культур в степных агроландшафтах. Показано, что при нулевой технологии обработки почвы под посевами гороха и сои отмечалось накопление нитратного азота к уборке, что подтверждает их почвоулучшающее и азотонакопительное значение. Обосновано, что зернобобовое звено не следует рассматривать как второстепенное дополнение к зерновой специализации хозяйств. В условиях Северного Казахстана горох и соя выполняют важную агроэкологическую и производственную функцию: поддерживают питательный режим почвы, усиливают положительное последействие для пшеницы, способствуют более рациональному использованию биологических ресурсов агроценоза и повышают устойчивость севооборотов в условиях нестабильного влагообеспечения. Полученные результаты подтверждают целесообразность более широкого включения зернобобовых культур в структуру посевных площадей степной зоны как элемента повышения продуктивности, экологической устойчивости и агробиологической эффективности земледелия.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, горох, соя, севооборот, яровая пшеница, предшественник, нитратный азот, урожайность, агробиологическая эффективность, Северный Казахстан.

Для цитирования: Роль зернобобовых культур в повышении агробиологической эффективности севооборотов / В.Е.Ториков, Н.В. Долгополова, О.В. Мельникова и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 23-29.

Original article

THE ROLE OF LEGUMINOUS CROPS IN IMPROVING THE AGROBIOLOGICAL EFFICIENCY OF CROP ROTATIONS

[1]Vladimir Ye. Torikov, [2]Natal'ya V. Dolgopolova, [1]Ol'ga V. Mel'nikova,
[1]Valentina I. Repnikova, [2]Inna A. Yevseenko, [2]Denis Ye. Vishnevetsky
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia
[2]Kursk State Agricultural University, Kursk Region, Kursk, Russia

Abstract. *The role of grain legumes in improving the agrobiological efficiency of crop rotations in the steppe zone of Northern Kazakhstan is analyzed in the article.The relevance of the research is determined by the need to improve the sustainability of grain production under unstable moisture conditions, limited reserves of productive moisture, and the growing need for biologized agriculture. Based on field researches conducted from 2021 to 2023, it has been established that the inclusion of grain legumes in short-rotation crop systems improves the mineral nutrition conditions for spring wheat. On average, over the years of researches, the wheat yields after peas was 21.97 c/ha, after soybeans - 20.78 c/ha, which significantly exceeded the figures obtained after flax and mustard, where the yields was at the level of 16.32 and 13.83 c/ha, respectively. The obtained data demonstrate the pronounced after-effect of grain legumes and their importance for stabilizing grain yields in steppe agricultural landscapes. It was shown that no-tillage cultivation of peas and soybeans resulted in the accumulation of nitrate nitrogen by harvest, confirming their soil-improving*

and nitrogen-accumulating properties. It is substantiated that grain legumes should not be considered a secondary supplement to the grain specialization of farms. In the conditions of northern Kazakhstan, peas and soybeans perform important agro-ecological and production functions: they maintain the soil's nutrient status, enhance the positive after-effects of wheat, promote more rational use of the agrocenosis's biological resources, and improve the stability of crop rotations under conditions of unstable moisture supply. The obtained results confirm the feasibility of a wider inclusion of grain legumes in the structure of sown areas in the steppe zone as an element of increasing productivity, environmental sustainability and agrobiological efficiency of agriculture.

Keywords: *leguminous crops, peas, soybeans, crop rotation, spring wheat, predecessor, nitrate nitrogen, yields, agrobiological efficiency, Northern Kazakhstan.*

For citation: *The role of leguminous crops in improving the agrobiological efficiency of crop rotations / Torikov V.Ye., Dolgopolova N.V., Mel'nikova O.V., and at // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 23-29.*

Введение. Плодородие почвы является интегрированным индикатором взаимодействия основных факторов формирования почвы и комплексным критерием оценки состояния почвы – содержанием гумуса в нём [0]. Интенсивное использование почвенных ресурсов Казахстана привело к снижению потенциальной плодородности и ухудшению агрофизических показателей почвы. Ускорение темпов потери гумуса началось в 70-90-х годах. прошлого века с увеличением площади под рядными культурами, экологически несбалансированной химизацией отрасли. В то время среднегодовые потери в условиях степи Казахстана составляли 0,55; 0,60 т/га из-за преобладания скоростей минерализации органических веществ в почве по сравнению с их потоком. За последние 20 лет процессы осушения почвы не прекращались, но продолжают происходить с довольно высокой интенсивностью. Таким образом, фактическое содержание гумуса в черноземах составляет 3,5 % при оптимальном уровне 4,3 % [2]. Его содержание в диапазоне 3,0-3,5 % считается критическим для этого типа почвы [3].

Известно, что почва как самостоятельное природное тело и компонент экосистемы представляет собой сложную систему, в которой обмен веществом и энергией с окружающей средой происходит постоянно, а содержание гумуса определяется интенсивностью потребления органического вещества и объёмом их биологических потерь, вызванных процессами минерализации, эрозии и т. д. [4]. Решение задачи эффективного управления плодородием и продуктивностью почвы с интенсивным использованием должно быть связано с предугадыванием влияния современных сельскохозяйственных систем на них для превентивного устранения причин и нежелательных последствий, ограничивающих производство сельскохозяйственной продукции [5]. В естественных условиях на девственных землях плодородие почвы увеличивается за счёт использования солнечной энергии зелёными растениями, которые оставляют в почве больше энергии, чем потребляют для жизни. Но естественное пополнение плодородия прекращается, когда человек отчуждает продукты зелёных растений. Равновесие нарушается, и вступает в силу закон возврата [6]. В то же время установлено, что гумусовые вещества, образующиеся за счёт растительных остатков, не могут полностью компенсировать потерю гумуса при выращивании однолетних культур без использования органических и минеральных удобрений. Согласно ранее полученным данным в долгосрочных полевых экспериментах с использованием изотопной индикации растений и почвы [7], годовая минерализация гумуса для выращивания озимой пшеницы без удобрений составляет 0,71 т/га, ячмень – 0,57, кукуруза – 0,83–1,1, сахарная свекла – 1,29–1,34, бобовые – 0,8, многолетние травы – 0,09–0,2 т/га.

Данные из литературы многих исследователей показывают, что плодородие типичных черноземов значительно зависит от используемой системы удобрений, набора культур в севообороте, степени их насыщения зерновыми и рядковыми культурами, наличия многолетних травяных культур в севообороте. Это наиболее важные факторы, которые напрямую положительно влияют на содержание и преобразование органических соединений в почве при полевом севообороте [8]. Культуры и их связи существенно влияют на доходные и расходные ставки баланса органического вещества в полевых севооборотах. Было установлено, что потери гумуса на полях чистого пара могут составлять от 1,2 до 1,6 т/га, при выращивании ярых зерновых культур – 0,5-0,6 т/га, под озимой пшеницей – около 0,4-0,7 т/га, а наиболее минерализованный гумус при рядковых культурах – до 7,15 т/га.

При выращивании зерновых на черноземных почвах запасы гумуса в верхнем слое 0-50 см существенно не меняются, а уменьшаются более интенсивно на глубине 50-70 см. Ещё одна закономерность наблюдается в почве при выращивании рядовых культур. Наибольшее истощение почвы для гумуса под кукурузой было в слое 0–50 см, а под сахарной свеклой – 0–70 см [9]. Многочисленные исследования почвоведов выявили технологические аспекты расширенного размножения и в большей степени сохранения плодородия почвы, исходя из установленных оптимальных параметров со-

става материала, функциональных свойств и режимов каждого типа почвы, при которых её потенциальная плодородие стабильно реализуется в урожайности [10].

В то же время уровень биологического потенциала плодородия почвы, параметры их кислотно-щелочного режима и требования современной рыночной экономики влияют на формирование соответствующей специализации сельского хозяйства, упрощение севооборотов и изменения структуры культур, которые в основном непригодны для поддержания почвенной фертильности на стабильно высоком уровне.

Подводя итоги долгосрочных исследований научно оправдан севооборот, как важнейший элемент сельскохозяйственной системы, продолжит играть ведущую роль в организации и реализации эффективной модели повышения плодородия почвы, преобразования органических соединений и формирования благоприятного питательного режима. Однако результаты полевых экспериментов показывают, что при неизменном выращивании кукурузы по сравнению с посевом в научно обоснованном севообороте минерализация органического вещества увеличивается почти на 60%, азотсодержащих соединений – в 2,6 раза, а при выращивании сои в монокультуре значение этих показателей составляет 2,0 и 3,1 раза. При постоянном выращивании гороха по сравнению с севооборотом различия в содержании гумуса составляли 5,6 % (относительно), при озимых монокультурах – 1,03 % относительно показателя посева в севообороте. Выращивание кукурузы в неизменном посеве сопровождается снижением содержания гумуса на 14,5 % (относительно), а сои – на 8,5 % (относительно) по сравнению с севооборотом. Положительное влияние растений на содержание гумуса и азота в почве во многом зависит от типа культур, выращиваемых в севообороте. Так, по данным П.Т. Борисенко [11], после выращивания клевера содержание гумуса в пахотном слое составляло 4,67%, после кукурузы и озимой пшеницы – 4,48–4,49%, картофеля – 4,38%.

Как показали экспериментальные данные, полученные в основных почвенно-климатических зонах Казахстана, под многолетними травами с одно- и двухлетним использованием содержание гумуса увеличивается на 0,1–0,3 % [12]. Длительность последействия культуры многолетних трав на гумусное состояние почвы составляет 3–5 лет.

В период с 2001 по 2023 годы было установлено, что количество остатков корневых и послеуборочных культур в системе севооборота без использования удобрений недостаточно для простого размножения органической части почвы. В зерновых и свекловичных севооборотах с 25% горохом для поддержания сбалансированного баланса гумуса доза органических удобрений должна составлять не менее 10 т/га площади севооборота с обязательным сочетанием с удобрениями. В севообороте с многолетними бобовыми травами использование минеральных удобрений создаёт условия для отсутствия дефицита и положительного баланса гумуса [13].

Важнейшим средством дальнейшего повышения урожайности и валовых сборов всех сельскохозяйственных культур является освоение научно-обоснованных севооборотов. Высокая индустриализация сельского хозяйства, включающая использование тяжёлой техники и инструментов для обработки почвы, а также значительных объёмов минеральных удобрений и различных химических средств защиты растений, вызвала интенсивную деградацию почвы [14, 15]. С дефицитом баланса гумуса, использованием тяжёлой техники, нарушением севооборота, сроков и технологий обработки почвы постепенно развивается физическая деградация. Прежде всего, она влияет на количественные и качественные параметры структуры, плотность структуры и, как следствие, на водно-воздушный режим, условия для развития корней растений, активность микроорганизмов и разрушение мезофауны [16].

В исследованиях [17-19] среди предшественников озимой пшеницы, лучшими из них были однолетние бобовые. Некоторое ухудшение структуры почвы было обнаружено во время выращивания озимой пшеницы после выращивания подсолнечника и кукурузы на силос. Структурный и агрегатный состав черноземных почв положительно влияет на зерновые культуры непрерывного метода посева, а чистый пар и выращивание рядных культур приводят к его разрушению.

Практика последних лет показывает, что при уплотнении пахотного слоя, когда общая пористость становится менее 50% от объёма почвы, условия роста сельскохозяйственных культур, включая сою, резко ухудшаются, корневая система ослабевает, на корнях образуется мало узлов, скорость роста и развития растений снижается, и, как следствие, уменьшается урожайность [19].

Таким образом, культуры существенно влияют на структурное и агрегатное состояние почвы в севообороте. В частности, корневая система растений объединяет частицы почвы в агрегаты, тем самым предотвращая разрушение почвы. Под воздействием мощной, глубоко проникающей корневой системы многолетних бобовых микробиологическая активность почвы резко возрастает, а также улучшаются её агрономические свойства, увеличивается некапиллярное обжигание и водопроницаемость.

Цель статьи - обоснование агробиологической роли зернобобовых культур в короткоротационных севооборотах степи Северного Казахстана и определение их влияния на урожайность яровой пшеницы, азотный режим почвы и общую устойчивость севооборота.

Материалы и методы исследования. В работе использован полевой опыт, сравнительная оценка урожайности яровой пшеницы после различных предшественников, агрохимический анализ почвы по содержанию нитратного азота и подвижного фосфора, сопоставление удобренного и неудобренного фонов, а также статистическое обобщение трехлетних данных. Для оценки последействия зернобобовых культур урожайность пшеницы после гороха и сои сравнивалась с показателями после льна и горчицы, а изменения азотного режима прослеживались от посева до уборки культур.

Исследования проводились в 2021-2023 гг. в условиях засушливой степи Северного Казахстана. В исследовании анализировали короткоротационные севооборотные схемы горох-пшеница-горчица-пшеница и лен – пшеница – соя – пшеница, где зернобобовые культуры выступали предшественниками яровой пшеницы и одновременно оценивались как фактор улучшения питательного режима почвы. Отдельно рассматривались удобренный и неудобренный фоны при нулевой технологии, что позволило проследить изменение содержания нитратного азота под горохом и соей в течение вегетации.

Результаты и их обсуждение. В полевых исследованиях 2021-2023 гг. действие зернобобовых культур прослеживалось прежде всего через последействие гороха и сои на пшеницу. В севооборотах горох-пшеница-горчица-пшеница и лен-пшеница-соя-пшеница пшеница по-разному реагировала на предшественник: после гороха средняя урожайность за три года составляла 21,97 ц/га, после сои – 20,78 ц/га, тогда как после льна она снижалась до 16,32 ц/га, после горчицы – до 13,83 ц/га. Среднее преимущество зернобобовых предшественников над масличными составляло 6,30 ц/га, или 41,8 %, что для степных условий имеет не случайный, а севооборотный характер.

Таблица 1 - Урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественника, ц/га

Предшественник	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Горох	22,65	26,55	16,70	21,97
Соя	20,10	25,65	16,60	20,78
Лен	20,55	16,80	11,60	16,32
Горчица	15,85	14,25	11,40	13,83

Горох в опыте был самым лучшим предшественником для пшеницы. Даже в 2023 г., когда засушливые условия заметно ограничивали продуктивность большинства вариантов, пшеница после гороха дала 16,70 ц/га, после сои – 16,60 ц/га, тогда как после льна и горчицы соответственно 11,60 и 11,40 ц/га. Такой разрыв особенно важен для зоны неустойчивого увлажнения, где ценность предшественника определяется не только высоким урожаем в благоприятный год, но и способностью поддержать культуру в засушливый период (табл. 1).

Агрохимическая часть опыта подтвердила, что зернобобовые культуры влияли не только на урожайность следующей пшеницы, но и на азотный режим почвы. При нулевой технологии содержание нитратного азота под горохом на удобренном фоне росло с 8,9 до 15,3 мг/кг, на неудобренном – с 7,5 до 17,9 мг/кг. Под соей соответствующие значения составляли 6,5–14,9 мг/кг на удобренном фоне и 7,2-14,7 мг/кг на неудобренном. В вариантах с пшеницей, льном и горчицей в течение вегетации, наоборот, фиксировалось снижение содержания нитратного азота (табл. 2).

Таблица 2 - Изменение содержания нитратного азота под зернобобовыми культурами при нулевой технологии, среднее за 2021-2023 гг.

Звено севооборота	Фон	N перед посевом, мг/кг	N после уборки, мг/кг	+/-, мг/кг
Горох - пшеница	Удобренный (N60P60K60)	8,9	15,3	+ 6,4
	Неудобренный (N0P0K0)	7,5	17,9	+10,4
Соя - пшеница	Удобренный (N60P60K60)	6,5	14,9	+ 8,4
	Неудобренный (N0P0K0)	7,2	14,7	+ 7,5

Пшеница после зернобобовых предшественников имела лучшие показатели обеспеченности элементами питания перед посевом (табл. 3). На пшенице после гороха содержание нитратного азота составляло 15,0 мг/кг на удобренном фоне и 10,7 мг/кг на неудобренном, подвижного фосфора – соответственно 40,5 и 33,0 мг/кг. На пшенице после сои содержание азота также было высоким – 14,2 и 10,5 мг/кг, однако по фосфору неудобренный фон заметно уступал варианту после гороха: 22,0 мг/кг

против 33,0 мг/кг. Такая разница сопровождалась недобором урожая пшеницы после сои без удобрений более чем на 2,1 ц/га по сравнению с вариантом после гороха.

Таблица 3 - Обеспеченность пшеницы элементами питания после зернобобовых предшественников, среднее за 2021-2023 гг.

Вариант	Фон	N перед посевом, мг/кг	P_2O_5 перед посевом, мг/кг
Пшеница после гороха	Удобренный (N60P60K60)	15,0	40,5
	Неудобренный (N0P0K0)	10,7	33,0
Пшеница после сои	Удобренный (N60P60K60)	14,2	35,0
	Неудобренный (N0P0K0)	10,5	22,0

После гороха и сои яровая пшеница формировала самые высокие показатели клейковины и белка: клейковина составляла 29,0–31,0 %, белок – 13,9–15,7 %, что соответствовало I классу товарной продукции. После зерновых предшественников, включая бессменный посев, содержание клейковины снижалось до 20,3 – 23,2%, белка–до 11,8-12,1%. Следовательно, зернобобовое звено работало не только на количество урожая, но и на товарность зерна, что особенно существенно для хозяйств, ориентированных на продовольственную пшеницу.

По результатам опыта наиболее эффективной для зерновой специализации определена структура, в которой 50% площади занимает пшеница, 25 % – зернобобовая культура и 25 % – масличная культура. Такое построение не выводит пшеницу из основной роли в хозяйстве, но разрывает бессменное зерновое чередование, оставляя горох или сою обязательным биологическим предшественником. В рекомендованных звеньях пшеница после гороха имела урожайность 21,97 ц/га и самый высокий прирост к бессменному посеву, а пшеница после сои – 20,78 ц/га с стабильно высоким уровнем белка и клейковины.

Заключение. Агробиологическая ценность зернобобовых культур в севообороте связана не только с их способностью формировать урожай, а прежде всего с влиянием на почвенное плодородие, гумусовое состояние, азотное питание последующих культур и биологическое равновесие агроценоза. В условиях длительного истощения черноземов, дефицита органического вещества и упрощения зерновых севооборотов горох, соя и другие зернобобовые культуры приобретают значение естественного регулятора плодородия, поскольку они прерывают одностороннее использование почвы зерновыми культурами, ослабляют последствия монокультурного выращивания и создают лучшие предпосылки для следующей пшеницы. Именно поэтому в степном земледелии Северного Казахстана зернобобовое звено должно рассматриваться как обязательная основа продуктивного, почвозащитного и экономически оправданного севооборота.

Зернобобовые культуры в условиях Северного Казахстана оказались наиболее ценными не как дополнительная культура в наборе севооборота, а как звено, изменяющее условия для следующей пшеницы. Горох и соя обеспечивали более высокую урожайность, лучший азотный режим почвы и более высокое качество зерна по сравнению с вариантами после масличных и зерновых предшественников.

Сильнейший агробиологический эффект имел горох: после него пшеница формировала 21,97 ц/га, имела хорошую обеспеченность азотом и фосфором, а сама культура при нулевой технологии оставляла после себя повышенное содержание нитратного азота. Соя также подтвердила значение зернобобового предшественника, особенно по показателям белка и клейковины следующей пшеницы, однако на неудобренном фоне нуждалась в более внимательном контроле фосфорного питания.

Для степных севооборотов целесообразным является не одностороннее насыщение пшеницей и не замена зернобобовых масличными культурами, а сочетание пшеницы, гороха или сои и товарной масличной культуры. В такой ротации зернобобовые берут на себя главную агробиологическую функцию: поддерживают азотный режим, повышают последействие для пшеницы, улучшают качество зерна и делают короткоротационный севооборот более устойчивым в условиях неустойчивого увлажнения.

Список источников

1. Байбеков Р.Ф., Коваленко А.А., Забугина Т.М. Продуктивность звеньев полевых севооборотов в длительных полевых опытах на дерново-подзолистой среднеокультуренной почве // Земледелие. 2024. № 2. С. 3-8.

2. Вернер А.В. Эффективность агротехнических приёмов возделывания яровой мягкой пшеницы сорта Таймас в Северном Казахстане // 70-летие агрономического факультета: материалы национальной научно-практической конференции. Ижевск, 2024. С. 52-58.

3. Вернер А.В., Коконов С.И. Адаптация сроков посева перспективных сортов яровой мягкой пшеницы к условиям меняющегося климата Северного Казахстана // Вестник Ульяновской ГСХА. 2025. № 3 (71). С. 13-20.

4. Инновации в земледелии Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве // Сборник научных статей, посвящённый 70 летию д-ра с.-х. наук Юшкевича Л.В. Омск, 2022.

5. Солтүстік Қазақстан жағдайын дажаздық жұмсақбидай сорта рыныңикем ділігі / Г.А. Кипшакбаева, Б.О. Амантаев, З.Т. Тлеулина и др. // С. Сейфуллин атындағы Қазақагро техникалық университет і ніңғылым жаршысы. 2022. № 1 (112). С. 83-94.

6. Влияние погодных условий степной зоны Северного Казахстана на продуктивность яровой мягкой пшеницы / Д.Н. Нурпеисов, Т.В. Савин, А.К. Айтуганов и др. // Вестник науки КАТУ им. С. Сейфуллина. 2023. № 2 (117). С. 201-212.

7. Изучение сортов льна масличного в юго-восточной части Тюменской области / Е.Х. Даньяров, Р.А. Дмитриенко, И.Ю. Першаков, А.Ю. Першаков // Стратегические ресурсы Тюменского АПК. Тюмень, 2024. С. 59-67.

8. Кравцов А.М., Загорулько А.В. Технология выращивания полевых культур в зернотравяно пропашном севообороте, продуктивность пашни и плодородие чернозема выщелоченного // Почвенное плодородие основа устойчивого развития сельскохозяйственного производства: материалы международной научно практической конференции, посвящённой 100 летию Б.И. Тарасенко и 120 летию А.П. Джулая. Краснодар, 2024. С. 98-102.

9. Лупова Е.И., Евсенина М.В., Ерофеева Т.В., Питюрина И.С. Значение специализированных севооборотов в защите посевов от сорняков // Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всероссийской научно практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации ДГАУ. Махачкала, 2022. С. 62-67.

10. Разработка почвообрабатывающе посевных машин для органического сельского хозяйства, адаптированных к почвенно климатическим условиям Северного Казахстана / М.А. Адуов, С.А. Нукушева, Е.Ж. Каспаков и др. // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2025. № 2 (125). С. 145-159.

11. Мамиев Д.М. Биологизация севооборотов на ландшафтной основе // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 101. С. 141-144.

12. Вернер А.В. Влияние сортовых особенностей яровой мягкой пшеницы на рост, развитие и формирование урожайности в условиях Северного Казахстана // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач АПК. Ижевск, 2022. С. 13-16.

13. Оценка качества генотипов яровой мягкой пшеницы с определением аминокислотного состава в условиях Северного Казахстана / О.О. Крадецкая, Д.М. Джазина, С.М. Дашкевич и др. // Проблемы и пути повышения качества зерна. Тюмень, 2023. С. 53-61.

14. Кекало А.Ю., Немченко В.В. Проблема корневых гнилей пшеницы в современных агротехнологиях Зауралья // Современная интегрированная защита растений. Новосибирск, 2024. С. 51-55.

15. Значение специализированных севооборотов в защите посевов от сорняков / Е.И. Лупова, М.В. Евсенина, Т.В. Ерофеева, И.С. Питюрина // Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всероссийской научно практической конференции с международным участием, посвящённой 90 летию кафедры земледелия, почвоведения и мелиорации ДГАУ. Махачкала, 2022. С. 62-67.

16. СолтүстікҚазақстанжағдайындаөңдеужүйесінебайланыстытопырақтықтығыздығыжәнеэлектрлікқасиеттері / Б.М. Елеуов, Н.С. Мухтаров, Н.Е. Калимов, А.Б. Нугманов // 3i: Intellect, Idea, Innovation интеллект, идея, инновация. 2025. № 1. С. 116-123.

17. Долинный Ю.Ю., Базилова Д.С., Иванова Г.Н. Сравнительная оценка коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы по комплексу признаков в условиях Северного Казахстана // Инновационные решения стратегических задач АПК. Ижевск, 2023. С. 27-31.

18. Оптимизация земледелия Рациональное землепользование: оптимизация земледелия и растениеводства // Сборник докладов V международной научно-практической конференции, посвящённой 80 летию академика А.П. Щербакова. 2021.

19. Agricultural landscapes and financial factors affecting soil microzones in the Kursk region / E.V. Malisheva, A.V. Musyal, N.V. Dolgopolova et al. // E3s web of conferences: VIII International Conference

on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. Vol. 390. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 01008.

Информация об авторах:

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

Н.В. Долгополова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Курский ГАУ, dunaj-natalya@yandex.ru.

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

В.И. Репникова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, v.i.repnikova@mail.ru.

И.А. Евсеенко – аспирант кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, inna_evseenko@mail.ru.

Д.Е. Вишневецкий – аспирант кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, phimerix@gmail.com.

Information about the authors:

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

N.V. Dolgopolova *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Kursk State Agrarian University, dunaj-natalya@yandex.ru*

O.V. Mel'nikova *– Doctor PhD in Agriculture, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikova1999@mail.ru.*

V.I. Repnikova *– Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Economics and Management, Bryansk State Agrarian University, v.i.repnikova@mail.ru.*

I.A. Yevseenko *– Postgraduate Student at the Department of Plant Growing, Breeding, and Seed Production, Kursk State Agrarian University, inna_evseenko@mail.ru.*

D.Ye. Vishnevetsky *– Postgraduate Student at the Department of Plant Growing, Breeding, and Seed Production, Kursk State Agrarian University, phimerix@gmail.com.*

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

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

Статья поступила в редакцию 21.05.2026; одобрена после рецензирования 05.06.2026, принята к публикации 13.06.2026.

The article was submitted 21.05.2026; approved after reviewing 05.06.2026; accepted for publication 13.06.2026.

©Ториков В.Е., Долгополова Н.В., Мельникова О.В., Репникова В.И., Евсеенко И.А., Вишневецкий Д.Е.

Научная статья
УДК 631.559.2:633.62:636.085.51 (470.33)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ СОРГО САХАРНОГО [*SORGUM BICOLOR (L.) MOENCH*] В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

[1]Сергей Михайлович Сычёв, [1]Александр Викторович Дронов,
[1]Сергей Александрович Бельченко, [2] Наталья Александровна Багринцева
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2] ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Михайловск, Россия

Аннотация. В настоящей статье приведены данные по экологическому сортоиспытанию сорго сахарного в почвенно-климатических условиях Брянской области. Исследования выполнены в период 2023-2025 годов на серой лесной почве агрополигона Брянского государственного аграрного университета. Цель работы заключалась в изучение особенностей продукционного процесса, оценке кормовых качеств надземной массы, эффективности агротехнологии перспективных сортов сорго сахарного в регионе. Объектами испытания послужили сорта сорго сахарного селекции Северо-Кавказского ФНАЦ Ставропольского края (Галия, Тандем) и ООО «Агроплазма» Краснодарского края (Сажень, Север). Изучаемые генотипы оценивали по основным хозяйственно-ценным признаков и свойствам. За период сортоиспытания отмечены высокоурожайными агроценозы сорта Тандем соответственно по годам 64,80, 75,26 и 70,20 т/га зелёной массы или сухого вещества 15,6 -17,3 т/га. В наиболее благоприятном 2024 году по темпам роста и развития сортов сорго сахарного средняя урожайность кормовой массы по опыту составила 67,23 т/га и с достоверной существенной разницей выделены сорта Галия и Тандем соответственно 68,24 т/га и 75,26 т/га. В среднем за 3 года исследований урожайность зелёной массы сортов составила 64,17 т/га (сорт Галия), 70,09 (Тандем), 61,66 (Сажень) и 58,45 т/га (Север). Рентабельность производства перспективного сорта Тандем по предлагаемому проекту технологии на 12,5% выше в сравнение с контрольным вариантом (кукуруза на силос). Высокоурожайный сорт Тандем характеризовался высоким выходом валовой энергии (54,8 ГДж/га) в пересчёте на общую урожайность зелёной массы, для других сортов Галия и Север энергоёмкость составила соответственно 50,1 и 50,7 ГДж/га. Выход обменной энергии всех исследуемых сортов находился в пределах 25-27 ГДж/га. Высокопродуктивные сорта сорго сахарного Галия и Тандем рекомендованы для внедрения в практику полевого кормопроизводства Брянской области.

Ключевые слова: сорго сахарное, испытание сортов, урожайность, зелёная масса, питательная ценность, валовая и обменная энергия, эффективность.

Для цитирования: Оценка эффективности возделывания сортов сорго сахарного [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] в условиях Центрального Нечерноземья / С.М. Сычёв, А.В. Дронов, С.А. Бельченко, Н.А. Багринцева // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 30-35.

Original article

EVALUATION OF THE CULTIVATION EFFICIENCY OF SUGAR SORGHUM [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK SOIL ZONE

[1]Sergey M. Sychyov, [1]Aleksandr V. Dronov,
[1]Sergey A. Bel'chenko, [2]Natal'ya A. Bagrintseva
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia
[2]North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, Mikhailovsk, Russia

Abstract. *This article presents data on the ecological variety testing of sugar sorghum in soil and climatic conditions of the Bryansk region. The researches were conducted in period 2023-2025 on gray forest soil of the Bryansk State Agrarian University's agricultural polygon. The aim of the work was to study the characteristics of the production process, assess the feed qualities of the above-ground biomass, and evaluate the effectiveness of agricultural technology for promising sugar sorghum varieties in the region. The test objects were sugar sorghum varieties bred by the North Caucasus Federal Agricultural Research Center of the Stavropol Territory (Galia, Tandem) and Agroplasma LLC of the Krasnodar Territory (Sazhen, Sever). The studied genotypes were evaluated according to the main economically valuable traits and properties.. During the variety testing period high-yielding agrocenoses of Tandem variety were recorded at 64.80, 75.26 and 70.20 t/ha of green mass or 15.6-17.3 t/ha of dry matter respectively. In most favorable year of 2024 the average yield of fodder mass for sugar sorghum varieties was 67.23 t/ha and varieties Galia and Tandem yielded 68.24 t/ha and 75.26 t/ha respectively. On average green mass yield of varieties was 64.17*

t/ha (Galia), 70.09 (Tandem), 61.66 (Sazhen) and 58.45 t/ha (Sever) over the 3-year study period. Profitability of promising Tandem variety under proposed technology project was 12.5% higher than control variant (corn for silage). The high-yielding variety Tandem was characterized by high gross energy yield (54.8 GJ/ha) in terms of total yield of green mass while the energy efficiency of other varieties Galia and Sever was 50.1 and 50.7 GJ/ha respectively. The exchange energy yield of all studied varieties was within range of 25-27 GJ/ha. High-yielding sugar sorghum varieties Galia and Tandem are recommended for implementation in field fodder production of the Bryansk Region.

Keywords: *sugar sorghum, variety testing, yields, green mass, nutritional value, gross and exchange energy, effectiveness.*

For citation: *Evaluation of the cultivation efficiency of sugar sorghum [sorghum Bicolor (L.) Moench] varieties in the conditions of the Central Non-Black Soil Zone / S.M. Sychyov, A.V. Dronov, S.A. Bel'chenko, N.A. Bagrintseva // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026; № 4 (116). pp. 30-35.*

Введение. Сорго сахарное [Sorghum bicolor (L.) Moench] является одной из урожайных кормовых культур, которая обладает высокой экологической пластичностью (эвритопный тип растения) и обеспечивает стабильно получение урожая ценной по питательности зелёной массы, силоса, зерносенажа. На сегодня сахарное сорго рассматривается как альтернатива кукурузе, но, в первую очередь, как «спутник-помощник кукурузе» в изменяющихся климатических условиях и погодных рисках. Отличительная особенность сорго сахарного - это высокое содержание сахаров в соке стеблей, до 18% и выше, их сочность, ремонтантность или сохранность зелёных листьев даже к фазе полной спелости зерна, что в кормовом плане является преимуществом. Культура практикуется в организации зелёного и сырьевого конвейеров, заготовки качественных объёмистых кормов [1,2,3,4,5]. Стратегическое значение агрокультуры сорго сахарного в том, что она служит первичным и дешёвым сырьём для производства сахаро-глюкозо-фруктозного сиропа, биоспирта, патоки и ряда других продуктов. Багасса или отжатая масса после получения растительного сока широко используется для производства кормов, топочных брикетов, бумаги, картона, биоупаковки и строительных материалов. Способность растений сорго сахарного аккумулировать большое количество водорастворимых сахаров делает его перспективным и потенциальным источником сырья для получения биоэтанола. Этот биоэтанол на сегодняшний день в мире называется «зелёным» дизелем, способным заменить до 10 процентов от общей потребности в бензине и 60 процентов в дизтопливе. Известно, что смесь бензина и этанола под названием Е10 означает цифровой индекс, который показывает процентное содержание биоэтанола в топливе, выраженное в объёмных долях, и в мировой автомобильной практике используется более 25 лет [6,7].

Методология данного экологического испытания заключается в алгоритме изучения адаптивного и продуктивного потенциала современных сортов сорго сахарного в зависимости от произрастания и возделывания в почвенно-климатических условиях Брянской области.

Цель исследования - выявление особенностей продукционного процесса, оценки кормовых качеств надземной массы, эффективности агротехнологии перспективных сортов сорго сахарного в регионе.

Материалы и методы исследований. Агроэкологическое сортоиспытание сорго сахарного проведено в почвенно-климатических условиях Брянской области. Исследования выполнены в период 2023-2025 годов на агрополигоне Брянского государственного аграрного университета. Агротехника при сортоиспытании общепринятая в регионе для пропашных культур. Предшественником по годам испытания являлись демонстрационные посевы зернобобовых культур при проведении «Дня Брянского Поля». На опытном поле университета почвы серые лесные, по гранулометрическому составу среднесуглинистые, слабокислые, со средним содержанием гумуса, подвижных форм фосфора и калия. Минеральные удобрения (общий фон - азофоска) внесены весной под предпосевную культивацию при норме $N_{80}P_{80}K_{80}$ + в фазу 5-6 листа (начало кущения сорго) N_{40} в подкормку на планируемую урожайность зелёной массы - 70 т/га. Срок сева: 27 мая 2023 года, 19 мая 2024 г., 21 мая 2025 года. Посев сортов сортов сорго сахарного выполнен сеялкой СПЧ-6 пунктирным способом, глубина заделки семян 3-4 см, норма высева 300 тыс. шт. всхожих семян/га (с надбавкой +15%). Опыт однофакторный, размещение вариантов (сортов) последовательное, площадь посева каждого сорта - 50 квадратных метров, учётная - 10 квадратных метров в трехкратной повторности. Защита посевов сорго сахарного от сорной растительности включала внесение гербицида Балерина (фазу 3-5 листьев) и нормы 250 л рабочего раствора на гектар.

В качестве объектов исследований нами взяты сорта сорго сахарного селекции Северо-Кавказского ФНАЦ Ставропольского края (Галия, Тандем) и ООО «Агроплазма» Краснодарского края (Сажень, Север). Экспериментальная работа проводилась в соответствии с Методикой агротех-

нических исследований в опытах с основными полевыми культурами [8]. В течение вегетационного периода за годы испытания проводили фенологию за ростом и развитием, определение высоты растений, длины метёлки, выполняли структурный анализ побегов снопового материала данных сортов сорго. Учёт биологической урожайности кормовой массы проведён в фазу молочно-восковой спелости зерна с пересчётом на сухое вещество. Лабораторные исследования и химический анализ зелёной массы выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Урожайные данные надземной массы обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Агроэкологические испытание новых сортов сорго сахарного в течение 2023-2025 гг. проходило при несколько контрастных метеорологических условиях (табл. 1).

Так, в мае (время посева сортов сахарного сорго) теплообеспеченность за годы испытания была практически одинаковая - среднемесячная температура находилась в пределах 13,1-13,3°С, что на 1,2-1,4°С ниже климатической нормы. Количество атмосферных осадков в мае 2023 года составила 67 мм, что выше климатической нормы на 22 мм, в 2024 году - 42 мм, 2025 года - 35 мм (климатическая норма - 55 мм). В целом такие показатели данного режима сказались на формировании и появлении всходов сорго за 14-18 суток, особенно затянулся начальный период 2023 сельскохозяйственного года. В июне исследуемых годов среднесуточная температура воздуха значительно различалась, в 2024 году она была на 3,2°С выше, чем за 2025 год. По количеству осадков в июне отмечено выпадение 142 мм и 136 мм соответственно по годам, в виде проливных дождей, что практически 2,2 раза выше климатической нормой, и негативно сказалось на развитие растений сорго сахарного, особенно в первой половине вегетационного периода 2025 года, когда наблюдались погодные «качели». Июльский период сортоиспытания 2024 и 2025 годов характеризовался высокими температурами со среднемесячными температурами 21,2-22,0°С с незначительным превышением+1,0-1,8°С от климатической нормы. Количество атмосферных осадков в августе 2023 года составило 42 мм, в 2024 году - всего 9 мм и за 2025 года выпало 70 мм осадков (при климатической норме 64 мм). Метеорологические условия в сентябре за годы исследований можно характеризовать как благоприятные для продукционного процесса формирования высокопродуктивных посевов и уборки сортов сорго сахарного по завершению вегетационного периода за 118-132 суток.

Таблица 1 - Метеорологические данные за период сортоиспытания, 2023-2025 гг.

Показатель	Год	Месяц					За вегетационный период
		май	июнь	июль	август	сентябрь	
Сумма осадков, мм	2023	67,0	68,1	88,0	42,0	41,8	306,9
	2024	42	142	54	9	4	251
	2025	35	136	73	70	17	331
	Климатическая норма	55	65	82	64	46	312
Температура воздуха, С	2023	13,2	17,2	18,6	20,5	15,0	17,0
	2024	13,3	19,4	22,0	19,7	18,0	18,5
	2025	13,1	16,2	21,2	17,0	13,7	16,4
	Климатическая норма	14,5	17,7	20,2	18,7	11,4	16,5

Урожайность - это интегральный показатель который характеризуется вариабельностью в зависимости от агротехнологии культуры и погодных условий. Биологическая урожайность надземной массы сортов сорго сахарного по годам испытания представлена в таблице 2.

За период сортоиспытания биологическая урожайность зелёной массы варьировала по годам от 56,05 до 75,26 т/га. Нами отмечены высокоурожайными агроценозы сорта Тандем соответственно 64,80, 75,26 и 70,20 т/га зелёной массы или сухого вещества в пределах 15,6 -17,3 т/га. В наиболее благоприятном 2024 году по темпам роста и развития сортов сорго сахарного средняя урожайность кормовой массы по опыту составила 67,23 т/га, с достоверной существенной разницей ($НСР_{05}$=3,9 т/га) выделены сорта Галия - 68,24 и Тандем - 75,26 т/га. В среднем за 3 года исследований урожайность зелёной массы по сортам составила 64,17 т/га (Галия), 70,09 (Тандем), 61,66 (Сажень) и 58,45 т/га (Север).

Таблица 2 - Биологическая урожайность зелёной массы сортов сорго сахарного, в среднем за 2023-2025 гг.

n/n	Сорт	Урожайность зелёной массы, т/га			
		2023	2024	2025	в среднем за 3 года
1	Галия	57,75	68,24	66,50	64,17
2	Тандем	64,80	75,26	70,20	70,09
3	Сажень	61,10	63,60	60,26	61,66
4	Север	57,50	61,80	56,05	58,45
Средняя по опыту		60,29	67,23	63,26	63,60
$НСР_{05}$		2,5	3,9	3,1	

Следовательно, по-нашему мнению, среди испытываемых генотипов сорго сахарного выделились высокоурожайные сорта Галия и Тандем селекции Северо-Кавказского ФНАЦ (Ставропольский край) - 64,17 и 70,09 т зелёной массы с единицы площади.

По результатам выполненного химического анализа зелёной надземной массы сортов сорго сахарного в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ нами отмечена общая тенденция варьирования концентрации питательных веществ по фазам онтогенеза (табл. 3).

Таблица 3 - Концентрация питательных веществ в сухом веществе надземной массы перспективных сортов сорго сахарного по фазам онтогенеза (данные Центра коллективного пользования научным оборудованием Брянского госагроуниверситета, 2024 г.)

Сорт	Фаза онтогенеза	Концентрация питательных веществ в сухом веществе, г/1 кг СВ					Содержание в 1 кг корма		
		сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сырая зола	БЭВ	Мдж ОЭ	к.ед.	п.п., г
Галия	1	89	25	288	58	540	9,4	0,72	66,8
	2	61	28	311	44	556	9,1	0,67	45,8
Тандем	1	114	25	285	89	477	9,2	0,69	83,2
	2	64	24	305	48	559	9,4	0,72	46,7
Сажень	1	76	15	318	45	546	9,0	0,66	53,2
	2	65	14	335	30	556	8,8	0,63	45,5

Примечание: 1 - фаза вымётывания; 2 - фаза молочной спелости зерна

По концентрации сырого протеина и сырой золы в сухом веществе кормовой массы в фазу вымётывания выделялся сорт Тандем - 114 г и 89 г соответственно, содержание сырой клетчатки составило свыше 280 г в связи с хорошей долей облиственности побегов - до 25%. Высоким содержанием сырого протеина следует отметить сорт Галия - 89 г/кг СВ, что в целом сказалось на расчёте и выходе переваримого протеина в 1 кг корма и с урожаем. В результате расчётов зелёная масса сорта Тандем в фазу вымётывания содержала всего 83,2 г переваримого протеина, как и остальные сорта сорго сахарного, которые к сожалению, не соответствовали зоотехнической норме кормления по данному параметру. Концентрация сырого жира перспективных сортов была на уровне 24-25 граммов в фазу образования метёлок. В более поздние фазы онтогенеза растений сорго сахарного -формирование-молочная спелость зерна - отмечено снижение сырого протеина до 61-64 г при заметном повышении концентрации сырой клетчатки - до 310-330 г. Содержание сырого жира в данный межфазный этап органогенеза изменялось, но незначительно и составило 24-28 граммов в 1 кг сухого вещества. По данным химического анализа и концентрации питательных веществ в кормовой массе сортов сорго сахарного однозначно следует, что сорго сахарное - высокопитательная кормовая культура, которая перспективна в звене зелёного и сырьевого конвейеров полевого кормопроизводства Брянской области.

В отношении объективной оценки кормовых качеств зелёной массы сахарного сорго нами был проведён микролабораторный опыт по заготовке силоса в трехлитровые банки (фаза молочно-восковой спелости зерна) в сравнении с кукурузным силосом. Органолептическую оценку этих 2-х силосов проводили в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р 55986 - 2022 [9]. Биохимический анализ заготовленных силосов показал, что концентрация питательных веществ в сухом веществе несколько выше в силосе из сорго. Так, отмечено невысокое, но с незначительным превышением сырых форм протеина, жира, золы, содержание сырой клетчатки невысокое - до 240 г/кг СВ (из-за сочности стеблей сорго и содержания водорастворимых сахаров - около 15%). Доля необходимо ценной молочной кислоты из суммы органических кислот в силосе из сахарного сорго составила 43,6%, в кукурузном силосе -

49,5% соответственно. Показатель величины кислотности (pH) силосов был на уровне стандартных нормативов - 3,80-3,85 единиц. Требованиям 1 класса качества государственного стандарта отмечена силосная масса из кукурузы, показатели качества соргового силоса отнесены ко 2-му класса (по органолептическим данным, содержанию питательных веществ, величине кислотности).

Расчётные показатели анализа экономической эффективности возделывания высокоурожайного сорта сорго сахарного Тандем в производственных условиях «Учхоз» Брянского ГАУ представлены в таблице 4. Данный анализ показал, что рентабельность производства перспективного сорта Тандем по предлагаемому проекту технологии на 12,5% выше по сравнению с контрольным вариантом (кукуруза на силос). Производственная себестоимость 1 тонны кормовых единиц альтернативного варианта составила 2833 руб., что ниже контроля на 178 руб.

Таблица 4 - Показатели экономической эффективности агротехнологии силосной кукурузы и сорго сахарного («Учхоз» Брянского ГАУ, 2024 г.)

Показатели	Кукуруза (контроль)	Сорго сахарное (сорт Тандем)
Урожайность зелёной массы, т/га	71,30	75,26
Выход силоса с 1 га: - в физической массе, т	42,9	48,5
- в кормовых единицах, т	9,87	11,16
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	59220	66960
Производственные затраты на 1 га, руб.	29716	31617
Производственная себестоимость 1 т. к. ед., руб.	3011	2833
Условно чистый доход с 1 га, руб.	29504	35343
Рентабельность производства, %	99,3	111,8

При анализе энергетической эффективности затрат совокупной энергии перспективный сорт сорго сахарного Тандем характеризовался высоким выходом валовой энергии (54,8 ГДж/га) в пересчёте на общую урожайность зелёной массы, для других новых сортов Галия и Север энергоёмкость составила соответственно 50,1 и 50,7 ГДж/га. Выход обменной энергии (ОЭ) всех исследуемых сортов находился в пределах 25-27 ГДж/га. На возделывание сортов затраты совокупной энергии различались незначительно и были на уровне 12,2-12,6 ГДж/га. Выявлен высокий энергетический коэффициент 4,3-4,5, а также коэффициент энергетической эффективности 2,1 и 2,4 соответственно у сортов сорго сахарного Тандем и Галия.

Вывод. В результате проведённого сортоиспытания и оценки эффективности агротехнологии сорго сахарного в условиях Центрального Нечерноземья рекомендуются для полевого производства региона высокопродуктивные сорта Галия и Тандем по одноукосной схеме использования (силосный вариант).

Список источников

1. Урожайность и питательная ценность кукурузы ремонтантного типа (stay green) и сорго сахарного в условиях Центральной России / А.В. Дронов, С.А. Бельченко, В.В. Дьяченко, С.М. Сычев, Г.П. Малявко // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 6. С. 263-285.

2. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.П. Оценка новых перспективных сортов и гибридов сорговых культур // Кормопроизводство. 2025. № 7. С. 5-10.

3. Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири / В.С. Бойко, А.Ю. Тимохин, А.Б. Володин, Т.Н. Нижельский // Кормопроизводство. 2022. № 4. С. 29-33.

4. Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А. Изучение перспективных сортов сорго сахарного // Аграрный вестник Урала. 2023. № 7 (236). С. 22-31.

5. Сухарева Л.В. Выращивание Sorghum saccuratum Jakuschev в условиях Северо-Запада с использованием биорегуляторов // Научное обозрение. 2023. № 4. С. 53-57.

6. Юдина В.Н. Создание и морфо-биологическое изучение исходного материала для селекции сорго сахарного в условиях Республики Крым: дис. … канд. с.-х. наук. Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2023. 157 с.

7. Сахарное сорго как сахаронос и альтернативный источник биоэнергии (обзор) / О.Б. Каменева, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова и др. // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. № 5. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_602.pdf.

8. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. 538 с.

9. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 55986 - 2022 Силос и силаж. Общие технические условия. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 16 с.

Информация об авторах

С.М. Сычёв -доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.В. Дронов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор 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.

Н.А. Багринцева - кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр».

Information about the authors

S.M. Sychyov - *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bryansk State Agrarian University.*

A.V. Dronov - *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, dronov.bsgha@yandex.ru.*

S.A. Bel'chenko - *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.*

N.A. Bagrintseva *- Candidate of Agricultural Sciences, North Caucasus Federal Agricultural Research Centre.*

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 15.06.2026, одобрена после рецензирования 19.06.2026, принята к публикации 09.07.2026.

The article was submitted 15.06.2026, approved after reviewing 19.06.2026, accepted for publication 09.07.2026.

© Сычёв С.М., Дронов А.В., Бельченко С.А., Багринцева Н.А.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

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

Научная статья
УДК 636.2.053:636.087.7

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННЫХ ДОБАВОК НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ ТЕЛЯТАМИ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

[1]Сергей Викторович Лысенко, [1]Леонид Никифорович Гамко,
[2]Константин Александрович Лещуков, [3]Василий Федорович Радчиков
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, Орёл, Россия
[3]РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

Аннотация. Целью работы являлась оценка влияния природных минеральных добавок «Стимул» и смектитного трепела в сочетании с витамином D_3 на интенсивность роста и использование обменной энергии телятами голштинской породы в возрасте от 2 до 6 месяцев. В 2023–2025 гг. в условиях ООО «Агрофирма «Племзавод Заря» проведены два научно-хозяйственных опыта. В каждом опыте животных распределяли на контрольную и две опытные группы. Контрольные телята получали основной рацион, II опытная группа - добавку «Стимул», III опытная - смектитный трепел. В первом опыте минеральные компоненты вводили в количестве 2,0 %, во втором - 2,5 % от сухого вещества рациона; дополнительно использовали витамин D_3 в дозе, указанной в схеме опыта. Живую массу определяли ежемесячным индивидуальным взвешиванием, рассчитывали абсолютный и среднесуточный приросты. Баланс обменной энергии оценивали по ее поступлению, расходу на основные физиологические функции, теплопродукции и энергии продукции. В первом опыте смектитный трепел обеспечил увеличение живой массы в 6 месяцев на 7,33 %, а среднесуточного прироста - на 12,19 % относительно контроля ($p<0,05$). Во втором опыте прирост при использовании «Стимула» повысился на 8,26 % ($p<0,05$), смектитного трепела - на 12,85 %. Добавки снижали относительную теплопродукцию на 1,3–5,4 процентного пункта и повышали энергию продукции. Полученные данные подтверждают перспективность сочетанного использования природных алюмосиликатов и витамина D_3 при выращивании телят молочного направления продуктивности.

Ключевые слова: телята; голштинская порода; смектитный трепел; природные алюмосиликаты; витамин D_3; среднесуточный прирост.

Для цитирования: Влияние минерально-витаминных добавок на интенсивность роста и использование обменной энергии телятами голштинской породы / С.В. Лысенко, Л.Н. Гамко, К.А. Лещуков, В.Ф. Радчиков // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 36-41.

Original article

INFLUENCE OF MINERAL-VITAMIN SUPPLEMENTS ON GROWTH INTENSITY AND METABOLIZABLE ENERGY USE IN HOLSTEIN CALVES

[1]Sergey V. Lysenko, [1]Leonid N. Gamko,
[2]Konstantin A. Leshchukov, [3]Vasily F. Radchikov
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia
[2] Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia
[3]Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Republic of Belarus

Abstract. *The aim of this study was to evaluate the effects of the natural mineral supplements Stimulus and smectite tripoli, used in combination with vitamin D_3, on growth performance and metabolizable energy utilization in Holstein calves aged 2 to 6 months. Two scientific and production trials were conducted between 2023 and 2025 at the dairy farm of Agrofirm Breeding Plant Zarya LLC. In each trial, the animals were divided into one control group and two experimental groups. The control calves received the basal diet, while calves in experimental group II were supplemented with Stimulus and those in experimental group III*

received smectite tripoli. In the first trial, the mineral supplements were included at 2.0% of dietary dry matter, whereas in the second trial the inclusion level was increased to 2.5%. Vitamin D_3 was additionally administered at the dose specified in the experimental design. Body weight was determined by monthly individual weighing, and absolute and average daily gains were calculated. Metabolizable energy balance was assessed based on energy intake, expenditure on basic physiological functions, heat production, and retained energy. In the first trial, smectite tripoli increased body weight at 6 months of age by 7.33% and average daily gain by 12.19% compared with the control group ($p<0.05$). In the second trial, average daily gain increased by 8.26% with Stimulus supplementation ($p<0.05$) and by 12.85% with smectite tripoli. The supplements reduced the proportion of metabolizable energy lost as heat by 1.3–5.4 percentage points and increased retained energy. The findings demonstrate the potential benefits of combining natural aluminosilicates with vitamin D_3 in diets for growing dairy calves.

Keywords: *Holstein calves, mineral feed supplements, smectite tripoli, Stimulus, vitamin D_3, average daily gain, metabolizable energy.*

For citation. *Influence of mineral and vitamin supplements on growth intensity and metabolizable energy utilization in Holstein calves / S.V. Lysenko, L.N. Gamko, K.A. Leshchukov et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 36-41.*

Введение. Интенсивное выращивание ремонтного молодняка молочного скота предполагает получение устойчивых приростов при физиологически полноценном развитии костной, мышечной и пищеварительной систем. В раннем постнатальном периоде результативность кормления определяется не только энергетической и протеиновой обеспеченностью, но и доступностью макро- и микроэлементов, витаминным статусом, состоянием желудочно-кишечного тракта и эффективностью трансформации обменной энергии в прирост живой массы.

В последние годы в кормлении крупного рогатого скота возрастает интерес к природным алюмосиликатам - цеолитам, смектитсодержащим породам, трепелам и другим минеральным сорбентам. Их технологическая и биологическая ценность связана с развитой поверхностью, сорбционными, ионообменными и молекулярно-ситовыми свойствами. Использование таких веществ может способствовать стабилизации среды пищеварительного тракта, связыванию нежелательных соединений, более равномерному поступлению отдельных элементов и улучшению использования питательных веществ рациона [1–5]. В опытах на лактирующих коровах применение добавки «Стимул» и смектитного трепела сопровождалось изменением переваримости питательных веществ, азотистого и минерального обмена, а также продуктивности [1, 2]. Сорбционные добавки на основе природного минерального сырья также рассматриваются как средство снижения поступления загрязнителей в продукцию животноводства [3].

Добавка «Стимул» представляет собой продукт переработки природных алюмосиликатов Хотынецкого месторождения Орловской области. Она содержит комплекс минеральных элементов и характеризуется сорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами. Смектитный трепел месторождения «Гришина Слобода» Брянской области включает оксиды кремния, алюминия, кальция, магния, железа, марганца, натрия, калия, фосфора и титана; существенная доля кремнезема представлена аморфной формой. Совместное применение этих минеральных компонентов с витамином D_3 может быть особенно значимым для растущего организма, поскольку витамин D участвует в регуляции кальций-фосфорного обмена, минерализации костной ткани и поддержании мышечной функции. Современные исследования подтверждают влияние витаминных и минерально-витаминных препаратов на рост, интерьерные показатели и адаптационные реакции телят [6–8].

Несмотря на накопленные сведения, дозозависимое влияние местных природных алюмосиликатов в сочетании с витамином D_3 на рост телят и распределение обменной энергии изучено недостаточно. Это определяет актуальность комплексной оценки продуктивного действия добавок при их введении в количестве 2,0 и 2,5 % от сухого вещества рациона.

Цель исследований. Оценить влияние минеральных добавок «Стимул» и смектитного трепела в сочетании с витамином D_3 на динамику живой массы, среднесуточный прирост и использование обменной энергии телятами голштинской породы в возрасте от 2 до 6 месяцев.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2023–2025 гг. на молочной ферме ООО «Агрофирма «Племзавод Заря» на телятах голштинской породы молочного направления продуктивности. Были выполнены два научно-хозяйственных опыта продолжительностью от 2- до 6-месячного возраста. Животных формировали в группы по принципу аналогов с учетом возраста и начальной живой массы.

В первом опыте телята II и III групп получали соответственно добавку «Стимул» и смектитный трепел в количестве 2,0 % на 1 кг сухого вещества рациона; во втором опыте дозу увеличивали до 2,5

%. Во всех опытных вариантах минеральную добавку сочетали с витамином D_3 в количестве 1 г согласно исходной схеме. Доза указана как масса применявшейся препаративной формы витамина. Контрольные животные получали основной рацион без изучаемых добавок.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных опытов

Группа	Опыт I	Опыт II
I контрольная	Основной рацион (ОР)	Основной рацион (ОР)
II опытная	ОР + 2,0 % «Стимула» от сухого вещества + 1 г препарата витамина D_3	ОР + 2,5 % «Стимула» от сухого вещества + 1 г препарата витамина D_3
III опытная	ОР + 2,0 % смектитного трепела от сухого вещества + 1 г препарата витамина D_3	ОР + 2,5 % смектитного трепела от сухого вещества + 1 г препарата витамина D_3

Живую массу определяли индивидуальным взвешиванием в 2, 3, 4, 5 и 6 месяцев на технических животноводческих весах. Абсолютный прирост рассчитывали по формуле: $A = W_2 - W_1$, где W_1 и W_2 - живая масса в начале и конце периода, кг. Среднесуточный прирост определяли по формуле: $C = (W_2 - W_1) \times 1000 / t$, где t - продолжительность учетного периода, суток. Относительное преимущество опытной группы вычисляли как $D = (Хоп - Хк) / Хк \times 100$ %.

Поступление обменной энергии определяли по фактически потребленным кормам рациона и их энергетической питательности. Энергетический баланс представляли как сумму расходов на основные физиологические функции, теплопродукцию и энергию продукции. Долю теплопродукции рассчитывали относительно поступившей обменной энергии. Эффективность использования обменной энергии оценивали по отношению энергии продукции к поступлению обменной энергии: $K = Eпр / Eобм \times 100$ %. В таблицах отдельные различия обозначены знаком «*» интерпретировали как статистически значимые при $p<0,05$.

Результаты и их обсуждение. В начале обоих опытов средняя живая масса телят была сопоставимой: в опыте I она составляла 64,7–65,0 кг, в опыте II - 63,8–64,0 кг. Разница между группами не превышала 0,5 %, что свидетельствует об удовлетворительной аналогичности животных по основному продуктивному показателю и согласуется с принципом подбора групп по методу пар-аналогов.

Таблица 2 – Динамика живой массы и среднесуточный прирост телят

Показатель	I-контроль	II – опытная	III -опытная	II к контролю, %	III к контролю, %
Опыт - 1					
Живая масса в 2 мес., кг	65,0±2,1	64,8±2,0	64,7±1,6	−0,31	−0,46
Живая масса в 6 мес., кг	156,9±1,9	159,2±4,0	168,4±2,3*	+1,47	+7,33
Среднесуточный прирост, г	765,5±28,1	786,6±42,0	858,8±24,4*	+2,76	+12,19
Опыт -2					
Живая масса в 2 мес., кг	63,8±1,9	64,0±1,7	63,9±1,9	+0,31	+0,16
Живая масса в 6 мес., кг	153,6±4,0	161,2±2,7	165,2±3,6*	+4,95	+7,55
Среднесуточный прирост, г	748,4±26,1	810,2±25,6*	844,6±20,0	+8,26	+12,85

*Примечание: * - различия с контролем статистически значимы при $p<0,05$.*

К 6-месячному возрасту в первом опыте телята контрольной группы достигли 156,9 кг. При скармливании «Стимула» живая масса составила 159,2 кг, то есть была выше на 2,3 кг, или 1,47 %. Наиболее выраженный эффект получен при использовании смектитного трепела: масса телят достигла 168,4 кг и превысила контроль на 11,5 кг, или 7,33 % ($p<0,05$). Среднесуточный прирост в III группе составил 858,8 г, что на 93,3 г, или 12,19 %, больше контроля ($p<0,05$). Добавка «Стимул» обеспечила повышение прироста на 21,1 г, или 2,76 %, однако статистическая значимость этого различия в исходных данных не отмечена.

Во втором опыте повышение дозы минеральных компонентов до 2,5 % сопровождалось усилением показателей роста при использовании «Стимул». Живая масса телят II группы в 6 месяцев превышала контроль на 7,6 кг, или 4,95 %, а среднесуточный прирост - на 61,8 г, или 8,26 % ($p<0,05$). В III группе живая масса была больше контрольной на 11,6 кг, или 7,55 % ($p<0,05$), а прирост - на 96,2 г, или 12,85 %. Таким образом, смектитный трепел проявил устойчивое ростостимулирующее действие в обеих дозировках, тогда как для «Стимул» более заметный результат наблюдали при дозе 2,5 % от сухого вещества.

Полученная закономерность согласуется с данными о способности природных алюмосиликатов улучшать условия пищеварения и использование питательных веществ. Их сорбционная и ионообменная активность может снижать нагрузку нежелательными метаболитами и ксенобиотиками, стабилизировать физико-химические параметры содержимого желудочно-кишечного тракта и повышать доступность отдельных минеральных компонентов [1–5]. Витамин D_3, включенный в опытные рационы, мог дополнительно поддерживать кальций-фосфорный обмен и процессы минерализации скелета растущих животных [6–8]. Вместе с тем раздельный вклад минеральной и витаминной частей комплекса по имеющейся схеме, нам установить невозможно, поскольку отсутствовала группа, получавшая только витамин D_3.

Анализ энергетического обмена показал, что поступление обменной энергии внутри каждого опыта было одинаковым, следовательно, различия в приросте определялись не увеличением энергетической обеспеченности, а характером распределения и использования энергии.

Таблица 3 – Использование обменной энергии телятами

Группа	Поступило, МДж	Физиол. функции, МДж	Теплопродукция, МДж	Теплопродукция, %	Энергия продукции, МДж	Эффективность, %
Опыт -1						
I контроль	37,8	14,26	12,0	31,7	11,54	30,53
II - опытная	37,8	14,39	11,5	30,4	11,82	31,27
III -опытная	37,8	14,98	11,2	29,6	11,62	30,74
Опыт -2						
I контроль	36,6	14,00	12,8	35,0	9,80	26,78
II - опытная	36,6	14,52	12,0	32,8	10,08	27,54
III -опытная	36,6	14,78	11,5	31,4	10,32	28,20

В первом опыте доля теплопродукции снизилась с 31,7 % в контроле до 30,4 % при использовании «Стимул» и до 29,6 % при введении смектитного трепела. Снижение составило соответственно 1,3 и 2,1 процентного пункта. Энергия продукции была максимальной во II группе - 11,82 МДж, а эффективность использования обменной энергии достигла 31,27 % против 30,53 % в контроле. В III группе эффективность составила 30,74 %, что также несколько превышало контроль.

Во втором опыте относительная теплопродукция уменьшилась более заметно: на 2,2 процентного пункта в группе «Стимул» и на 3,6 процентного пункта в группе смектитного трепела. Энергия продукции последовательно возрастала с 9,80 МДж в контроле до 10,08 и 10,32 МДж в опытных группах. Расчетная эффективность использования обменной энергии составила 26,78; 27,54 и 28,20 % соответственно. Следовательно, наибольший прирост при скармливании смектитного трепела сопровождался перераспределением энергии от теплопродукции в пользу продукции.

Совокупность результатов свидетельствует, что продуктивное действие исследуемых комплексов связано с повышением эффективности метаболического использования рациона. Более стабильный эффект смектитного трепела может быть обусловлен его минеральным составом, высокой долей кремнезема и выраженными сорбционно-ионообменными свойствами. Для окончательной оценки механизма действия необходимы данные о переваримости питательных веществ, минеральном статусе, биохимических показателях крови и состоянии костной ткани, анализ которых -результаты дальнейших проанализированных данных.

Выводы:

1. Включение в рационы телят голштинской породы природных минеральных добавок совместно с витамином D_3 способствовало повышению интенсивности роста без увеличения поступления обменной энергии.

2. Смектитный трепел в количестве 2,0 и 2,5 % от сухого вещества рациона увеличивал живую массу телят в 6 месяцев на 7,33 и 7,55 %, а среднесуточный прирост - на 12,19 и 12,85 % относительно контроля.

3. Добавка «Стимул» наиболее эффективно проявила себя при дозе 2,5 %: среднесуточный прирост увеличился на 8,26 % ($p<0,05$), живая масса в 6 месяцев - на 4,95 %.

4. Применение добавок снижало долю теплопродукции и повышало энергию продукции; расчетная эффективность использования обменной энергии во втором опыте достигала 28,20 % при использовании смектитного трепела.

5. Для производственной проверки целесообразно изучить комплекс смектитного трепела с витамином D_3 в дозе 2,0–2,5 % от сухого вещества рациона с обязательным контролем минерального обмена, безопасности и экономической эффективности.

Список источников

1. Гамко Л.Н., Селезнева Н.В. Переваримость питательных веществ и использование азота у лактирующих коров при скармливании кормосмеси с минеральными добавками // Ветеринария и зоотехния. 2022. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/perevarimost-pitatelnyh-veschestv-i-ispolzovanie-azota-u-laktiruyuschih-korov-pri-skarmlivanii-kormosmesi-s-mineralnymi-dobavkami (дата обращения: 12.07.2026).

2. Показатели рубцового пищеварения, продуктивности и качества молока коров на фоне применения в их рационах сорбционно-пробиотической добавки / О.А. Десятов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-rubtsovogo-pischevareniya-produktivnosti-i-kachestva-moloka-korov-na-fone-primeneniya-v-ih-ratsionah-sorbtsionno (дата обращения: 12.07.2026).

3. Эффективность применения сорбирующих добавок в рационах дойных коров в зоне радиоактивного загрязнения / Е.И. Соколова, Л.Н. Гамко и др. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-sorbiruyuschih-dobavok-v-ratsionah-doynyh-korov-v-zone-radioaktivnogo-zagryazneniya (дата обращения: 12.07.2026).

4. Лазаревич Л.В. Эффективность адаптогумина при технологическом стрессе телят // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2024. Т. 13, № 1. С. 292–295.

5. Сравнительная оценка влияния кормовой добавки Silaccess на основе льняного жмыха и цеолита на переваримость и морфологические показатели животных / Л.Л. Мусабаева и др. // Вестник КрасГАУ. 2024. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-vliyaniya-kormovoy-dobavki-silaccess-na-osnove-lnyanogo-zhmyha-i-tseolita-na-perevarimost-i-morfologicheskie (дата обращения: 12.07.2026).

6. Особенности роста и интерьерных показателей у телят в ранний постнатальный период при использовании препарата «Тривит» / А.И. Афанасьева и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-i-interiernyh-pokazateley-u-telyat-v-ranniy-postnatalnyy-period-pri-ispolzovanii-preparata-trivit (дата обращения: 12.07.2026).

7. Влияние витаминно-аминокислотного комплекса на клинико-физиологическое состояние и продуктивность телят / А.В. Островский и др. // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». 2023. Т. 59, вып. 3. С. 209–214.

8. Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз / И.В. Брыло и др. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2023. Вып. 26. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/19902/1/ehffektivnost-ispolzovaniya-ehssencialnyh-mineralnyh-ehlementov-i-vitaminov-v-kormlenii-krupnogo-rogatogo-skota-i-molochnyh-koz.pdf (дата обращения: 12.07.2026).

Информация об авторах.

С.В. Лысенко – аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Л.Н. Гамко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

К.А. Лещуков - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина.

В.Ф. Радчиков - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормления и физиологии питания крупного рогатого скота Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Information about the authors.

S.V. Lysenko *– P+ostgraduate student at Bryansk State Agrarian University.*

L.N. Gamko *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor at Bryansk State Agrarian University.*

K.A. Leshchukov *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor at Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin.*

V.F. Radchikov *- Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Cattle Feeding and Nutrition Physiology at the Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding.*

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 12.06.2026, одобрена после рецензирования 21.06.2026, принята к публикации 28.07.2026.

The article was submitted 12.06.2026, approved after reviewing 21.06.2026, accepted for publication 28.07.2026.

© Лысенко С.В., Гамко Л.Н., Лещуков К.А., Радчиков В.Ф.

Научная статья
УДК 636.2.082.262

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ КОРОВ

[1]Людмила Дмитриевна Самусенко, [1]Андрей Валентинович Мамаев,
[1]Георгий Александрович Чанин, [2]Елена Александровна Лемеш
[1]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, Орёл, Россия
[2]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация: Представлен комплексный анализ продуктивного долголетия коров молочных пород и причин их выбытия в ведущих хозяйствах Орловской области. Исследование проводилось в ведущих хозяйствах Орловской области. Объектом исследования являлся крупный рогатый скот гоштинской черно - пестрой и симментальской пород. Современная технология по производству молока должна соответствовать физиологии животных. Только здоровая корова может быть высокопродуктивной и с длительным сроком использования. Своевременная профилактика заболеваний, создание комфортных условий содержания, полноценное сбалансированное кормление, соблюдение правил доения смогут продлить срок продуктивного использования животных. Как показывает анализ, средний возраст выбытия коров симментальской породы составляет 3,0 - 3,4 отела, коров голштинской породы - 2,9 отела. У животных симментальской породы процент гинекологических заболеваний составил 14,1%, а у животных голштинской породы - 10,2%, аналогичная картина наблюдается и по первотелкам - 11,3% и 88,7%, соответственно. Мастит наносит колоссальный экономический ущерб молочному животноводству, приводит не только к снижению уровня молочной продуктивности, но и к ухудшению санитарно- гигиенических показателей молока. Анализ показал, что наибольшее число заболеваний вымени у коров и первотелок симментальской породы – 19,6%. У животных голштинской породы таких патологий, по данным учета не выявлено. Важнейший фактор выбытия животных - заболевания конечностей. Сравнительный анализ по породам показал, что 14,7% случаев встречается у животных голштинской породы и 21,91 % - у симментальской породы. Применение биоэнергетического параметрирования поверхностно локализованных биологически активных центров животных позволит прогнозировать продолжительность их продуктивного использования с момента роста и развития телок и на протяжении всего срока их продуктивного использования. Коровы с начальными высокими уровнями биоэнергетического статуса поверхностно локализованных биологически активных центров отличались большими – сохранностью на 13,8% и удоем - на 455,55кг от сверстниц с более низкими биоэнергетическими статусами.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, продуктивное долголетие, выбытие животных, биоинформатика.

Для цитирования: Биоэнергетический прогноз продуктивного долголетия коров / Л.Д. Самусенко, А.В. Мамаев, Г.А. Чанин, Е.А. Лемеш // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 42-47.

Original article

BIOENERGETIC PREDICTION OF PRODUCTIVE LONGEVITY OF COWS

[1]Lyudmila D. Samusenko, [1]Andrey V. Mamaev,
[1]Georgi A. Chanin, [2]Yelena A. Lemesh
[1] Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Oryol, Russia
[2]Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Annotation: *A comprehensive analysis of the productive longevity of dairy cows and the reasons for their culling in the farms of the Oryol region was conducted. The research was conducted in the leading farms of the Oryol region. The object of the research was the cattle of the Black-and-White and Simmental breeds. Modern technology for milk production must correspond to the physiology of animals. Only a healthy cow can be highly productive and have a long useful lifespan. Timely disease prevention, creation of comfortable housing conditions, complete and balanced feeding, and compliance with milking procedures can extend the life of productive use of animals. According to the analysis, the average age of culling for Simmental cows is between 3.0 and 3.4 calvings, while for Holstein cows, it is 2.9 calvings. In animals of the Simmental breed, the percentage of gynecological diseases was 14.1%, and in animals of the Holstein breed - 10.2%, a similar pattern is observed in the first heifers - 11.3% and 88.7%, respectively. Mastitis causes enormous economic damage to dairy farming, leading not only to a decrease in milk productivity, but also to a deterioration in the sanitary and hygienic parameters of milk. The analysis showed that the largest number*

of udder diseases in cows and first–born heifers of the Simmental breed is 19.6%. According to the accounting data, no such pathologies have been identified in animals of the Holstein breed. The most important factor in culling of animals is limb diseases. A comparative analysis by breed showed that 14.7% of cases occur in animals of the Holstein breed and 21.91% in the Simmental breed. The use of bioenergetic parametrization of superficially localized biologically active centers will allow us to evaluate and predict the duration of productive use from the moment of growth and development of heifers and throughout the entire period of their productive use. Cows with initial high levels of bioenergetic status of superficially localized biologically active centers differed in greater safety - by 13.8% and milk yield - by 455.55 kg from their peers with lower bioenergy statuses.

Keywords: *cattle, productive longevity, mortality, bioinformatic scattle, cows, productive longevity, culling of animals, bioinformatics.*

For citation. *Bioenergetic prediction of the productive longevity of cows / L.D. Samusenko, A.V. Mamaev, G.A. Chanin et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 42-47.*

Введение. Тенденции развития молочного скотоводства в России показывают, что для увеличения производства молока необходимо рационально использовать продуктивный потенциал поголовья крупного рогатого скота [1]. В селекционной работе со стадом молочного скота предпочтение отдается тем особям, которые имеют высокую продуктивность, обладают хорошими технологическими характеристиками, приспособлены к местным условиям и другими качествами. По результатам многочисленных исследований [2, 3,4,5], одним из факторов влияющим на молочную продуктивность, является возраст животного. В процессе роста и развития всего организма и молочной железы, увеличивается молочная продуктивность и по достижении определенного максимума в следствии старения организма, она снижается. В среднем, продуктивность современных коров на пике находится в пределах 3-6 лактаций, затем постепенно убывает в связи с ухудшением деятельности вымени. Самбуров Н.В. с соавт. считают, что главной задачей повышения экономической эффективности разведения высокопродуктивных животных должно быть не столько увеличение удоев коров, сколько создание оптимальных условий для реализации уже имеющегося генетического потенциала молочной продуктивности и особенно повышения продуктивного долголетия. Поэтому вопрос продолжительности продуктивного использования коров, непосредственно определяющей экономическую эффективность развития товарного молочного скотоводства весьма актуален и находится в плоскости улучшения финансовой деятельности хозяйств производителей молока [6,7,8].

Изучение влияния различных факторов на продолжительность продуктивного использования коров позволяет найти новые пути для её повышения, положительно отражается на ведении отрасли молочного скотоводства. Величина продуктивного долголетия низко наследуется животными, а причинами этого являются многочисленные разнонаправленные генетические и паратипические факторы. Так, например, одной из значительных причин является стремление к увеличению молочной продуктивности коров, которое снижает благополучие (animal welfare) животных и рождаемость потомства, вызывает проблемы с конечностями, обменом веществ, и как следствие снижает продолжительность продуктивной жизни коров. Многие ученые считают, что благополучие животных экономически выгодно, служит фактором устойчивости системы производства и получения продукции высокого качества. Влиятельным снижением срока продолжительность использования коров является направленное выращивание молодняка. Этот процесс включает в себя многие приемы, решающие главную цель — вырастить хорошую телку, готовую к отелу в возрасте 23–24 месяца, и компенсировать стоимость вложенных средств за счет последующего производства молока [9,10,11,12]. Основываясь на вышеизложенном, нами был проведен анализ продуктивного использования коров молочного стада разных пород используемых в хозяйствах Орловкой области.

Цель исследования – провести комплексный анализ продуктивного долголетия коров и причин их выбытия в хозяйствах Орловской области.

Материал и методы исследования. Исследования проведены в ведущих хозяйствах Орловской области на крупном рогатом скоте гоштинской черно - пестрой и симментальской пород. Анализ продуктивного долголетия и причин выбытия проводился по документам первичного учета, отчетам по бонитировке и ежегодным отчетам по племенной работе. Данные племенного учета получены из баз программы ИАС «СЕЛЭКС» «Племенной учёт в хозяйствах» по состоянию на 1 января 2025 года. Полученные данные обрабатывались методом вариационной статистики с использованием пакета программ Microsoft Office, и вычисления ключевых селекционно-генетических показателей. Подлинность и надежность итоговых данных оценивалась по критерию Стьюдента.

Результаты исследования и их анализ. Молочное скотоводство Орловской области представлено двумя породами крупного рогатого скота: черно-пестрая гоштинская и симментальская. Общее

поголовье крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в 2025 году увеличилось на 8,3%, достигнув 130,3 тысячи голов., при этом численность коров достигла показателя 32,8 тыс. коров. Надои молока в регионе составили 115,7 тысяч тонн, что на 3,4% выше уровня 2024 года. В среднем одна корова дает 7325 килограммов, что на 351 килограммов больше прошлогоднего показателя. За 2025 год в области пробонитировано 130000 голов дойного стада крупного рогатого скота. На рисунке 1 показано поголовье коров, в том числе и первотелок разных пород выбывших из стада.

Как видно из рисунка 1, наибольшее число поголовья коров выбыло по голштинской породе, что на 34,8% больше, чем выбывших коров симментальской породы. По первотелкам разница выбытия между животными изучаемых пород составила 47,8%.

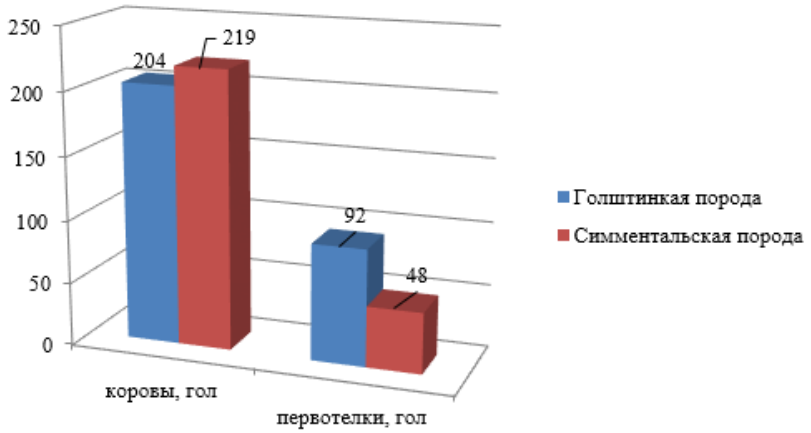

Рисунок 1- Поголовье коров в Орловской области, в том числе и первотелок разных пород выбывших из стада в 2025 году

Причины выбытия коров и первотелок в 2025 году представлены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Причины выбытия коров и первотелок симментальской и голштинской черно- пестрой пород в 2025 году

Комплексный анализ причин выбытия коров и телок в хозяйствах Орловской области показал, что основной причиной выбытия животных из основного стада являются гинекологические заболевания и яловость. При этом сравнительным анализом установлено, что у животных симментальской породы процент гинекологических заболеваний составил 14,1%, а у животных голштинской породы - 10,2% , аналогичная картина наблюдается и по первотелкам - 11,3% и 88,7%, соответственно. Причинами снижения эффективности воспроизводства и высокого роста заболеваний являются гинекологические проблемы, аборты, метрворожденные телята, патологические роды и болезни послеродового периода.

Значительной причиной выбытия животных является заболевание молочной железы. Мастит наносит колоссальный экономический ущерб молочному животноводству, приводит не только к снижению уровня молочной продуктивности, но и к ухудшению санитарно- гигиенических показателей молока. Анализ показал, что наибольшее число заболеваний вымени у коров и первотелок симментальской породы – 19,6%. У животных голштинской породы таких патологий, по данным учета не выявлено.

Важнейший фактор выбытия животных - заболевания конечностей. Сравнительный анализ по

породам показал, что 14,7% случаев встречается у животных голштинской породы и 21,91 % - у симментальской породы. При этом установлены однотипные нарушения в содержании животных – гиподинамия, несбалансированное и неполноценное кормление, ведущие к таким последствиям. Такие нарушения приводят к выбытию коров, в том числе животных с высоким потенциалом продуктивности. Различные травмы привели к выбытию 4,1 % симментальских животных, иные причины – выбытия 29,2% , травмы по голштинам – выбытие 0,4% и иные причины - 15,6%.

Установлено, что выбытие животных по причине низкой молочной продуктивности ниже у животных голштинкой породы - 10,2% случаев, относительно 10,9 % - по симменталькой породе.

Для увеличения сроков продолжительности использования и долголетия сельскохозяйственных животных при сочетании с высокой продуктивностью и приспособленностью к различным, в том числе неблагоприятным, факторам внешней среды, рекомендуется использовать комплекс приемов. В первую очередь, это полноценное кормление и создание благоприятных условий содержания, способствующих получению полезной продукции. Следует учитывать необходимость воздействия на животных определенными факторами внешней среды (стрессовые воздействия) в пределах их физиологической нормы. Это стимулирует работу биохимических систем, продукцию активных форм кислорода, вызывает электронно возбужденные состояния в клетках и тем самым повышает биофизический потенциал организма. Новейшие представления об особенностях процессов генерации электронно-возбужденных состояний в онтогенезе основываются на принципах теоретической биологии, сформулированных еще в 1930-е годы Э.С. Бауэром. Согласно этих представлений, живая система извлекает вещества и энергию из среды благодаря более высокому термодинамическому (биофизическому) потенциалу. Для этого необходим определенный внешний импульс (сигнал), то есть стрессовый раздражитель, но в пределах физиологической нормы. Организм животных, особенно из воспроизводительных групп, должен не просто находиться в благоприятных условиях, но и иметь систематические оптимальные нагрузки, требующие мобилизации нейроэндокринных систем. Экспериментами и практикой установлены значительные изменения при интенсивном использовании коров обеспечивающем высокий уровень их продуктивности и приводящим к ранней выбраковке коров из стада. Это вызывает проблемы связанные с ремонтом стада, вызывает необходимость дополнительных затрат и как следствие снижает рентабельность производства молока. Симментальская порода отличается наибольшим продуктивным долголетием и адаптивностью. Как показал анализ, средний возраст выбытия коров симментальской породы составляет от 3,0 до 3,4 отелов, тогда, как коров голштинской породы - 2,9 отела.

Достоверный прогноз продолжительности продуктивного использования коров возможен только при внедрении новых современных цифровых методов, основанных на новых физиологических исследованиях начиная с оценки роста и развития телок. Исследованиями по биоэнергетическому параметрированию УБППЛБАЦ телок выявлены существенные различия в интенсивности их роста в разные возрастные периоды. Так, у животных с высокими УБП ПЛБАЦ относительная скорость роста составляла 47,87% - 52,7%, с низкими - 35,3% - 52,04%. Животные с высокими УБП ПЛБАЦ в период роста и физиологического созревания сохранили его на высоком уровни в течение всего периода продуктивного использования. Эти животные во взрослом возрасте отличались высокими удоями, а продолжительностью их продуктивного использования достигала 5 лактаций (рисунок 3,4).

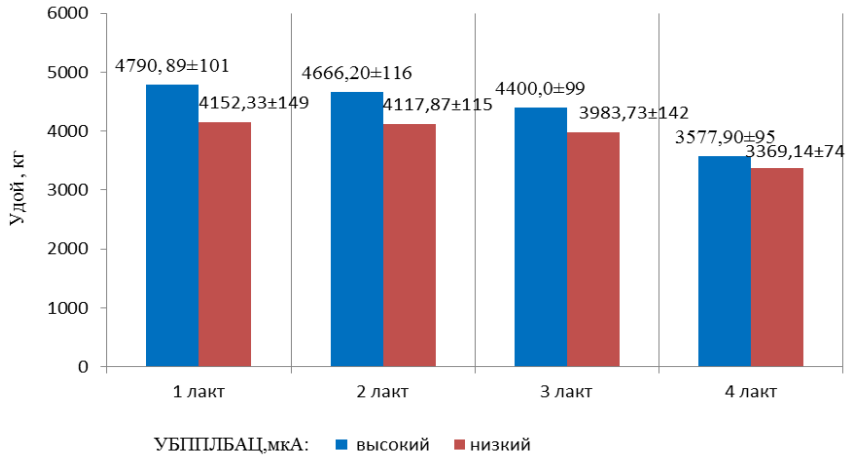

Рисунок 3- Динамика удоя коров по лактациям

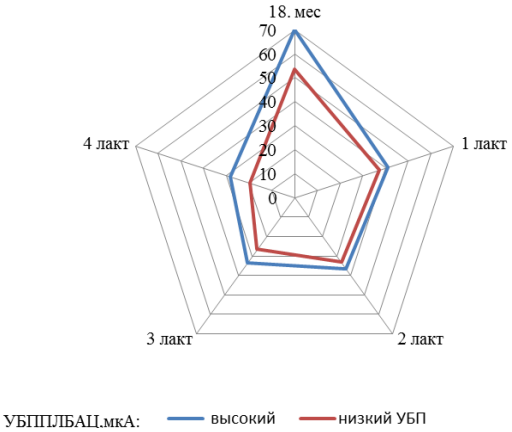

Рисунок 4 - УБП ПЛБАЦ коров по лактациям

У коров с начальными высокими УБППЛБАЦ – сохранность поголовья была на 13,8%, а удой в среднем на - 455,55кг выше относительно животных с низкими начальными УБППЛБАЦ .

В опытах на коровах симментальской породы выявлена взаимосвязь между молочной продуктивностью и средним уровнем биопотенциала их поверхностно локализованных биологически активных центров. Так, с увеличением удоев коров за 305 дней лактации уровень биопотенциала ПЛБАЦ увеличивается на 11,42% (рисунок 5).

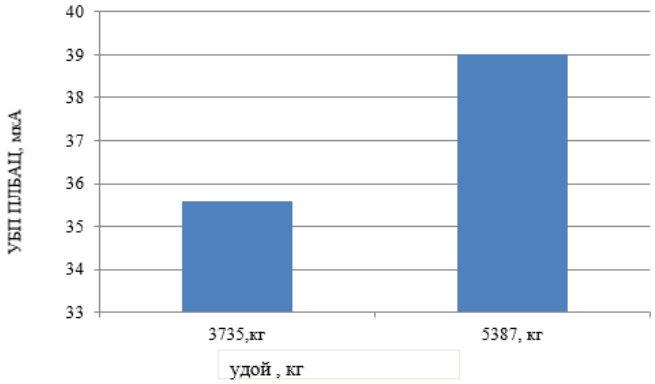

Рисунок 5 – Взаимосвязь удоя и уровня биопотенциала ПЛБАЦ коров

Полученные данные позволяют заключить, что при увеличении удоя возрастает и УБП ПЛБАЦ животных.

Выводы. Современные технологии производства молока должны соответствовать физиологии животных. Только здоровая корова может быть высокопродуктивной и длительно эксплуатироваться. Своевременная профилактика заболеваний, создание комфортных условий содержания, полноценное сбалансированное кормление, соблюдение правил доения могут продлить срок продуктивного использования животных. Применение биоэнергетического параметрирования поверхностно локализованных биологически активных центров животных в раннем возрасте позволит оценивать и прогнозировать продолжительность их продуктивного использования с периода роста и развития телок и на протяжении всего срока их продуктивного использования. Коровы с начальным высоким уровнями биоэнергетического параметрирования поверхностно локализованных биологически активных центров отличались повышенной на 13,8% сохранностью и более высокими на 1053,5,55кг удоями за 305 дней лактации относительно животных с низкими уровнями биоэлектрического потенциала поверхностно локализованных биологически активных центров (патент РФ № 2785669).

Список источников

1. Самбуров Н.В., Глебова И.В. Влияние генетических и паратипических факторов на продуктивное долголетие коров голштинской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 6. С. 107-111.

2. Производство молока в Центрально-Черноземном регионе / Л.И. Кибкало, С.П. Бугаев, Н.В. Сидорова, Н.О. Шумакова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 145-148.

3. Цыбина В.В., Святова О.В., Ноздрачева Е.Н. Эффективность интенсификации производства молока // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 9. С. 229-233.

4. Самбуров Н.В., Астахова Н.И. Генеалогия и продуктивность голштинизированного черно-пестрого скота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 112-117.

5. Загидуллин Л.Р. Цифровизация молочного скотоовдства например системы роботизированного доения // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 4 (44). С. 17-22.

6. Закирова Р.Р., Шкарупа К.Е., Березкина Г.Ю. Анализ сыропригодности молочного сырья дочерей быков-производителей разной селекции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 225-229.

7. Самбуров Н.В. Продуктивные качества коров с разными индексами постоянства лактаций // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 8. С. 145-151.

8. Самусенко Л.Д., Мамаев А.В. Цифровая модель биоэнергетического прогнозирования продолжительности использования коров // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2024. Т. 16, № 2. С. 77-83.

9. Смирнов А.В., Ильина Е.А. Влияние длительности сервис-периода на продуктивное долголетие коров // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 18-22.

10.Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Мамаева О.А. Разработка технологии биоэнергетической оценки быков-производителей с разным качеством семени // Вестник аграрной науки. 2023. № 2 (101). С. 102-109.

11.Шаталова Е.А. Связь между живой массой и молочной продуктивностью первотелок // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 3. С. 144-149.

12.Шендаков А.И., Власов А.В. Результаты использования быков-производителей голштинской породы в Орловской области // Вестник аграрной науки. 2020. № 2. С. 67-72.

Информация об авторах.

Л.Д. Самусенко - доктор сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина».

А.В. Мамаев - доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина».

Г.А. Чанин - аспирант ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина».

Е.А. Лемеш - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors.

L.D. Samusenko *- Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor at Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin.*

A.V. Mamaev *- Doctor of Biological Sciences, Professor at Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin.*

G.A. Chanin *- Postgraduate student at Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin.*

Ye.A. Lemesh *- Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at Bryansk State Agrarian University.*

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

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

Статья поступила в редакцию 15.06.2026, одобрена после рецензирования 12.07.2026, принята к публикации 06.08.2026.

The article was submitted 15.06.2026, approved after reviewing 12.07.2026, accepted for publication 06.08.2026.

© Самусенко Л.Д., Мамаев А.В., Чанин Г.А., Лемеш Е.А.

Научная статья
УДК 636.2.082.355:636.2.087.8.084.1

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК ПРИ СКАРМЛИВАНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КЛЮВЕР ПРО+»

Оксана Владимировна Белозерова, Ирина Александровна Касаткина
ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина», с. Молочное
Вологодская область, Россия

Аннотация. Проведены исследования по изучению влияния кормовой добавки «Клювер Про+» на рост и развитие ремонтных телок голштинской породы в ранние месяцы их выращивания. Для научно-хозяйственного опыта по принципу пар-аналогов было сформировано три группы телочек численностью по 14 голов в каждой. В качестве объекта исследований использовались племенные животные СПК (колхоз) «Племзавод Пригородный» Вологодской области. Продолжительность учетного периода эксперимента составляла 180 суток. Подопытные ремонтные телки контрольной и двух опытных групп в составе базового рациона получали в молочный период цельное молоко, концентратную кормовую смесь и разнотравное сено. После трехмесячного возраста их переводили на сенажно-концентратную кормовую смесь. На фоне базового рациона животным 1 и 2 опытных групп вводили дополнительно по 4 и 8 г/гол/сутки изучаемого дрожжевого пробиотика. По результатам исследований выявлено, что введение в рационы племенных телок «Клювер Про+» позволило улучшить поедаемость растительных кормов и повысить полноценность кормления животных по обменной энергии, сухому веществу, протеину и углеводам, минералам и витаминам. По итогам опыта установлено, что под воздействием добавки увеличилась живая масса телок, возросли суточные приросты с 786 г до 839 и 882 г. Отмечено также, что пробиотик оказал положительное влияние на показатели экстерьера животных. Наиболее существенная и достоверная разница по ширине в седалищных буграх и маклоках, по ширине и обхвату груди, высоте в холке, выявлена при завершении опыта, то есть в возрасте телок 6 месяцев. Уровень рентабельности производства прироста ремонтного молодняка увеличился при использовании добавки с 8,8 % до 13,7 % и 15,6 %. С учетом основных зоотехнических и экономических показателей наиболее целесообразной следует считать дозировку «Клювер Про+» в количестве 8 г на голову в сутки.

Ключевые слова: добавка «Клювер Про+», дрожжевой пробиотик, ремонтные телки, живая масса, среднесуточный прирост, экстерьерный профиль

Для цитирования: Белозерова О.В., Касаткина И.А. Особенности роста и развития ремонтных телок при скармливании кормовой добавки «Клювер Про+» // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 48-52.

Original article

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF REPLACEMENT HEIFERS WHEN SUPPLEMENTED WITH THE FEED ADDITIVE “KLYUVER PRO+”

Oksana V. Belozerova, Irina A. Kasatkina
Vologda State Agricultural Academy named after N.V. Vereshchagin
Vologda region, v. Molochnoe. Russia

Abstract*. Researches have been carried out to study the effect of the Klyuver Pro+ feed additive on the growth and development of replacement Holstein heifers in the early months of their rearing. Three groups of heifers, each consisting of 14 animals, were formed for scientific and economic experiments based on the principle of paired analogues. The breeding animals of the breeding stock (collective farm) "Plemzavod Prigorodny" of the Vologda region were used as the object of researches. The duration of the experimental reference period was 180 days. During the milking period, the control and two experimental groups of repair heifers received whole milk, a concentrated feed mixture, and mixed-grass hay as part of their basic diet. After the age of three months, they were transferred to a hay-concentrate feed mixture. Against the background of the basic diet, animals of the 1st and 2nd experimental groups were additionally injected with 4 and 8 g / head / day of the studied yeast probiotic. According to the research results, the introduction of Kyluver Pro+ into the diets of breeding heifers made it possible to improve the digestibility of plant feeds and increase the usefulness of animal feeding in terms of metabolic energy, dry matter, protein and carbohydrates, minerals and vitamins. According to the results of the experiment, it was found that under the influence of the supplement, the live weight of heifers increased, daily gains increased from 786 g to 839 and 882 g. It was also noted that the probiotic had a positive effect on the appearance of animals. The most signifi-*

cant and statistically reliable differences in width of the ischial tuberosities and tuber coxae, in chest width and girth, and in withers height were observed at the end of the experiment—that is, when the heifers reached 6 months of age. The level of profitability of the growth of repair young animals increased with the use of the additive from 8.8% to 13.7% and 15.6%. Taking into account the main zootechnical and economic indicators, the dosage of "Klyuver Pro+" in the amount of 8 g per head per day should be considered the most appropriate..

Keywords: *Klyuver Pro+ additive, yeast probiotic, replacement heifers, live weight, average daily gain, exterior profile.*

For citation. *Belozerova O.V., Kasatkina I.A. Features of growth and development of replacement heifers when supplemented with the feed additive "Klyuver Pro+"// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 48-52.*

Введение. В отечественном скотоводстве с ростом молочной продуктивности становится очевидным, что эффективному использованию высокопродуктивных коров должна предшествовать правильная технология их выращивания. В основе этой технологии – сбалансированное кормление ремонтных телок и соответствующие условия содержания. При этом наиболее важными и ответственными периодами роста молодняка являются молочный и последующий за ним переходный [1-2].

Организация полноценного и научно-обоснованного кормления растущих племенных животных в хозяйствах не представляется возможной без применения различных кормовых добавок. За последние годы появляется все больше информации о пробиотических препаратах и добавках, позволяющих улучшить пищеварение и обмен веществ, увеличить продуктивность животных, добиться более высоких экономических результатов при производстве продукции [3-5]. Кормовые продукты на основе живых дрожжей обеспечивают у телят своевременное рубцовое пищеварение, нормализуют состав микрофлоры, что предопределяет повышение переваримости питательных веществ рационов и увеличение продуктивности при оптимизации затрат кормов на продукцию [6-7].

Инновационным пробиотиком считается кормовая добавка «Клювер Про+», производимая на основе штамма живых молочных дрожжей Kluyveromyces marxianus. Ее преимущество обусловлено безопасностью штамма, поскольку он широко применяется в пищевой и фармацевтической отраслях. Кроме того, молочные дрожжи устойчивы к кислотам, желчи, повышенным температурам. Они способны быстро наращивать биомассу и активно действовать, нейтрализуя патогенные микроорганизмы и микотоксины [8]. Использование «Клювер Про+» в кормлении телят молочного периода на предприятиях Удмуртии и Тверской области благоприятно отразилось на интенсивности их выращивания [9-10].

Цель исследований – изучить особенности роста и развития ремонтных телок в молочный и переходный периоды их выращивания под воздействием кормовой добавки «Клювер Про+».

Материалы и методы исследования. Научно-хозяйственный опыт и производственная проверка проведены с 2024 по 2026 годы в СПК (колхоз) «Племзавод Пригородный» Вологодской области. В качестве объекта исследований были ремонтные телки голштинской породы от рождения до 180 суток. Материалом для исследований являлась добавка «Клювер Про+», механизм действия которой схож с дрожжевыми пробиотиками. В эксперименте были задействованы три группы ремонтных телок численностью по 14 голов. Контрольная и две опытных группы были сформированы по принципу аналогов в зависимости от возраста (с рождения), живой массы (39,4 кг) и происхождения (87,6 % кровности по голштинской породе). Опыт и производственные испытания проведены в соответствии с рекомендациями [11].

Содержание и уход за животными всех групп были одинаковы. Ремонтные телки контрольной и опытных групп получали хозяйственный (базовый) рацион. В отличии от контрольных сверстниц животным 1 и 2 опытных групп в молочный (до 3 месяцев) и переходный (3-6 месяцев) периоды дополнительно к базовому рациону ежедневно вводили добавку «Клювер Про+» по 4 и 8 г на голову соответственно. Пробиотик в молочный период скармливался с молоком, а в переходный период – в составе комбикорма с последующим включением его в сенажно-концентратные кормовые смеси.

Живая масса подопытных животных определялась посредством их индивидуального взвешивания после рождения и в возрасте 1,2,3,4,5 и 6 месяцев на весах. Среднесуточные приросты телок выявляли по результатам их взвешивания расчетным путем. Линейный рост животных изучали по общепринятой методике снятием основных промеров с использованием мерной ленты, палки и циркуля в возрасте 1,3 и 6 месяцев.

Результаты и их обсуждение. Во время проведения эксперимента ежедекадно определяли поедаемость кормов подопытными животными всех групп. В результате проведения этой работы были выявлены рационы ремонтных телок. В оба периода выращивания молодняк 1 и 2 опытных групп под

влиянием дрожжевого пробиотика «Клювер Про+» больше потреблял растительных кормовых средств, что способствовало повышению питательной ценности их рационов (табл. 1).

Таблица 1 – Состав и питательность фактических рационов ремонтных телок

Кормовые средства и питательные вещества	Периоды					
	молочный			переходный		
	Группы					
	контроль-ная	опытная		контроль-ная	опытная	
		1 - ая	2 - ая		1 - ая	2 - ая
Сено разнотравное, кг	0,08	0,12	0,12	-	-	-
Кормовая смесь, кг	1,58	1,68	1,77	8,4	8,9	9,2
В составе:						
зл.- боб. сенаж, кг	-	-	-	5,2	5,6	5,8
зерно ячменя, кг	1,27	1,35	1,40	2,32	2,36	2,40
шрот рапс., кг	0,27	0,29	0,32	0,75	0,80	0,85
мин.добавки, кг	0,04	0,04	0,05	0,13	0,14	0,15
Цельное молоко, кг	4,0	4,0	4,0	-	-	-
Добавка «Клювер Про+», г	-	4	8	-	4	8
Содержится в рационах:						
сухого вещества, г	2000	2200	2300	3900	4300	4500
обмен. энергии, мдж	26,7	27,8	28,6	43,0	44,7	46,1
сырого протеина, г	378	386	425	739	769	804
перевар. протеина, г	312	316	325	488	531	545
сырой клетчатки, г	159	179	196	563	619	647
крахмала, г	592	652	728	983	1081	1130
сахара, г	259	273	287	307	361	385
сырого жира, г	186	188	192	199	209	244
кальция, г	27,3	28,8	30,4	38,3	42,1	44,1
фосфора, г	12,9	13,9	15,0	19,1	21,0	22,0
повар. соли, г	11,7	12,4	13,8	28,3	30,6	33,5
меди, мг	20,0	22,0	24,6	32,1	35,3	36,9
цинка, мг	77,7	85,6	95,6	135,0	148,5	155,2
железа, мг	88,8	97,8	109,2	133,0	146,4	153,1
каротина, мг	70,4	74,5	80,6	124,0	138,0	144,0
витамина Д, тыс. ме	2,6	3,1	3,8	3,3	3,7	3,8

Наибольшее увеличение содержания в рационах сухого вещества, обменной энергии, сырого и переваримого протеина, других элементов питания прослеживается по 2 опытной группе, где дозировка дрожжевой добавки была в количестве 8 г/гол в сутки. Положительное воздействие изучаемого пробиотика на потребление кормов и питательность рационов в целом способствовали увеличению живой массы телок опытных групп (рис. 1).

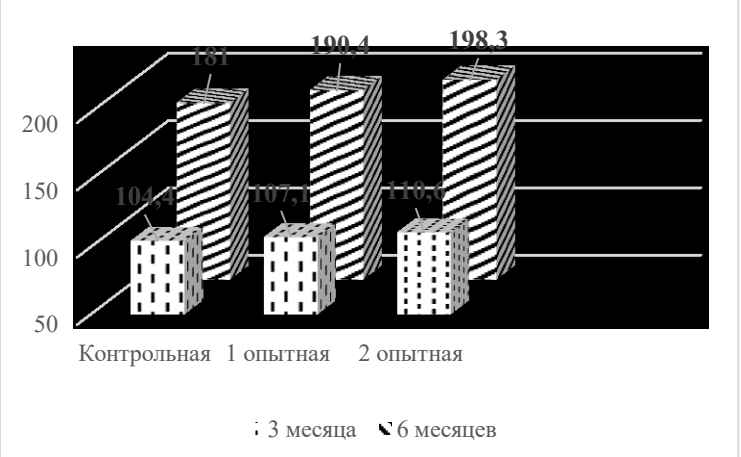

Рисунок 1 – Живая масса ремонтных телок, кг

В шестимесячном возрасте ремонтные телки контрольной группы уступали по массе тела аналогам 1 и 2 опытных групп на 9,4 и 17,3 кг (5,2 и 9,6 %). Достоверна (p≥0,95) разность между показателями живой массы контрольной и 2 опытной групп. В среднем за 180 суток опыта достоверными были по этим группам и параметры среднесуточных приростов, динамика изменения которых по месяцам выращивания представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Среднесуточные приросты телок, г (n=14)

Месяц опыта	Группа		
	контрольная	опытная	
		1 - ая	2 - ая
1	507±43	560±37	643±37*
2	783±57	807±80	826±56
3	874±77	892±92	902±75
4	766±45	836±78	809±50
5	795±55	875±95	989±61*
6	992±33	1066±49	1125±65
M±m	786±24	839±34	882±30*

*p≥0,95

Изучаемый дрожжевой пробиотик оказал положительное влияние не только на показатели роста племенных животных, но и на их развитие. Его в исследованиях оценивали по величине основных, наиболее значимых, промеров статей тела животных в возрасте 1,3 и 6 месяцев. Уже к 3 месячному возрасту параметры промеров телок опытных групп превышали аналогичные показатели контрольных животных. Но наиболее значимая и достоверная разница по ширине и обхвату груди, высоте в холке, ширине в седалищных буграх и маклоках выявлена при завершении опыта, то есть в возрасте телок 6 месяцев (рис. 2). Показатели промеров контрольных животных взяты за 100 %.

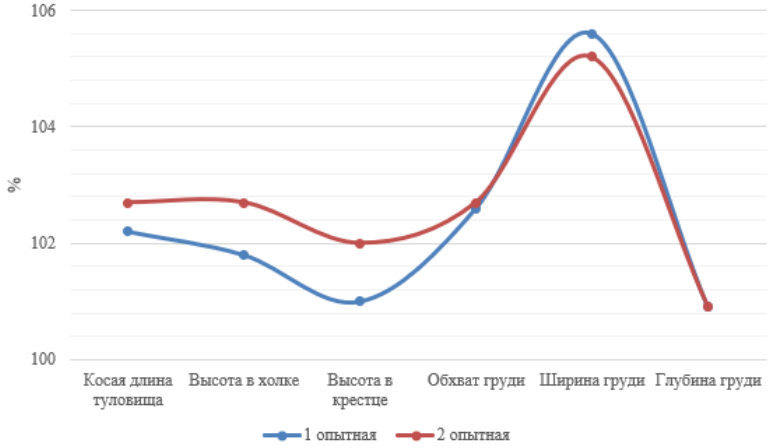

Рисунок 2 – Экстерьерный профиль ремонтных телок

Положительное влияние добавки «Клювер Про+» прослеживается не только на рост и развитие племенных телок, но и на экономику производства их прироста. Стоимость дрожжевого пробиотика во время опыта была в среднем 1100 руб. за 1 кг. Более высокая интенсивность роста животных опытных групп не только покрыла расходы на приобретение добавки, но и обеспечила получение дополнительной прибыли, что способствовало увеличению рентабельности производства прироста на племенные цели с 8,8 до 13,7 и 15,6 %.

Вывод. На основании вышеизложенного можно обоснованно констатировать, что использование кормовой добавки «Клювер Про+» в рационах ремонтных телок первых шести месяцев их жизни позитивно отразилось на показателях роста и развития, уровне рентабельности. В целях повышения интенсивности выращивания племенных животных наиболее эффективна дозировка пробиотика в качестве 8 г на голову в сутки, обеспечивающая повышение среднесуточных приростов до 882 г и рентабельности его производства до 15,6 %.

Список источников

1. Перспективы развития племенного молочного скотоводства в регионе на долгосрочный период / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, А.В. Кубышкин, С.И. Шепелев // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 4 (92). С. 29-33.

2. Реалии и перспективы молочного скотоводства в России сегодня / М.В. Шуварин, Е.Е. Борисова, Д.В. Ганин и др. // Вестник НГИЭИ. 2021. № 11 (126). С. 73-82.

3. Дрожжевые микроорганизмы как пробиотики и источник белка / М.Г. Саубенова, Е.А. Олейникова, А.Ж. Алыбаева и др. // Микробиология и вирусология. 2023. № 3 (42). С. 6-16.

4. Скармливаем телятам – молочникам пробиотическую добавку / А.Г. Менякина, Л.Н. Гамко, Д.Н. Ткаченко, И.И. Сидоров // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 37-40.

5. Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Опыт применения пробиотической добавки «Басулифор» в кормлении телок до шестимесячного возраста // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 39-44.

6. Kluyveromyces marxianus as a probiotic yeast: A mini-review / A. Homayouni-Rad, A. Azizi, P. Oroojzadeh, H. Pourjafar // Current Nutrition &Food Science. 2020. № 16 (8). P. 1163-1169.

7. Решения для высокопродуктивного животноводства / И.Л. Маркман, Е.А. Йылдырым, В.В. Солдатова и др. // Сельскохозяйственные вести. 2022. № 1. С. 44-47

8. Артемьева О.А., Логвинова Т.И., Никанова Д.А. // Молочные дрожжи Kluyveromyces и их биологический потенциал // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108, № 1. С. 128-144.

9. Сударев, Н.П., Косенкова О.Ш. Использование пробиотической добавки «Клювер Про» для повышения пищеварения телят в молочный период // Аграрный вестник Верхневолжья. 2024. № 4 (49). С. 81-84.

10.Кислякова Е.М., Трефилов Д.С. Особенности роста и развития ремонтных телок при использовании в рационах молочного периода пробиотических дрожжей // Вестник Ижевской госуд. с.-х. академии. 2025. № 3 (83). С. 108-114.

11.Гамко Л.Н., Малявко И.В. Основы научных исследований в животноводстве. Брянск, 1998. 124 с.

Информация об авторах:
О.В. Белозерова – аспирант, ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина»
И.А. Касаткина - канд. с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина».

Information about the authors:
O.V. Belozerova *– Postgraduate student, N.V. Vereshchagin Vologda State Agricultural Academy*
I.A. Kasatkina *– Candidate of Agricultural Sciences, N.V. Vereshchagin Vologda State Agricultural Academy.*

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

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

Статья поступила в редакцию 12.06.2026, одобрена после рецензирования 25.06.2026, принята к публикации 16.07.2026.

The article was submitted 12.06.2026, approved after reviewing 25.06.2026, accepted for publication 16.07.2026.

© Белозерова О.В., Касаткина И.А.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

Научная статья
УДК 637.5.04:007.52

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ОБВАЛКИ И ЖИЛОВКИ МЯСА

[1]Наталья Афанасьевна Верезубова, [2]Наталия Евгениевна Сакович,
[2]Алексей Иванович Купреенко,[1]Софья Александровна Вьюева
[1]ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия
[2]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлена комплексная оценка эффективности внедрения роботизированных комплексов при выполнении операций обвалки и жиловки мяса. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения производительности мясоперерабатывающих предприятий, сокращения трудоёмкости, снижения уровня брака и обеспечения стабильного качества готовой продукции. Цель работы состояла в разработке методики сравнительного анализа ручной, механизированной и роботизированной технологий обработки мясного сырья. В качестве исходных данных приняты объём переработки 1000 т в год, продолжительность смены 8 часов, 250 рабочих дней, стоимость мяса 300 руб./кг и стоимость утилизации отходов 50 руб./кг. Для каждого варианта рассчитаны производительность, трудоёмкость, выход мяса, уровень брака, себестоимость обработки и срок окупаемости оборудования. Установлено, что производительность ручного труда составляет 45 кг/ч, механизированного оборудования — 60 кг/ч, роботизированного комплекса — 180 кг/ч. При этом выход мяса увеличивается соответственно с 78,0 до 79,5 и 82,5 %, а уровень брака снижается с 4,5 до 3,8 и 1,2 %. Трудоёмкость при использовании роботизированного комплекса сокращается до 5,6 чел.-ч/т против 22,2 чел.-ч/т при ручной обработке. Расчётная себестоимость роботизированной обработки составляет 6,11 руб./кг, что сопоставимо с другими вариантами, несмотря на высокие капитальные затраты. Дополнительная прибыль за счёт увеличения выхода продукции и снижения брака определена в размере 21,75 млн руб. в год, расчётный срок окупаемости — 0,74 года. Полученные результаты подтверждают технологическую и экономическую целесообразность внедрения роботизированных систем, оснащённых техническим зрением, на мясоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: роботизированные комплексы, мясная промышленность, обвалка, жиловка, эффективность, производительность, автоматизация, системы технического зрения.

Для цитирования: Оценка эффективности внедрения роботизированных комплексов для операций обвалки и жиловки мяса / Н.А. Верезубова, Н.Е. Сакович, А.И. Купреенко, С.А. Вьюева // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 53-59.

Original article

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ROBOTIC SYSTEMS INTEGRATION IN MEAT DEBONING AND TRIMMING PROCESSES

[1]Natal'ya A. Verezubova, [2]Nataliya Ye. Sakovich,
[2]Alexey I. Kupreenko, [1]Sof'ya A. V'yueva
[1]FSBEI HE MSAVM and B - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia
[2]Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. *The article presents a comprehensive evaluation of the effectiveness of introducing robotic systems for meat boning and trimming. The relevance of the research is determined by the need to increase the productivity of meat processing plants, reduce labor intensity, decrease the level of defects and ensure consistent quality of finished products. The aim of the work was to develop a methodology for the comparative analysis of manual, mechanized and robotic technologies for processing raw meat. The initial data were taken as a processing volume of 1000 tons per year, shift duration of 8 hours, 250 working days, meat cost of 300 rubles/kg and waste disposal cost of 50 rubles/kg. Productivity, labor intensity, meat yield, defect rate, processing cost, and equipment payback period have been calculated for each option. It was established that the productivity of manual labor is 45 kg/h, mechanized equipment - 60 kg/h, and the robotic complex - 180*

kg/h. At the same time, meat yield increases from 78.0 to 79.5 and 82.5%, respectively, while the defective rate decreases from 4.5 to 3.8 and 1.2%. The labor intensity using the robotic system is reduced to 5.6 man-hours/t, compared to 22.2 man-hours/t with manual processing. The estimated cost of robotic processing is 6.11 rubles/kg, which is comparable to other options, despite the high capital expenditure. Additional profit due to increased yield and reduced defective rate is estimated at 21.75 million rubles per year, with an estimated payback period of 0.74 years. The obtained results confirm the technological and economic feasibility of implementing robotic systems equipped with machine vision in meat processing plants.

Keywords: *robotic complexes, meat industry, deboning, trimming, efficiency, productivity, automation, technical vision systems.*

For citation*: Evaluation of the Effectiveness of Robotic Systems Integration in Meat Deboning and Trimming Processes / N.A. Verezubova, N.E. Sakovich, A.I. Kupreenko et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 53-59.*

Введение. Современная мясоперерабатывающая промышленность характеризуется возрастающими требованиями к качеству продукции, эффективности производства и соблюдению строгих санитарно-гигиенических норм. Операции обвалки и жиловки являются одними из наиболее трудоемких и критически важных этапов производственной цепочки, определяющих как выход готовой продукции, так и ее потребительские свойства [1, с. 7].

Традиционная организация данных процессов, основанная на ручном труде, сталкивается с рядом системных проблем: высокой долей брака, зависимостью от субъективного фактора и квалификации работников, значительными колебаниями производительности, а также рисками, связанными с соблюдением требований безопасности труда и гигиены. Использование классического механизированного оборудования (например, пневматических пил и ножей) лишь частично решает эти проблемы, не обеспечивая кардинального повышения точности и стабильности процесса [9, с. 48].

В этом контексте внедрение роботизированных технологических комплексов, оснащенных системами технического зрения и искусственного интеллекта, представляется наиболее перспективным направлением модернизации производств. Однако для обоснования инвестиционных решений необходима комплексная методика, позволяющая количественно оценить эффективность таких систем в сравнении с существующими способами организации труда.

Согласно оценкам Всемирного экономического форума, доля рабочих часов, выполняемых роботами, демонстрирует устойчивую динамику роста: если в 2018 году на их долю приходилось около 29% всех рабочих часов, то к 2025 году этот показатель, как ожидается, превысит 50%. В текущий момент роботы успешно выполняют 47% задач, связанных с обработкой информации, и 31% работ, требующих физического труда. Глобальные темпы роботизации производств сохраняются на высоком уровне, составляя в среднем почти 20% в год за период с 2014 по 2018 годы. Так, по итогам 2018 года мировой парк промышленных роботов увеличился на 422 тысячи единиц, причем порядка 75% этого прироста было сконцентрировано в пяти странах - Китае, Японии, Южной Корее, США и Германии.

Экономическая целесообразность внедрения роботизированных систем подтверждается значительным преимуществом в производительности и стоимости эксплуатации. Роботы не только выполняют задачи быстрее человека, но и требуют меньших затрат: например, в автомобильной промышленности Германии стоимость одного рабочего часа человека достигает 40 €, в Китае - около 10 €, тогда как стоимость рабочего часа робота составляет от 5 до 8 €. Дополнительным фактором, стимулирующим внедрение робототехники, является снижение средней стоимости промышленного робота, которая за пятилетний период по 2017 год уменьшилась на 17% - с 53 000 до 44 000 $ [6, с. 17].

Целью данной работы является разработка методики и проведение сравнительной оценки экономической и операционной эффективности внедрения роботизированных комплексов для операций обвалки и жиловки мяса в сравнении с использованием классического оборудования и ручного труда.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был проведен анализ технологических процессов на действующих мясоперерабатывающих предприятиях. В качестве объектов сравнения были выделены три системы организации труда:

1. Ручной труд, при котором работники используют ручной инвентарь (ножи).

2. Классическая технология обвалки, при которой работники используют механизированный инструмент (пневматические пилы и ножи).

3. Роботизированный комплекс - автоматизированная система на базе промышленного робота-манипулятора с системой технического зрения для распознавания анатомических ориентиров и управления режущим инструментом.

Для расчетов были взяты следующие данные: объем выработки - 1000 т/год (среднее значение для предприятия), стоимость мяса - 300 руб./кг, стоимость утилизации отходов - 50 руб./кг, время смены - 8

часов, количество рабочих дней в год - 250 дней. Следует учесть, что используемые значения являются усредненными для современных масштабов производства и стоимости сырья и оборудования.

Производительность ручного труда определяется через среднюю выработку на одного работника. Согласно ЕНиР Р-013-01 (единые нормы и расценки на работы по первичной переработке скота, производству мясной продукции и убою птицы) производительность одного обвальщика составляет 45 кг/ч [3].

Таким образом трудоемкость процесса составит:

$$P_{\text{руч}}=\frac{m}{t}, \quad (1)$$

где m – масса перерабатываемого сырья, кг/год;

t – производительность обвальщика, кг/(чел·ч).

$$P_{\text{руч}}=\frac{1000000}{45}= 22222 \text{ чел·ч/год.}$$

При использовании дополнительного оборудования производительность немного вырастает. Среднеотраслевое значение данного показателя для предприятий средней мощности составляет 60-65 кг/ч [4, с. 45].

Трудоемкость будет равна:

$$\text{Р}_{\text{оборуд}}=\frac{m}{t} \quad (2)$$

$$P_{\text{оборуд}}=\frac{1000000}{60}= 16667 \text{ чел·ч/год.}$$

Для определения производительности роботизированного комплекса возьмем в качестве примера робота компании Marel. Согласно техническому паспорту время обработки ($t_{\text{цикл}}$) составляет 20 секунд на один отруб. Если взять за основу массу одного отруба - 1 кг, то часовая производительность роботизированного комплекса вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{робот}}=\frac{3600}{t_{\text{цикл}}}\cdot * m_{\text{ед}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{цикл}}$ – время одного рабочего цикла, с/цикл;

$m_{\text{ед}}$ – средняя масса единицы обрабатываемого продукта, кг/цикл.

$$P_{\text{робот}}=\frac{3600}{20}\cdot 1=180 \text{ кг/ч.}$$

Трудоемкость подобного метода обвалки рассчитывается по аналогичной, ручному и механизированному труду, формуле:

$$\text{Р}_{\text{робот}}=\frac{m}{t}$$

$$P_{\text{робот}}=\frac{1000000}{180}= 5556 \text{ ч/год.}$$

При использовании технологии ручной обвалки с применением традиционного инструментария выход мышечной ткани составляет в среднем 78,0% при уровне брака 4,6%, что обусловлено субъективным человеческим фактором и технологическими погрешностями.

Внедрение механизированного оборудования (пневматические пилы и ножи) позволяет повысить выход продукции до 79,5% при одновременном снижении уровня брака до 3,8% за счет стандартизации основных операций и повышения точности разделки.

Наиболее эффективными являются роботизированные технологические комплексы, оснащенные системами компьютерного зрения. По данным исследований, такие системы обеспечивают выход мяса до 82,5% при рекордно низком уровне брака - 1,2%, что достигается за счет прецизионного управления траекторией режущего инструмента и адаптации к анатомическим особенностям каждой туши [1, с. 110, 2].

Расчеты себестоимости обработки 1 кг сырья проводились по следующим формулам [7, с. 34-35]:

Для ручного труда:

$$C=\frac{(З_{\text{труд}}+А_{\text{обор}}+З_{\text{энергия}})}{m}, \text{ руб./кг,} \quad (4)$$

где $З_{\text{труд}}$ – затраты на оплату труда с начислениями, руб./период;

$А_{\text{обор}}$ – амортизация оборудования, руб./период;

$З_{\text{энергия}}$, – затраты на электроэнергию, руб./период;

m – объем перерабатываемого сырья, кг/период.

Затраты на оплату труда при средней заработной плате рабочего 250 руб./ч составят:

$$З_{труд}=P_{руч}\cdot C_{час}, \quad (5)$$

где $P_{руч}$ – трудоемкость, чел·ч/год;

$C_{час}$ - стоимость одного часа работы для одного работника, руб./ чел·ч.

$$З_{труд} = 22222 \cdot 250 = 5555500 \text{ руб./год}$$

Амортизация оборудования (ножи, точильные камни) составляет около 500000 руб./год (средняя стоимость оборудования 2500000 руб. при сроке службы 5 лет).

Затраты на электроэнергию для процесса заточки ножей с помощью точильного станка на стандартном оборудовании определим с учетом потребляемой мощности от 0,5 до 1 кВт. Для расчетов возьмем среднее значение 0,75 кВт:

$$З_{энергия}=P_{руч}\cdot N\cdot C_{1\ кВт}, \quad (6)$$

где $P_{руч}$ – трудоемкость, чел·ч/год;

N – потребляемая мощность оборудования, кВт;

$C_{1\ кВт}$ - стоимость 1 кВт·ч по стандартному тарифу, руб./кВт·ч.

$$З_{энергия}=22222\cdot 0{,}75\cdot 5=83332 \text{ руб./год.}$$

Таким образом, себестоимость обвалки 1 кг сырья при использовании ручного труда составит:

$$C=\frac{(5555500+500000+83332)}{1000000}=6{,}14 \text{ руб./кг.}$$

Для механизированного труда формула расчета аналогичная, однако, значения показателей значительно отличаются:

Затраты на оплату труда составят:

$$З_{труд} = 16667 \cdot 250 = 4166750 \text{ руб./год}$$

Амортизация оборудования составляет около 1500000 руб./год (средняя стоимость оборудования 7500000 руб. при сроке службы 5 лет).

Для расчета затрат на электроэнергию в процессе обвалки возьмем для примера пневматическую пилу дискового типа SEC 230. Ее мощность составляет 1,4 кВт, что является стандартной для подобного типа оборудования [11, с. 134-135]:

$$З_{энергия}=16667\cdot 1{,}4\cdot 5=116669 \text{ руб./год.}$$

Себестоимость обвалки 1 кг сырья при введении механизации составит:

$$C=\frac{(4166750+1500000+116669)}{1000000}=5{,}78 \text{ руб./кг.}$$

При использовании роботизированного комплекса расчетная формула видоизменяется:

$$C=\frac{(А_{робот}+ТО_{робот}+З_{энергия}+З_{обслуж})}{m}, \quad (7)$$

где $А_{робот}$ – амортизация роботизированного комплекса, руб./период;

$ТО_{робот}$ – затраты на техническое обслуживание, руб./период;

$З_{энергия}$ – затраты на электроэнергию, руб./период;

$З_{обслуж}$ – заработная плата обслуживающего персонала, руб./период.

Коммерческое предложение компании Marel на поставку роботизированного комплекса составляет 15000000 руб. С учетом срока службы 10 лет, амортизация составит 1500000 руб./год.

Средние затраты на техническое обслуживание данного оборудования примем равными 500000 руб./год.

Мощность, потребляемая роботизированным комплексом, составляет около 4 кВт. Тогда,

$$З_{энергия}=5556\cdot 4\cdot 5=111120 \text{ руб./год}$$

Затраты на оплату труда при использовании робота возрастают, так как необходим специально обученный персонал, включающий инженера-робототехника и техника-электроника, чья заработная плата в соответствие с квалификацией возрастает по сравнению с операторами-настройщиками. Согласно единой тарифной сетке (ЕТС) по оплате труда работников федеральных государственных учреждений (Приказ Минтруда России № 512н от 12.08.2020) месячный оклад инженера-

робототехника составляет около 150000 руб., а техника-электроника - 110000 руб. Среднее количество рабочих часов в месяц около 164 часов (при 40-часовой рабочей неделе и 20,5 рабочих днях в среднем за месяц) [8, 12].

Таким образом почасовая оплата для инженера составляет 914 руб., а для техника 677 руб. Заработная плата оператора линии остается неизменной. Тогда,

$$З_{труд} = 5556\ 250+1640\ 677+1640\ 977 = 3998240 \text{ руб./год.}$$

Себестоимость обвалки 1 кг сырья при применении роботизированного комплекса составит:

$$C=\frac{(1500000+500000+111120+3998240)}{1000000}=6{,}11 \text{ руб./кг.}$$

При достаточно высоких затратах на приобретение, подключение и обслуживание подобного инновационного оборудования следует дополнительно определить срок его окупаемости:

$$T_{окуп}=\frac{K}{(ΔП\text{-}A_{робот})}, \quad (8)$$

где К – капитальные вложения в роботизированный комплекс, руб.;

ΔП– ежегодная дополнительная прибыль за счет повышения выхода мяса и снижения брака, руб./год.

$$ΔП=(ΔK_{вых}\cdot m\cdot C_{мяса})+(ΔУ_{брак}\cdot m\cdot C_{утил}), \quad (9)$$

где $ΔK_{вых}$ - прирост выхода мяса, %;

$C_{мяса}$ - стоимость мяса, руб.;

$ΔУ_{брак}$ - снижение уровня брака, %;

$C_{утил}$ - стоимость утилизации, руб.

$$ΔП=(0{,}045\cdot 1000000\cdot 300)+(0{,}033\cdot 1000000\cdot (300-50))=21750000 \text{ руб./год.}$$

$$ΔK_{вых} = У_{вых\ руч}-У_{вых\ робот}, \quad (10)$$

где $У_{вых\ руч}$ - выход после ручной обработки, %;

$У_{вых\ робот}$ - выход после роботизированной обработки, %.

$$ΔУ_{брак}=У_{брак\ руч}-У_{брак\ робот}, \quad (11)$$

где $У_{брак\ руч}$ - процент брака после ручной обработки, %;

$У_{брак\ робот}$ - процент брака после роботизированной обработки, %.

Тогда,

$$T_{окуп}=\frac{15000000}{(21750000-1500000)} = 0{,}74 \text{ года.}$$

Результаты и их обсуждение. На основе представленной методики были проведены расчеты для условного предприятия с объемом переработки 1000 т сырья в год. Результаты сведены в сравнительную таблицу.

Показатель	Ед. измерения	Ручной труд	Механизированное оборудование	Роботизированный комплекс
Производительность	кг/ чел·ч	45,0	60,0	180,0*
Выход мяса	%	78,0	79,5	82,5
Уровень брака	%	4,5	3,8	1,2
Трудоемкость	чел.-ч/т	22,2	16,7	5,6*
Себестоимость обработки	руб./кг	6,14	5,78	6,11**

Таблица 1 - Сравнительные показатели эффективности систем обвалки и жиловки

Примечания:

** - показатель на 1 комплекс;*

*** - с учетом амортизации.*

Проведенный сравнительный анализ различных систем обвалки и жиловки демонстрирует последовательное улучшение ключевых показателей эффективности по мере технологического развития процессов. Наиболее существенный прогресс наблюдается в показателях производительности, где роботизированный комплекс превосходит ручной труд в четыре раза, а механизированное обору-

дование - в три раза, что свидетельствует о значительном технологическом преимуществе автоматизированных решений.

Особого внимания заслуживает плавный рост выхода мяса с 78,0% при ручной обработке до 82,5% при использовании роботизированного комплекса, сопровождающийся одновременным снижением уровня брака с 4,5% до 1,2%. [10, с. 234]. Такая динамика подтверждает способность автоматизированных систем обеспечивать более точное и контролируемое ведение технологического процесса. Следует отметить и существенное сокращение трудоемкости операций при внедрении роботизированного комплекса, где показатель 5,6 чел.·ч/т демонстрирует почти четырехкратное уменьшение трудозатрат по сравнению с ручными методами.

Что касается экономических показателей, роботизированный комплекс показывает конкурентоспособные результаты по себестоимости обработки, находясь на одном уровне с механизированным оборудованием, при этом предлагая дополнительные преимущества в виде стабильности качества и предсказуемости производственных результатов. Полученные данные позволяют говорить о том, что современные роботизированные решения представляют собой сбалансированный вариант технологического развития, сочетающий высокую производительность с оптимальными экономическими показателями и существенным улучшением качественных характеристик продукции.

Выводы. Современные автоматизированные разделочные комплексы демонстрируют возможность прецизионной обработки мясных туш с минимальным уровнем отходов. Оснащенные системами машинного зрения и многоуровневыми сенсорными датчиками, эти установки осуществляют идентификацию анатомических ориентиров с последующей адаптацией траектории режущего инструмента для каждой конкретной туши. Данная технология приобретает особую значимость при производстве мясных продуктов премиального сегмента, где соблюдение строго регламентированных параметров разделки является критически важным требованием.

Ключевые технологические преимущества автоматизированных систем разделки включают:

Повышение точности операций - коэффициент позиционирования режущего инструмента достигает ±0,5 мм, что обеспечивает строгое соответствие заданным анатомическим линиям разделки.

Оптимизация выхода продукции - внедрение систем компьютерного зрения позволяет значительно сократить потери мышечной ткани по сравнению с традиционными методами обвалки.

Рост производительности - автоматизированные комплексы демонстрируют стабильную производительность при сохранении постоянных качественных показателей.

Проведенные исследования подтверждают, что использование адаптивных систем разделки позволяет не только повысить экономическую эффективность производства, но и обеспечить стандартизацию качества продукции, соответствующую требованиям современных пищевых стандартов.

Список источников

1. Brown K., Davis R. Yield Improvement in Meat Deboning through Computer Vision Systems // Meat Science. 2021. Vol. 173. P. 108-115.

2. ГОСТ Р 55447-2021. Мясо и мясные продукты. Методы определения выхода готовой продукции: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2013 г. N 362-ст: дата введения 2022-01-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени В.М. Горбатова» (ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»). М.: Стандартинформ, 2021. 25 с.

3. Единые нормы и расценки на работы по первичной переработке скота, производству мясной продукции и убою птицы (ЕНиР Р-013-01): издание официальное: утвержден и введен Постановлением Госкомтруда СССР от 15 марта 1985 г. № 45: дата введения 1985-07-01 / разработан государственным учреждением «Государственный комитет СССР по труду и социальным вопросам». М.: Экономика, 1985. 167 с.

4. Иванов А.А., Петров С.В. Современные тенденции автоматизации мясной промышленности // Пищевая промышленность. 2021. № 5. С. 44-48.

5. Козлов С.А., Михайлова Е.В. Автоматизация технологических процессов в мясной промышленности: учебное пособие. М.: ДеЛи, 2022. 312 с.

6. Кузнецова О.А., Никитина М.А., Захаров А.Н. Фабрика будущего: роботы в мясной промышленности // Все о мясе. 2020. № 2. С. 16–20.

7. Методика определения экономической эффективности внедрения новой техники в пищевой промышленности / под ред. В.Г. Козлова. СПб.: ГИОРД, 2019. 150 с.

8. Обеспечение эффективного развития мясоперерабатывающего предприятия на основе автоматизации хозяйственной деятельности / И.П. Богомолова, И.Н. Василенко, И.Е. Устюгова и др. // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10, № 3. С. 497-516.

9. Об утверждении Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих: приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 августа 2020 г. № 512н: зарегистрирован в Минюсте России 25 августа 2020 г. № 59470: (в ред. от 15.11.2023). М., 2020. 234 с. // Официальный интернет-портал правовой информации: [сайт]. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru (дата обращения: 15.11.2025).

10. Петрова Е.Н., Волков А.К. Современные подходы к оценке экономической эффективности в мясной промышленности // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 5. С. 45-52.

11. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Общие принципы переработки сырья и производства продуктов животноводства. М.: КолосС, 2020. 563 с.

12. Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. М.: КолосС, 2025. 287 с.

Информация об авторах:

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

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

А.И. Купреенко - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

С.А. Вьюева – студентка 4 курса факультета биотехнологии и экологии ФГОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина.

Information about the authors:

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

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

A.I. Kupreenko *- Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries, Bryansk State Agrarian University.*

S.A. V'yueva *- 4th–year student at the Faculty of Biotechnology and Ecology of the Federal State Educational Institution of Higher Education MSAVM and B-MVA named after K.I. Skryabin.*

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

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

Статья поступила в редакцию 06.05.2026, одобрена после рецензирования 11.06.2026, принята к публикации 23.06.2026.

The article was submitted 06.05.2026, approved after reviewing 11.06.2026; accepted for publication 23.06.2026.

© Верезубова Н.А., Сакович Н.Е., Купреенко А.И., Вьюева С.А.

Научная статья
УДК 621.31:004.8

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АПК

Владимир Анатольевич Погонышев, Дина Алексеевна Погонышева, Юрий Игоревич Филин
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Показана роль России в мировой энергетике, как крупнейшего производителя и потребителя энергетических ресурсов. Отмечены достижения в развитии отечественных интеллектуальных электрических систем на основе использования цифровых инноваций в контексте Энергопереход 4.0. Установлена высокая энергоемкость отечественной продукции, негативно влияющая на ее конкурентоспособность, снижающая уровень энергетической и экологической безопасности, препятствующая наращиванию технологического лидерства страны. Проанализирована динамика энергопотребления субъектами аграрного бизнеса. Исследовано состояние энергосистемы Брянской области. Показано, что в потреблении ТЭР по отраслям экономики региона выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%). Энергоемкость валового регионального продукта Брянской области превышает энергоемкость валового внутреннего продукта страны почти на 4%, при этом электроемкость - почти на 8%. Выявлено, что одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии, так как напряжение в сетях подвержено высокой колеблемости, отмечаются его перепады. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные комплексы. В структуре затрат на производство овощей защищённого грунта доля электроэнергии составляет более 30%. Установлен высокий аграрный потенциал региона, естественным образом поддерживающий развитие биоэнергетики и локальных источников энергии. Показано, что внедрение в АПК энергоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для роста инвестиционной привлекательности региона. Обосновано положение, что решение задачи повышения энергоэффективности аграрного сектора и других отраслей экономики связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии, дальнейшим развитием инновационной энергетики на основе использования сквозных технологий.

Ключевые слова: АПК, электроэнергетика, энергоэффективность, цифровые технологии, искусственный интеллект

Для цитирования: Погонышев В.А., Погонышева Д.А., Филин Ю.И. Цифровые технологии как инструмент повышения энергоэффективности АПК // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 60-66.

Original article

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Vladimir A. Pogonyshev, Dina A. Pogonysheva, Yuri I. Filin
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The role of Russia in the global energy sector as the largest producer and consumer of energy resources is shown. The achievements in the development of domestic intelligent power systems based on digital innovations in the context of Energy Transition 4.0 are noted. The high energy intensity of domestic products has been identified as having a negative impact on their competitiveness, reducing the level of energy and environmental security, and hindering the country's efforts to strengthen its technological leadership. The dynamics of energy consumption by agribusiness entities have been analysed. The state of the power system in the Bryansk Region has been examined. It has been demonstrated that, in terms of fuel and energy resource (FER) consumption across the region's economic sectors, the main contributors are industry (47%), housing and utilities (39%), and transport and agriculture (8%). The energy intensity of the Bryansk Region's gross regional product exceeds that of the country's gross domestic product by almost 4%, while its electricity intensity is higher by nearly 8%. It has been revealed that one of the main problems of energy consumption by agricultural enterprises is the low quality of the supplied electricity, as the voltage in the networks is highly variable and there are frequent fluctuations. Greenhouse complexes are the most dependent on the electricity they consume. The share of electricity in the cost of producing protected vegetables exceeds 30%. The high agricultural potential of the region has been established, which naturally supports the development of bioenergy and local energy sources. It has been shown that the introduction of energy-

efficient technologies, smart metering devices, and dispatching in the agricultural sector is the basis for increasing the investment attractiveness of the region. It has been substantiated that the solution to the problem of improving the energy efficiency of the agricultural sector and other sectors of the economy is related to the creation of a modern base of electricity consumers and the further development of innovative energy based on the use of end-to-end technologies.

Keywords: Agro-Industrial Complex, electric power industry, energy efficiency, digital technologies, artificial intelligence.

For citation. Pogonyshev V.A., Pogonysheva D.A., Filin Yu.I. Digital Technologies as a Tool for Improving Energy Efficiency in the Agro-Industrial Complex // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 60-66.

Введение. Решение задач достижения технологического лидерства и высокой конкурентоспособности агропродовольствия страны обусловлено уровнем эффективности используемых ресурсов. В настоящее время Россия продолжает выполнять роль общепризнанного мирового лидера по запасам и добыче минерально-сырьевой базы энергетического сырья. В современных условиях освоение отечественного ресурсного потенциала и наращивание производства электроэнергии происходит при сильной турбулентности мировой энергетической системы. В последние годы структура мирового энергетического баланса существенно изменилась: в общем объеме выработки электроэнергии доля угля составляет около 36 %, потребление ВИЭ возросло до 2,5 %, снизились доли ГЭС и АЭС. В мировой энергетике отмечаются разрыв устоявшихся логистических цепей поставок энергетических ресурсов, ускоренное развитие электротранспорта, высокий приоритет энергетической безопасности государств и др. Россия, как крупный производитель и потребитель энергетических ресурсов, попрежнему входит в число лидеров по объемам экспорта данных ресурсов. В 2023 г. доходы бюджета РФ от отраслей ТЭК составили почти 10 трлн. рублей, но при этом уже в 2025 г. снизились до уровня 8,4 трлн. Динамичное развитие цифровой экономики России инициирует значительное повышеиие потребления электроэнергии к 2050 г. до уровня 1,5 трлн кВт-ч. В течение 2021-2035 гг. до 60% прироста производства электроэнергии обеспечат ВИЭ, а к середине текущего столетия весь прирост. Несмотря на сложные внешнеэкономические условия и вызовы отрасль продолжает демонстрировать высокую эффективность работы. Еще в 2018 г. компания «Россети» разработала концепцию «Цифровая трансформация 2030», оцениваемую в 1,3 трлн руб. и предназначенную для динамичного и последовательного перехода к цифровым электрическим системам на основе использования цифровых инноваций: больших данных, предиктивной аналитики, цифровых двойников, интернета вещей, иммерсивных технологий, систем распределенного реестра, роботов, нейросетей и др. Ожидается рост мощности объектов генерации не менее 287 гигаватт в 2036 г. и не менее 331,2 гигаватта в 2050 г., увеличение доли приборов интеллектуального учета до 70 % в 2036 г. и не менее чем 95 % в 2050 г., снижение уровня потерь электроэнергии в электрических сетях до 8,8 % в 2036 г. и не более чем 7,3 % в 2050 г. Несмотря на ощутимые достижения отрасли, аналитики отмечают сохраняющуюся высокую энергоемкость ВВП страны, превышающую среднемировой уровень почти в 2 раза. Попрежнему актуальной задачей является повышение энергоэффективности субъектов аграрной индустрии и других отраслей российской экономики. Цель исследования заключается в обосновании направлений повышения энергоэффективности АПК.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на основании литературных и статистических данных энергоэффективности сельского хозяйства.

Результаты и обсуждение. Сетевое хозяйство ЕЭС России насчитывает более 14 тыс. линий электропередачи класса напряжения 110-750 кВ общей протяженностью более 506 тыс. км, включает почти 11 тыс. электрических подстанций 110-750 кВ. Основными источниками генерации в 2025 г. оставались ТЭК (57,5%), АЭС (18,7%), ГЭС (16,7%). Электростанции промышленных предприятий обеспечили около 6,2% выработки, генерация на основе ВИЭ (солнце и ветер) составила почти 0,9%. По оценке «Системного оператора», совокупный объем инвестиций в отрасль до 2042 г. ожидается на уровне 43 трлн руб., при этом более 40 трлн руб. средств придутся на объекты генерации, около 2,5 трлн руб.- на объекты электросети. Согласно планов, установленная мощность электростанций в России в 2042 г. достигнет почти 300 ГВт, в том числе за счет введения в эксплуатацию около 88 ГВт генерирующих мощностей АЭС, СЭС и ВЭС. [1]

Традиционно отрасли отечественной экономики работают над повышением своей энергоэффективности, под которой понимают рациональное использование энергоресурсов при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении экологических требований к охране окружающей среды. Если энергосбережение ориентировано на уменьшение энергопотребления, то энергоэффективность предполагает оптимальное потребление электроэнергии и тем самым позволяет ры-

ночным субъектам значительно снизить себестоимость продукции. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) на 2023 г. по показателю энергоэффективности Россия занимала 136 место из 146 стран мира, что свидетельствует о высокой энергоемкости экономики страны и продолжающейся ее низкой энергоэффективности. С целью устранения негативной тенденции Минэкономразвития России ежегодно оценивает уровень энергоэффективности в регионах. Показатели энергоэффективности регионов включают оценку эффективности стратегического планирования, организационного и методического обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, а также параметры энергоэффективности отдельных категорий объектов (дорожная и уличная инфраструктура, многоквартирные дома, государственные и муниципальные учреждения и др.). Так, в 2024 г. почти 70 регионов получили умеренный класс энергоэффективности и выше, лидерами стали Санкт-Петербург, ХМАО и Вологодская область.

К ключевым потребителям электроэнергии традиционно относятся агроформирования. В сельском хозяйстве основные объекты потребления электроэнергии связаны с растениеводством, животноводством, вспомогательными производствами (теплицы, зернохранилища, коровники, ремонтные мастерские и др.). В динамике наблюдается высокая колеблемость потребления энергоресурсов субъектами аграрного бизнеса (рисунок 1).

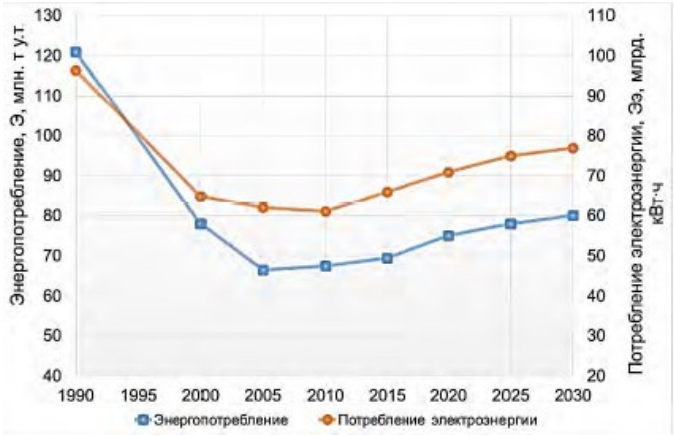

Рисунок 1 - Показатели энергопотребления и прогнозная оценка потребностей сельского хозяйства в ТЭР до 2030 г. [2]

Аналитики прогнозируют, что к 2030 г. темп роста производства продукции сельского хозяйства будет существенно опережать темп повышения затрат энергетических ресурсов благодаря прежде всего внедрению энергосберегающих технологий (рисунок 2).

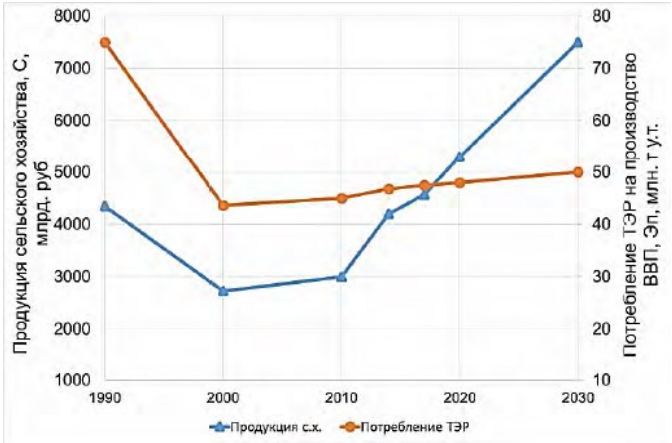

Рисунок 2 - Показатели производства продукции сельского хозяйства и затрат энергии на производство [2]

Согласно существующей практике, агроформирования платят почти в 2 раза больше за получаемую электроэнергию, чем промышленные предприятия, так как аграрии относятся к категории «прочие потребители» и электроэнергия продается им по нерегулируемым ценам, при этом тарифы устанавливаются в зависимости от уровня напряжения. Чем ниже уровень напряжения электросетей, тем дороже киловатт. Подобная тарифная нагрузка негативно влияет на инвестиционную привлекательность аграрного сектора, вносит весомый вклад в рост себестоимости единицы продукции, существенно влияет на конечную цену агропродовольствия, снижая его конкурентоспособность. Так, за

период 2022-2023гг. доля потребления электроэнергии аграриями в общей структуре потребления страны возросла до 1,7%. При этом аналитики отмечают одновременно ежегодный рост цен на электроэнергию до 10%. Очевидно, повышение конкурентоспособности отечественной агропродукции на региональных и глобальных рынках тесно связано с оптимизацией расходов агроформирований на потребление электроэнергии, с повышением энергоэффективности отрасли. Вследствие этого к числу первостепенных мер энергосбережения и роста энергоэффективности производства агропродовольствия и сырья относятся обязательное установление строгого контроля за расходом электроэнергии, внедрение в производственных процессах энергоэффективных технологий и оборудования, использование альтернативных источников электроэнергии и др. Следует отметить, что эти мероприятия связаны с высокими затратами на их реализацию. [3]

Согласно политики Минэнерго, энергосистема Брянской области входит в объединенную энергосистему Центра (ОЭС Центра). Преобладающая часть электроэнергии (70-90% потребности) поступает в область от внешних источников по линиям единой национальной электрической сети. На территории Брянской области выработка электроэнергии осуществляется ООО «Клинцовская ТЭЦ», ставшей опорным объектом локальной генерации и теплоснабжения. Функции гарантирующего поставщика на территории региона выполняет филиал «Брянскэнергосбыт» ООО «Газпромэнергосбыт Брянск». На территории области проложена сеть высоковольтных линий (750-220-110 кВ), что предоставляет возможности для гибкого подключения распределенной генерации и интеграции муниципальных микрогенерирующих мощностей без радикальных переделок сетевой структуры. Правительством Брянской области в конце декабря 2024г. принята региональная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Брянской области», в соответствии с которой районами области приняты аналогичные программы по повышению энергоэффективности. В число целей программы включены повышение эффективности использования в регионе ТЭР, рост внедрения энергосберегающих технологий, материалов и (или) оборудования высокого класса энергетической эффективности и др. Совокупные средства областного бюджета (3,44 млн. руб.) и внебюджетных источников финансирования (534,3 млн. руб.) запланировано освоить за 2025-2027гг.[4]

В Брянской области, как в одном из наиболее развитых в экономическом отношении субъектов РФ, функционируют крупные и средние предприятия металлургической, машиностроительной, ТЭК, АПК и др. В потреблении ТЭР по отраслям экономики региона выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%) и др. Энергоемкость ВРП области превышает энергоемкость ВВП РФ почти на 4%, электроемкость - почти на 8%. На производство 1 тыс. руб. валовой добавленной стоимости в 2022 г. область израсходовала почти 34 кг у.т. и около 33 кВт/ч электроэнергии, а в целом по РФ эти показатели составили соответственно около 32 кг у.т. и 31 кВт/ч. Высокая энергоемкость и электроемкость ВРП, в котором доля АПК составляет около 25%, обусловлены высокой долей региональных энергоемких отраслей, что снижает энергетическую и экологическую безопасность региона. Вследствие этого повышение энергетической и экологической эффективности агроформирований выступают важнейшими факторами развития на период до 2030 г. В сложившихся условиях необходимо прежде всего выполнить обследование сетевого хозяйства для получения объективной информации об объемах используемых энергоресурсов и показателях энергоэффективности, использовать в деятельности аграриев энергосберегающее оборудование, оснастить объекты АПК приборами учета потребляемых энергоресурсов, разработать направления энергосбережения и повышения энергоэффективности технологических процессов и др.

Одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии, так как напряжение в сетях подвержено высокой колеблемости, отмечаются его перепады. В качестве решения проблемы рекомендуется для устранения негативного влияния скачков напряжения использовать стабилизаторы. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные хозяйства. Доля электроэнергии в структуре затрат на производство овощей защищённого грунта составляет более 30%. Для поддержания рентабельности овощеводства рекомендуется строить теплицы с энергосберегающими экранами, с системами распределения тепла по нескольким контурам отопления и автоматическим контролем микроклимата. В настоящее время значительный объём электроэнергии в тепличных комплексах производится самостоятельно на газопоршневых генерирующих установках, при этом общая мощность генерации такой энергии в России составляет более 2 000 МВт.

По оценкам аналитиков, потребление электрической энергии в области к 2029г.прогнозируется на уровне 4567 млн кВт·ч при среднегодовом темпе прироста 0,73% (таблица 1). Согласно данным Брянскстата, объёмы собственной генерации в регионе также последовательно растут. Если в 2020 г. в области было произведено около 88 млн кВт-ч электроэнергии, то к 2024 г. этот показатель достиг уровня почти 141 млн кВ-ч. Рост генерации более чем в полтора раза свидетельствует об укреплении

локальной энергетической базы и расширении возможности по обеспечению собственных потребностей в аграрном секторе.

Таблица 1 – Прогноз потребления электроэнергии в Брянской области [4]

Показатели	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.
Потребление электрической энергии, млн Вт·ч	4436	4499	4520	4555	4567
Абсолютный прирост потребления электрической энергии, млн кВт·ч	-	63	21	35	12
Годовой темп прироста, %	-	1,42	0,47	0,77	0,26

Регион активно участвует в межрегиональном обмене электроэнергией, что повышает надёжность снабжения и позволяет сглаживать сезонные и суточные колебания спроса. В 2024 г. регион получил из-за своих пределов более 5,4 млрд кВт-ч и одновременно отпустил за пределы области свыше 1,7 млрд кВт-ч. Это говорит о высокой степени интеграции и способности энергосистемы работать в гибком режиме, подстраиваясь под общую нагрузку сетевого хозяйства страны. [5] Подобная бизнес-модель позволяет энергосистеме оставаться гибкой и предсказуемой для населения и аграрного бизнеса. В связи с тем, что ключевыми потребителями электроэнергии в регионе выступают агроформирования, то аграрный потенциал Брянщины естественным образом поддерживает развитие биоэнергетики и локальных источников энергии. Распространение энергоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для будущих программ и интеграции накопителей тепла и электроэнергии, тем самым повышая инвестиционную привлекательность.

В АПК России примером рационального энергопотребления выступает ГК «АГРОЭКО», последовательно реализующее оптимальные решения по снижению расходов на электроэнергию и внедряющее энергоэффективные технологии. Компания тщательно выбирает поставщиков электроэнергии с минимальными наценками. На предприятии работает современная система автоматического контроля электроэнергии, установлены специальные системы и оборудование, позволяющие специалистам отслеживать параметры энергопотребления по мощности и расходу, своевременно принимать обоснованные решения.

Решение проблемы повышения энергоэффективности АПК и других отраслей экономики связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии (высокотехнологичные производства в ИКТ-индустрии, сельское хозяйство, производственная сфера). Современное сетевое хозяйство опирается на цифровизацию и автоматизации деятельности. По экспертным оценкам, около половины рыночных субъектов ТЭК применяют цифровые решения, инструменты ИИ. Однако становление инновационной энергетики происходит под влиянием внутренних вызовов, включающих высокую потребность в инвестициях в модернизацию и обеспечение надежности энергетической инфраструктуры, не отвечающий в полной мере современным требованиям уровень технического состояния объектов производства электроэнергии, необходимость ускорения внедрения сквозных технологий, включая ИИ-решения, дальнейшая цифровизация бизнес-моделей и др. Для повышения уровня энергоэффективности отраслей и качества обслуживания потребителей электроэнергии, включая агроформирования, внедряются пользовательские цифровые сервисы и платформы, построенные на принципе клиентоцентричности. С целью нивелирования влияния негативных факторов в электроэнергетике реализуются крупные инфраструктурные проекты. Ожидается, что цифровая трансформация отрасли позволит увеличить долю автоматизации бизнес-процессов до 80 %, совокупного уровня промышленной роботизации - до 70 %, использование цифровых двойников (ЦД) активов предприятий позволит нарастить долю инженерных изысканий, выполняемых ИИ, до 40 %, что приведет к росту качества и оперативности принятия решений. В целом совокупное применение всех проектов позволит в 1,5 - 2 раза повысить отраслевую производительность труда, приведет к сокращению уровня потерь в электросетях до 7,3 % [6-8]. Преодоление глобальных вызовов в сетевом хозяйстве опирается на совершенствование интеллектуальной системы оперативно-диспетчерского и оперативно-технологического управления, внедрение сквозных технологий в процессы производства, передачи и потребления электроэнергии: использование предиктивной аналитики и больших данных при мониторинге и самодиагностике первичного и вторичного оборудования подстанций, приборов учета электроэнергии; применение иммерсивных технологий при проведении технического обслуживания и ремонта оборудования, в работе диспетчеров и производственного персонала; роботизированные комплексы для проведения осмотров оборудования подстанций и линий электропередачи; интеллектуальный анализ данных и методы их визуального представления с применением решений ИИ; рекомендательные системы и экспертные системы; распознавание и синтез речи; технологии распреде-

ленного реестра для обеспечения безопасного информационного обмена и хранения данных; технологии ЦД и системы моделирования для строительства, эксплуатации и ремонта энергетических объектов; промышленный интернет вещей и межмашинные коммуникации, в том числе трекинговые устройства, датчики и сенсоры; квантовые технологии.

Машинное зрение выступает базовой технологией для электроэнергетики, так как в отрасли крайне высока цена ошибки. По оценкам отраслевых аналитиков, объем российского рынка машинного зрения в 2024 г. достиг 38 млрд рублей. Сокращение незапланированных простоев оборудования на основе использования машинного зрения достигает 30%, оптимизируются сроки плановых ремонтов за счет перехода от календарного обслуживания к обслуживанию по состоянию. ЦД как интегрированная модель производства, используется для оптимизации режимов работы энергосистемы, предупреждения аварий и обучения персонала, формируя единое цифровое пространство технологических данных (рисунок 3). Применение инструментов ИИ в энергетике способно до 20% сократить аварийность оборудования.

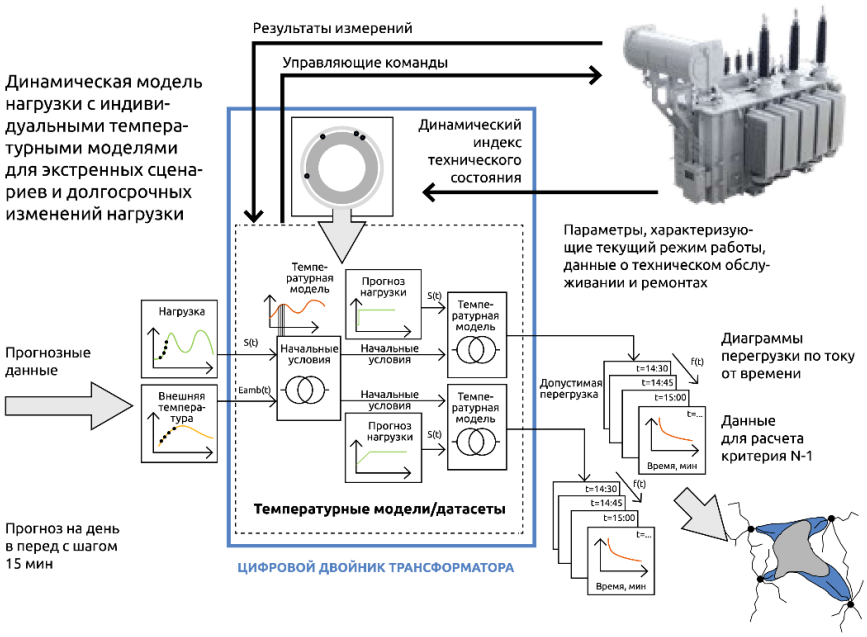

Рисунок 3 – Цифровой двойник трансформатора [1]

Применение инструментов ИИ в электроэнергетике охватывает широкий спектр задач: прогнозирование (методы машинного обучения, такие, как рекуррентные нейронные сети типа LSTM, градиентный бустинг и ансамблевые модели показывают высокую точность, одновременно учитывая метеорологические данные, время суток и др.), обнаружение и диагностика неисправностей на основе методов глубокого машинного обучения и анализа временных рядов данных телеметрии, показаний датчиков вибрации, температуры и других параметров (предиктивное техническое обслуживание), оптимизация режимов работы электросети (оптимальное распределение энергопотоков, минимизация потерь при передаче электроэнергии и др.), вопросы кибербезопасности сетевого хозяйства. По оценкам экспертов, в электроэнергетике РФ нейросети используются для прогнозирования нагрузки (25%), оценки динамической устойчивости (14%), контроля и идентификации (9%), диагностики аварий (18%), планирования (7%), оценки надежности (17%), предупреждения аварий (10%). Будущая цифровая энергетика благодаря инвестициям и цифровым инновациям станет устойчивой и эффективной энергосистемой, обеспечивающей рост энергоэффективности АПК и других отраслей России.

Выводы. Россия в мировой энергетической системе выполняет роль крупнейшего производителя, потребителя и поставщика энергетических ресурсов. Отмечается высокая энергоемкость отечественной продукции, негативно влияющая на ее конкурентоспособность, снижающая уровень энергетической и экологической безопасности, препятствующая наращиванию технологического лидерства. Исследование состояния энергосистемы Брянской области показало, что в потреблении ТЭР в регионе выделяются промышленность (47%), ЖКХ (39%), транспорт и сельское хозяйство (8%). Энергоемкость ВРП Брянской области превышает энергоемкость ВВП страны почти на 4%, электроемкость - почти на 8%. Выявлено, что одной из главных проблем энергопотребления агроформированиями выступает низкое качество поставляемой электроэнергии. Наибольшую зависимость от потребляемой электроэнергии испытывают тепличные комплексы. В структуре затрат на производство овощей защищённого грунта доля электроэнергии составляет более 30%. Показано, что внедрение в АПК энер-

гоэффективных технологий, умных приборов учёта и диспетчеризации выступают основой для роста инвестиционной привлекательности региона. Обосновано положение, что решение задачи повышения энергоэффективности аграрного сектора связано с созданием современной базы потребителей электроэнергии, развитием инновационной энергетики на основе сквозных технологий.

Список источников

1. Альманах ассоциации «Цифровая энергетика». [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2024/10/Альманах_web.pdf (дата обращения: 05.02.2026).

2. Стребков Д.С., Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоемкости сельхозпроизводства, их прогноз на период до 2030 года // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 4 (32). С. 4-12

3. Энергоэффективность в России в 2024 году: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://marketelectro.ru/energoeffektivnost-v-rossii-v-2024-godu-problemy-i--perspektivy (дата обращения: 05.02.2026).

4. Распоряжение Правительства Брянской области от 27.12.2024 № 438-рп "Об утверждении региональной программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Брянкой области" [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/ (дата обращения: 05.02.2026).

5. Филин Ю.И., Никитин А.М. Параметрическая оценка надёжности асинхронных электродвигателей по данным эксплуатационного мониторинга // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 76-79.

6. Погонышев В.А., Погонышева Д.А. Вопросы использования цифровых двойников в электроэнергетике // Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологий: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2025. С. 242-246.

7. Моравель В.И., Борисов В.А. Возможности использования цифровых двойников в задачах электроэнергетики // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 6. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98404 (дата обращения: 5.02.2026).

8. 25 лет под напряжением [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://expert.ru/promishlennost/gigavatty-budushchego/(дата обращения: 05.02.2026).

Информация об авторах:

В.А. Погонышев – доктор технических наук, профессор кафедры автоматики, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, pog@bgsha.com.

Д.А. Погонышева – доктор педагогических наук, кандидат экономических наук, профессор кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Ю.И. Филин – кандидат технических наук, доцен ткафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.A. Pogonyshev *– Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, pog@bgsha.com.*

D.A. Pogonysheva *– Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department of Informatics, Information Systems and Technologies, Bryansk State Agrarian University.*

Yu.I. Filin *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering and Electrical Technologies, 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 10.05.2026, одобрена после рецензирования 24.05.2026, принята к публикации 10.06.2026.

The article was submitted 10.05.2026, approved after reviewing 24.05.2026, accepted for publication 10.06.2026.

© Погонышев В.А., Филин Ю.И., Погонышева Д.А.

Научная статья
УДК 631.1:504.2:638.528

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОСТИ: СОСТОЯНИЕ, ПУТИ ИХ ДИНАМИЧНОГО СНИЖЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ

[1]Наталия Евгениевна Сакович, [2]Роман Владимирович Шкрабак,
[1]Евгений Николаевич Христофоров, [2] Владимир Степанович Шкрабак,
[2]Алексий Романович Шкрабак, [3]Наталья Афанасьевна Верезубова
[1]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
[2]ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ, Санкт-Петербург, Россия
[3]ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Россия

Аннотация. Содержанием статьи являются результаты анализа состояния экологических последствий чрезвычайных ситуаций в системах жизнедеятельности ряда структур Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД). Краткий обзор материалов по анализу ситуаций с проблемой необходимости улучшения подтверждаются ростом в последние десятилетия негативных экологических последствий для окружающей среды и качества жизни населения мира и страны. Учитывая взаимосвязь и взаимовлияние систем жизнедеятельности, актуальность обсуждаемой проблемы, в части экологичности её составляющих, очевидна. Объективность мировых событий и стремлений (рост народонаселения, его потребности в продовольствии, социальном, энергетическом и других видах обеспечения) способствуют стремлению сбалансировать возможности окружающей среды с необходимостью обеспечения потребностей населения. Постоянство баланса в стремлениях и возможностях в условиях расширяющихся потребностей их - гарантия удовлетворения природной средой существующих условий жизнедеятельности нормативными антропогенными деяниями в части сохранения её качества. Однако к настоящему времени по различным причинам и обстоятельствам в различных регионах мировой цивилизации не обеспечивается. Имеют место: низкий к.п.д. использования природных ресурсов, рост отходов производства, свалок их и бытовых отходов; не налажено в требуемом объёме переработка отходов, что лишает общество ряда ценностей, содержащихся в отходах, мусорных свалках. Состояние с экологической безопасностью в мире и стране вызывает озабоченность и требует интенсификации работ в части эффективной профилактики в части научного обоснования методов и средств противостояния экологическим опасностям. В качестве примера в статье приводится информация о скромных авторских инновационных решениях в обсуждаемом направлении.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, экологические последствия, состояние, пути улучшения ситуации в системах жизнедеятельности.

Для цитирования: Экологические последствия чрезвычайных ситуаций в системах жизнедеятельности современности: состояние, пути их динамичного снижения и ликвидации / Н.Е. Сакович, Р.В. Шкрабак, Е.Н. Христофоров и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 67-73.

Original article

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS IN MODERN LIFE SUPPORT SYSTEMS: CURRENT STATE, WAYS TO DYNAMICALLY REDUCE AND ELIMINATE THEM.

[1]Nataliya Ye. Sakovich, [2]Roman V. Shkrabak, [1]Yevgeny N. Khristoforov,
[2]Vladimir S. Shkrabak, [2]Aleksei R. Shkrabak,[3]Natal'ya A. Verezubova
[1]Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia
[2]Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia
[3]FSBEI HE MSAVM and B - MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

Abstract*. The article presents the results of an analysis of the environmental consequences of emergency situations in the life support systems of a number of structures classified under the All-Russian Classifier of Types of Economic Activity (OKVED). A brief review of the materials on the analysis of situations highlights the need for improvement, which is corroborated by the growing incidence of negative environmental impacts on the environment and the quality of life of the population worldwide and in the country over recent decades. Given the interconnection and mutual influence of life support systems, the relevance of the problem under discussion—particularly with regard to the environmental performance of its compo-*

nents—is evident. The objectivity of world events and aspirations (population growth, its needs for food, social, energy and other types of provision) contribute to the desire to balance the possibilities of the environment with the need to meet the needs of the population. The constant balance of aspirations and opportunities in the face of their expanding needs is a guarantee that the natural environment will meet the existing living conditions through normative anthropogenic acts in terms of preserving its quality. However, by now, for various reasons and circumstances, there is no provision for civilization in various regions of the world. There are: low efficiency in the use of natural resources, and an increase in production waste, landfills, and household waste.; Waste recycling has not been established to the required extent, which deprives society of a number of values contained in waste. garbage dumps. The state of environmental safety in the world and the country is of concern and requires the intensification of work on effective prevention in terms of scientific substantiation of methods and means of countering environmental hazards. As an example, the article provides information about modest author's innovative solutions in the area under discussion.

***Keywords**: emergency situations, environmental consequences, condition, ways to improve the situation in life support systems.*

***For citation.** Environmental Consequences of Emergency Situations in Modern Life Support Systems: Current State, Ways to Dynamically Reduce and Eliminate Them./ N.Ye. Sakovich, R.V. Shkrabak, Ye.N. Khristoforov et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 67-73.*

Введение. Как известно, для современного состояния жизнедеятельности мирового сообщества, включая нашу страну, является динамизм по совокупности мероприятий, необходимость в которых диктуется потребностью текущего и перспективного состояния экономики и условий жизни локальных регионов. Составляющая часть динамизма определяется текущим и перспективными многогранными потребностями с учётом мировых достижений. В этом направлении важнейшим вектор не только потребностей, но и возможностей природно-экологического и антропогенного характера с осознанием того, что все живущие размещаются на планете Земля имеют свои интересы, которые не должны входить в противоречие с канонами мирового обустройства с целью сохранения жизни и здоровья населения и окружающей среды локальных зон жизнедеятельности развивающегося мира. История цивилизации в интересах развития человечества подтверждает необходимость рационального использования и сохранения баланса между возможностью даров Земли, лесов, водоёмов, воздушного пространства и потребностями живущих (людей, животных, птичьего и растительного мир, водных пространств и др.). Практика последних десятилетий обеспечения названного выше требуемого баланса последних десятилетий подтверждает по результатам ряда антропогенных деяний приближение к границам (и даже нарушение их) возможных деградаций с отклонениями экологических показателей от допустимых пределов. Последствия таких обстоятельств весьма значимы для живущих в связи с изменениями климата, чистоты и экологичности земных, растительных, водных и воздушных пространств [1].

Необходимость использования природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей населения очевидна и связана с немалыми трудностями по освоению этих возможностей в определённых пределах с минимальными отходами для исключения вреда окружающей среде. Результаты жизнедеятельности свидетельствуют о существенных отклонениях действительности от допустимых пределов. Справедливости ради отметим, что побудителями таких отклонений являются не только антропогенного деяния [2], но и происходящих на Земле независимо от человека (а порой и зависимого от него) события природного характера (вулканы, землетрясения, загрязнения воздушного пространства из их извержений, стихийные бедствия, природные пожары,, наводнения и др. [3] Последствия их известны в мире и стране по экологическим и материальным последствиям. Кроме того, не рациональными антропогенными действиями дополняются отрицательные для планеты и всего её богатства (человек, растительный, животный воздушный и водный мир) последствиями экологического и другого характера.

Целью исследований является анализ состояния экологических последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в системах жизнедеятельности современности и путей их динамичного снижения и ликвидации.

Материалы и методы. В качестве материалов исследований использованы сведения по известным чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера и их экологических последствий в стране и мире, причины и обстоятельства тому, а также необходимости улучшения ситуации в части сокращения последствий. При анализе использованы статистические методы, методы математического анализа и методы математической логики по обоснованию инновационных путей решения экологических проблем.

Результаты и обсуждения. Анализ обсуждаемой проблемы подтверждает её особую значи-

мость и необходимость принятия экстренных мер по нормализации ситуации [4,5]. В этом направлении в стране реализуются важнейшие мероприятия в направлении обеспечения экологической безопасности интегрированным комплексом мер во всех структурах жизнедеятельности ОКВЭД [6.7]. Учитывая сложность проблемы, отметим два важнейших обстоятельства, способствующие появлению и расширению экологических проблем в стране и мире. В числе их значимы природные явления, именуемые часто как чрезвычайные ситуации, зарождающиеся под влиянием опасных изменений естественного состояния окружающей среды, образуя проблемы экологического характера. Речь идёт о стихийных бедствиях, включая извержения вулканов, пожары, наводнения, пыльные бури и другие события в биосфере земли. Учитывая взаимосвязь природных процессов, отметим, что при её нарушении одним или несколькими составляющими появляется цепочка непредвиденных обстоятельств, приводящих в конечном итоге к ухудшению. условий жизнедеятельности, сопровождаемых гибелью людей, уничтожением материальных ценностей и генерации экологических проблем, способствующих осложнениям в окружающей среде по гамме разнообразных параметров, создающих или осложняющих ситуации несовместимости событий не в пользу жителей планеты. Примерами тому являются названные выше ситуации с последствиями извержения вулканов, уничтожающих всё живое в их окрестности, способствующих разрушениям, появлению пожаров, повышению локальных температур и их последствий. Термические лавы вулканических выбросов уничтожают растительность, животных и птиц, обезжизнивая плодородный слой почвы. Границы даже частичных возможных восстановлений требуют больших затрат и сроков реализации, исчисляемых десятилетиями (включая плодородные земли). Кроме изложенного, как правило, имеют место дислокационные составляющие проблемы, связанные с изменением места жизнедеятельности части населения, что связано с жилищными условиями, территориями производства и самими производственными объектами. Изложенным и другими обстоятельствами нарушается сложившийся ритм жизнедеятельности на территориях с продовольственным, бытовым, транспортным, социальным и др. обеспечением.

В дополнение к природным источникам чрезвычайных ситуаций живущим на планете добавляются чрезвычайные ситуации антропогенного характера. В числе их значимыми являются рост численности населения земли (к проживающим ныне 8,1 млрд. человек ожидаемый рост численности населения к 2050 году составит около 1,8-2 млрд. человек). Эта численность должна быть обеспечена продовольствием, питьевой водой, соответствующим бытом, производством и, следовательно, осложнениями в части загрязнения окружающей чреды в связи с ростом. потребления природных ресурсов, а значит и отходов от них. Итогом является истощение природных ресурсов (подземных, земных, водных, воздушных). Дальнейшее развитие жизнедеятельности необходимо, однако оно должно обосновываться на более высоком к.п.д. использования природных ресурсов и антропогенных позитивных достижениях человечества. Вполне очевидна необходимость расстаться с практикой накопления отходов производства в надежде их использования последующими поколениями., для которых из природных ресурсов останется минимум (если останется). Последствия ограниченности природных ресурсов и их нерационального использования ощущается уже нынешним поколением. (изменение климата, таяние льдов, проблемы с растениеводством и связанных с ним источников кормления животных и др.).

Изложенное - это реалии прошлого, настоящего и будущего. В качестве примера напомним о практическом исчезновении в средине - конце прошлого века в Средне Азии озера Арал (площадь его с 1960 г. сократилась с 67500 км^2 до 6000 км^2). Специалисты считают, что это результат антропогенной недоработки в части не решения проблемы защиты от обмеления при направлении вод рек Сырдарьи и Амударьи на орошение рисовых и хлопковых полей [8]. Итогом изложенного является изменение климата, а также исчезновение целых видов растений из-за гибели лесов, животных, запыление донны песком воздушного пространства и снижение плодородия части прилежащих земель. В результате изменения климата осложняется обстановка в южных районах страны и Калмыкии в части опустынивания (результат нарушения или отсутствия севооборотов).

Отметим и неблагоприятные исходы антропогенного характера, связанные с разливами нефти (к примеру в 1994 г. в районе города Минусинска); причина - разрыв подземной трубы из-за большого износа и попадание нефти в реки Колва, Уса и Печора. Результат - в реках и их берегах погибли животные и растения, отравлены лесные озёра и и болота. Работы по ликвидации последствий аварии завершены только в 2010 году. Череда экологических катастроф не оставила и текущий век. Так вблизи города Сибаем в шахтах добываются цветные металлы. В 2018 г. город покрылся ядовитым дымом из глубин карьера в результате окисления залежей породы руды и её тления. Карьер затопили, однако с очисткой воздушного пространства долгое время были проблемы. В том же году в реках Якутии вода изменила цвет на кофейный. В результате прорыва четырёх технических дамб предприятия АЛРОСА. В итоге имело место превышение концентрации вредных веществ в воде в десятки

раз; водозабор из рек был запрещён (цены на питьевую воду в магазинах существенно возросли). Дамбу привели в порядок, но водная фауна, рыба в реке пострадали, по берегам рек отравлены растения и почва. В 2019 году имели место многочисленные разливы нефти в Ханты-Мантийском Автономном Округе (ХМАО)-Югре: в результате загрязнено около 2,7 тыс. гектар земли. В результате разлива нефтепродуктов в реке Сайма в Сургуте площадь загрязнений составила 2000 м^2, нефтепродукты через ливневую канализацию попали в реку. В 2019 году в результате прорыва дамбы на реке Сейба в Красноярском крае погибло 17 человек; ущерб составил 363,8 млн. рублей. В результате катастрофы в Норильске (2020 г.) из-за разрушения резервуара вытекло 21000 м^3 нефтепродуктов; значительная часть из них попала в ручей и реку Амбарная. В итоге загрязнена площадь 180000 м ^{2}. Около 6000 т. топлива попали в грунт, 15000 т - в реки Амбарная и Далдыкан, впадающая в озеро Пясино, а затем в Карское море. Ущерб составляет около 100 млрд. рублей. Работы по восстановлению займут около 10 лет.

Кроме изложенного в копилке неприятностей - лесные пожары в Сибири в 2014 году (Иркутская область, Бурятия, Забайкальский и Красноярский края, Саха Якутия), где лесные пожары распространились на пять млн. гектар (самые масштабные за последнее 20-летие того времени: площадь поражения составила около процента лесного фонда страны). На восстановление понадобится от 60 до 100 лет. В итоге - сумма ущерба около 15 млрд. рублей. Авторы считают излишним напоминать о крупной экологической катастрофе в стране-разливе нефти в Керченском проливе, чему достаточно уделено внимания в средствах массовой информации с указанием ущерба 85 млрд. рублей.

Динамичному снижению экологических последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера способствует выявление рисков их для окружающей среды и здоровья человека и путей своевременного оперативного устранения. Традиционными путями достижения желаемых результатов являются: анализ обстановки и выявление экологических угроз возникновения чрезвычайных ситуаций с негативными экологическими последствиями; обоснование и разработка сценария развития последствий чрезвычайных ситуаций с учётом локальных условий местности и дислокации источников возможных чрезвычайных ситуаций, а также мер снижения риска с негативными экологическими последствиями; превентивное обоснование инновационных решений в части методов и средств защиты людей и территорий при возможных сценариях ситуации с негативными экологическими последствиями; освоение населением правил поведения, способов защиты и действий в озвученных условиях. Современность требует необходимости обеспечения профилактики терроризма для окружающей среды при добыче и эксплуатации природных ресурсов путём предотвращения умышленных пожаров, ввоза и распространения с террористическими целями различных видов живых организмов, разработка и реализация мер по снижению риска чрезвычайных ситуаций.

Важен контроль за использованием и распространением чужеродных видов и генетически изменённых организмов: реализация этих мероприятий обеспечивается эффективной работой карантинных служб по выявлению генетически изменённых организмов, вредителей, возбудителей, переносчиков заболеваний, разрабатывать и реализовывать соответствующие меры профилактики. Кроме того необходимы: постоянный мониторинг и анализ качества окружающей среды с соответствующими выводами по совершенствованию мер профилактики экологических осложнений, обнаруженных измерительными приборами; ликвидация стихийных свалок и мусорных полигонов, переработка мусора, регулирование и совершенствование экологического законодательства, восстановление повреждённых природных объектов, рекультивация земель, высадка деревьев, посевы трав.

Учитывая изложенное и частично справедливые упрёки в части недостаточного уровня экологической безопасности продовольственного сектора экономики страны и его базовой части - сельскохозяйственного производства, отметим, что основания к таким упрёкам имеются. Но сравнивая изложенное выше в части уровня экологической безопасности приведенных выше сфер деятельности и особенно в части чрезвычайных ситуаций, можно отметить существенные преимущества аграрного сектора экономики в сравнении с названными и неназванными видами деятельности. Это не значит, что положение дел с экологией безопасности не надо улучшать. Практика показывает, что надо и особенно при производстве животноводческой, птицеводческой, растениеводческой и плодоовощеводческой продукции. Важность направления деятельности аграрного сектора такова, что его результатами (продовольствием) пользуется каждый житель планеты минимум три раза в день. Поэтому важно, чтобы количества продовольствия было достаточно и качество было высокое. Этим направлениям применительно к отрасли уделено внимание в работах [8-14]. Необходимость уделять внимание обсуждаемой проблеме применительно к отрасли АПК в связи с интенсификацией процессов производства в целях повышения урожайности и качества продовольствия., а в целом - дальнейшей эффективности этого важнейшего сектора экономики, решающим образом влияющим на жизнедеятель-

ность мирового сообщества и всех его структур, очевидна. Как известно, аграрная отрасль страны успешно с этим справляется, добившись в последнее пятилетие значимых результатов.

Бесспорная роль отрасли и в том, что страна в целом в настоящее время признана мировым сообществом по результатам экономического развития четвёртой экономикой мира и ориентирована на дальнейшее расширение и углубление возможностей повышения эффективности отрасли, включая экологическую безопасность. Напомним, что речь идёт о названных выше направлениях производства, связанных с производством зерновых, зернобобовых, бахчевых, плодоовощных и других культур, мясо-молочных, яйценосных и других направлений продовольственного обеспечения. Известно, что интенсификационные процессы обеспечиваются научно - практическими достижениями по всей номенклатуре жизнедеятельности с высоким уровнем кадрового обеспечения, электромеханизации, автоматизации и роботизации технологических процессов. Этому предшествует напряженный труд ряда коллективов в поиске и обеспечении инновационных решений в областях генетики, селекции, биотехнологий, методов и средств их реализации с соблюдением требований техносферной безопасности в соответствии с канонами конституции страны. Этот сложнейший процесс достигается мировыми и отечественными сообществами не мгновенно. Использование достижений в практике позволяет улучшать и обогащать новации на основе поэтапного развития науки и практики и совершенствования кадрового потенциала по всем направлениям жизнедеятельности.

Авторами в целях улучшения экологической ситуации в АПК предложено несколько инновационных решений.

Так в целях снижения токсичности выбрасываемых в окружающую среду тепловыми двигателями автомобилей, тракторов и других мобильных и стационарных средств отработавших газов предложен «Глушитель, снабжённый средством очистки»- (патент №2159338 РФ [15].

Кадровому обеспечению обсуждаемой проблемы способствует «Способ определения профессиональной пригодности операторов технических средств производства» (патент №2275856 РФ [16].

Для исключения возможности отравления операторов при ремонте и техническом обслуживании систем канализации предложен «Способ и устройство для очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов» (патент; № 2563375 РФ [17].

В целях исключения влияния экологических опасностей на работающих в зонах их воздействия предложен «Способ оценки продолжительности необходимого отдыха» (патент № 2241614 РФ). [18].

Работоспособность и эффективность предложенных решений подтверждена лабораторными и производственными испытаниями.

Заключение. Изложенные в статье результаты исследований дают основание утверждать о росте в системах жизнедеятельности страны экологических последствий от чрезвычайных ситуаций. Последствия в различных ситуациях ОКВЭД отличаются своими особенностями по выделяемым вредностям в окружающую среду и для населения территорий (наводнения, пожары, разливы нефти и её продукции, снижение плодородия почвы, ухудшение качества воздушной среды и водных пространств, сокращение лесных массивов, растительного и животного мира, недостаточная эффективность работ по сокращению переработки отходов производств и быта и др.). Проблема относится к числу мировых, поскольку значимо влияет на климат планеты. В структуре чрезвычайных ситуаций и их экологических последствий важны практически все направления работ Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД), несмотря на уровень значимости; этому способствует взаимосвязь и взаимовлияние структур жизнедеятельности современности. Последняя характеризуется отличительной особенностью, состоящей в том, что в дополнение к источникам экологической опасности стабильно работающих структур современной жизнедеятельности (отходы производства, быта в связи с ростом населения мира и его потребностей в пище, воде, одежде, обуви и др.) добавляются практически стабильно чрезвычайные ситуации с усилением отрицательных последствий экологического характера. Складывающаяся обстановка в части её улучшения нуждается в объединении усилий мировой науки и практики для выработки согласованных положений для действенной профилактики чрезвычайных ситуаций. Представляется, что они должны базироваться на инновационных решениях применительно к проблемам экологической безопасности. Авторский анализ ситуации даёт основания утверждать о наличии неиспользуемых резервов профилактического характера для существенного улучшения ситуации в соответствии с требованиями современности, изложенных в нормативно-правовых актах нашей страны и постоянного внимания проблеме её руководства. Приведенные в качестве примера авторские новации подтверждают сказанное в части улучшения экологической ситуации.

Список источников

1. Потепление климата Земли: проблемы, последствия и и влияние на экологическую безопасность / О.В. Абашева, Н.П. Баринова, Ю.Г. Герцик и др. М., 2024. 260 с.

2. Экология и охрана труда-проблемы автомобильного транспорта в больших городах и пригородах / П.С. Орлов, В.А. Дмитренко, Р.В. Шкрабак и др. // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 83-87.

3. Климина А. EGS ЧС экологического характера: что это такое; способы защиты. 14. 11. 2024. С. 1-9.

4. Экологические последствия природных техногенных чрезвычайных ситуаций / О.Г. Зейнетдинова, И.Ю. Шарабанова, Д Н. Костылев, Б.С. Морозкин / ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия государственной противопожарной службы. МСЧС России. Иваново, 2017. 112 с.

5. Шкрабак В.С. Источники экологической опасности структур АПК: пути динамичного снижения и ликвидации // Аграрный научный журнал. 2025. № 4. С. 135-141.

6. О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период ло 2025 года: указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 176 г.»

7. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 8. 09.2022 г.

8. Повышение экологической устойчивости животноводческих объектов / Р.В. Шкрабак, Е.И. Гаврикова, П.И. Косарев и др. // Безопасность жизнедеятельности. 2023. № 9 (273). С. 39-45.

9. Астахов В.М., Рандов А.К. К вопросу обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственной отрасли // Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения. 2023. № 1 (22). С. 192-199.

10. Калафатов Э.А. Устойчивые сельскохозяйственные и экологические системы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 5-2 (92). С. 175-177.

11. Климентова Э.А., Дубовицкий А.А. Экологические аспекты формирования продовольственной безопасности // Экономические и социальные проблемы России. 2023. № 1 (53). С. 148-165.

12. Климат, экология, сельское хозяйство Евразии // Материалы X111 международной научно-практической конференции, посвящённой 90-летию ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ижевского». п. Молодёжный, 2024. 638 с.

13. Матусова Д.Д. Пути снижения негативного воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду // Научный аспект. 2024. Т. 29, № 2. С. 3705-3711.

14. Путивская Т.Б., Подсеваткина Е.А. Эколого—экономическая устойчивость сельского хозяйства как стратегическая цель национальной безопасности // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 9. С. 31-41.

15. Глушитель, снабжённый средством очистки: пат. 2159338 Рос. Федерация: МПК 7, F 01 N 3/08 / Шкрабак В.С., Шкрабак Р.В., Митрофанов П.Г. и др. № 99107990/06; заявл. 13.04.1999; опубл. 20.11.2000. Бюл. № 32.

16. Способ определения профессиональной пригодности операторов технических средств производства: пат. 2275856 Рос. Федерация: МПК A 61 B 5/16, G 09 B 9/00 / Шкрабак В.С., Григорьева М.В., Шкрабак Р.В. и др.; № 2004125840/14; заявл. 24.08. 2004; опубл. 10.05. 2006. Бюл. № 13.

17. Способ и устройство для очистки канализационных колодцев и жижесборников от вредных газов: пат. 2563375 Рос. Федерация: МПК E 03 F 5/08 / Шкрабак Р.В., Шкрабак В.В., Бочков Ю.П. и др.; № 2014125645/13; заявл. 24.06. 2014; опубл.20.09.2015. Бюл. № 36.

18. Способ оценки продолжительности необходимого отдыха: пат. 2241614 Рос. Федерация: МПК A 61B 5/00 / Улитовский Б.А., Шкрабак Р.В., Шкрабак В.В. и др.; № 2002120228/14; заявл. 28.07 2002; опубл. 10.11.2004. Бюл. № 31.

Информация об авторах:

Н.Е. Сакович - д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии Брянского государственного аграрного университета. Россия.

Р.В. Шкрабак - канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Безопасность технологических процессов и производств» Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Россия

Е.Н. Христофоров - д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерной экологии» Брянского государственного аграрного университета. Россия.

В.С. Шкрабак - д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность технологических процессов и производств» Санкт–Петербургского государственного аграрного университета.». Россия.

А.Р. Шкрабак – студент Санкт–Петербургского государственного аграрного университета. Россия.

Н.А. Верезубова - доцент кафедры экономики и цифровых технологий в АПК, ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина.

Information about the authors:

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

R.V. Shkrabak - *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Safety of Technological Processes and Productions" of St. Petersburg State Agrarian University. Russia*

Ye.N. Khristoforov - *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Environmental Engineering at Bryansk State Agrarian University. Russia.*

V.S. Shkrabak - *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Safety of Technological Processes and Productions at St. Petersburg State Agrarian University. Russia.*

A.R. Shkrabak *-Student at St. Petersburg State Agrarian University Russia.*

N.A. Verezubova *- Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Eco-nomics and Digital Technologies in the Agro-Industrial Complex of the Federal State Educational In-stitution of Higher Education MSAVM and B-MVA named after K.I. Skryabin..*

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

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

Статья поступила в редакцию 16.06.2026, одобрена после рецензирования 28.06.2026, принята к публикации 23.07.2026.

The article was submitted 16.06.2026, approved after reviewing 28.06.2026; accepted for publication 23.07.2026.

© Сакович Н.Е., Шкрабак Р.В., Христофоров Е.Н., Шкрабак В.С., Шкрабак А.Р., Верезубова Н.А.

Научная статья
УДК 544.6.018:628.164

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

[1]**Степан Иванович Козлов**, [1]**Константин Леонидович Пузевич**,
[2]**Василий Михайлович Кузюр**, [2]**Сергей Иванович Будко**
[1]УО Белорусская сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь
[2]ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В сельском хозяйстве возрастающий интерес представляют технологии, обеспечивающие повышение эффективности использования воды и рабочих растворов при одновременном снижении экологической нагрузки. Одним из таких направлений является магнитная обработка воды, способная изменять её физико-химические свойства без применения химических реагентов. Целью настоящей работы является анализ существующих технических средств магнитной обработки воды, выявление их конструктивных и эксплуатационных недостатков, а также разработка адаптивной технологической ёмкости, обеспечивающей стабильность процесса омагничивания при изменении расхода жидкости. В работе использован экспериментально-теоретический метод исследования. Экспериментальная часть включала сравнительную оценку воздействия различных типов постоянных магнитов на электропроводность воды. Установлено, что неодимовые магниты обеспечивают более выраженное и стабильное изменение удельной электрической проводимости по сравнению с магнитами других типов. Использовать омагниченную воду можно не только в растениеводстве для полива растений, что влияет не только на показатели их роста, но и в животноводстве для поения скота, что благоприятно скажется на состоянии здоровья животных и их продуктивности. На основе проведённого анализа предложена конструкция технологической ёмкости для магнитной обработки воды, в которой реализован адаптивный принцип регулирования интенсивности магнитного воздействия в зависимости от расхода жидкости. Разработанное устройство может быть использовано при приготовлении рабочих растворов пестицидов, жидких минеральных удобрений и в системах орошения сельскохозяйственных культур. Данное направление исследований представляет значительный практический интерес для сельского хозяйства, как одного из потенциальных элементов ресурсосберегающих агротехнологий.

Ключевые слова: магниты, омагничивание воды, резервуар, электропроводность, магнитные технологии.

Для цитирования: Разработка конструкции адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки воды / С.И. Козлов, К.Л. Пузевич, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 74-79.

Original article

DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE TECHNOLOGICAL CAPACITY FOR MAGNETIC WATER TREATMENT

[1]Stepan I. Kozlov, [1]Konstantin L. Puzevich, [2]Vasiliy M. Kuzyur, [2]Sergei I. Budko
[1]Belarusian Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus
[2]Bryansk State Agricultural University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. *In agriculture, there is growing interest in technologies that enhance the efficiency of water and solution usage while simultaneously reducing environmental impact. One such approach is magnetic water treatment, which can modify the water's physical and chemical properties without adding chemical agents. The aim of this work is to analyze existing technical means for magnetic water treatment, identify their design and operational drawbacks, and develop an adaptive technological capacity that ensures the stability of the magnetization process under varying fluid flow rates. This study utilized an experimental and theoretical research method. The experimental portion included a comparative assessment of the effects of various types of permanent magnets on water conductivity. It was found that neodymium magnets provide a more pronounced and stable change in specific electrical conductivity compared to magnets of other types. The magnetized water can be used not only in crop production for irrigation, which affects not only their growth, but also in livestock farming for watering livestock, which has a beneficial effect on animal health and productivity. Based on the analysis, a design for a process tank for magnetic water treatment was proposed, which implements an adaptive principle for regulating the intensity of magnetic action depending on the flow rate of the liquid. The developed device can be used in the preparation of working solutions of pesti-*

cides, liquid mineral fertilizers, and in irrigation systems for agricultural crops. This line of research is of significant practical interest for agriculture, as one of the potential elements of resource-saving agricultural technologies.

Keywords: *magnets, water magnetization, reservoir, electrical conductivity, magnetic technologies.*

For citation. *Development of an adaptive technological capacity for magnetic water treatment / S.I. Kozlov, K.L. Puzevich, V.M. Kuzyur et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 74-79.*

Введение. Постановка задачи. Магнитная обработка воды рассматривается как перспективный физический метод воздействия, способный изменять её физико-химические характеристики, включая электропроводность, жёсткость и склонность к солеотложению. Результаты экспериментальных исследований, представленные в работах [1–4], показывают, что воздействие магнитного поля может приводить, в частности, к снижению жёсткости воды на 5–15 %, изменению удельной электрической проводимости на 3–10 % и уменьшению интенсивности образования солевых отложений в трубопроводах.

В сельскохозяйственной практике магнитная обработка воды применяется преимущественно при подготовке рабочих растворов пестицидов, жидких минеральных удобрений, а также в системах орошения. При этом в настоящее время используются, главным образом, устройства с фиксированным режимом магнитного воздействия, не учитывающим изменение расхода жидкости и гидродинамических параметров потока.

Анализ существующих конструкций показывает, что большинство из них характеризуются следующими недостатками:

– постоянство режима омагничивания независимо от расхода жидкости;

– ограниченные возможности регулирования интенсивности магнитного воздействия;

– конструктивная сложность и повышенные эксплуатационные затраты;

– недостаточная эффективность использования магнитного поля при изменении условий работы.

Целью настоящей работы является анализ существующих устройств магнитной обработки воды и разработка адаптивной технологической ёмкости, обеспечивающей автоматическую коррекцию интенсивности магнитного воздействия в зависимости от расхода обрабатываемой жидкости.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

– анализ конструкций и принципов работы существующих устройств магнитной обработки воды;

– экспериментальная оценка влияния различных типов постоянных магнитов на электропроводность воды;

– разработка конструкции адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки жидкости.

Методика эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились с целью оценки влияния магнитной обработки на электропроводность воды как одного из индикаторов изменения её физико-химических свойств.

Измерение удельной электрической проводимости воды осуществлялось с использованием кондуктометра МАРК-603 (ТУ 4215-026-39232169-2005), позволяющего определять удельную электрическую проводимость, массовую концентрацию NaCl и температуру воды (рис. 1).

Рисунок 1 - Оборудование при измерении параметров омагничивания воды с использованием кондуктометра МАРК-603

В рамках эксперимента проводилось сравнение двух типов постоянных магнитов:

– ферритового магнита;

– неодимового магнита.

Сравнение осуществлялось по критерию изменения удельной электрической проводимости воды до и после магнитной обработки при одинаковых условиях эксперимента (объём воды, температура, время воздействия).

Результаты измерений носили сравнительный характер и использовались для обоснования выбора типа магнита при разработке конструкции технологической ёмкости.

Рассматриваемое смесительное устройство относится к области сельскохозяйственного машиностроения, обеспечивает смешивание рабочих растворов пестицидов и жидких минеральных удобрений до однородного состояния. Применяется в ёмкостях опрыскивателей и заправочных станций. В отличие от известных технических решений [5], в предлагаемой конструкции реализован гидродинамический принцип перемешивания. Устройство включает в себя соосно расположенные элементы: стационарный гидравлический жиклер, установленный внутри резервуара, и противостоящую ему вращающуюся лопастную крыльчатку. В каждую лопасть крыльчатки встроены кольцевые постоянные магниты со сквозным осевым отверстием, полярность которых чередуется от лопасти к лопасти.

В отличие от известных аналогов (рис. 2), в представленной конструкции мешалка опрыскивателя выполнена в виде гидравлического жиклера, установленного внутри резервуара, и соосно расположенного напротив него вращающегося лопастного крыльчатки. При этом в лопастях крыльчатки размещены кольцевые постоянные магниты со сквозными осевыми отверстиями, установленные на смежных лопастях со встречной ориентацией полюсов.

Механизм перемешивания (мешалка) расположен внутри резервуара 1 (рис. 2) опрыскивателя, который состоит из заливной 2 и заборной 3 горловины.

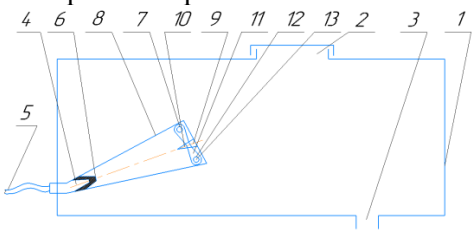

Рисунок 2 - Схема установки мешалки в резервуаре опрыскивателя: 1 – резервуар опрыскивателя; 2 – заливная горловина; 3 – заборная горловина; 4 – гидравлический жиклер; 5 – рукав; 6 –выходное сопло жиклера; 7 – лопастная крыльчатка; 8 – прутковый каркас; 9 – обойма с осью

В нижней части передней торцевой стенки резервуара опрыскивателя 1 установлен гидравлический жиклер 4. Рабочая жидкость подается к нему под давлением, создаваемым насосом, по напорной магистрали через рукав 5. Сопло 6 этого жиклера направлено по диагонали относительно продольной оси резервуара, непосредственно в зоне воздействия создаваемой реактивной струи находится лопастная крыльчатка 7, которая закреплена на корпусе гидравлического жиклера 4 с помощью пруткового каркаса 8. Разработанная лопастная крыльчатка 7 включает обойму с осью 9, на этой оси шарнирно закреплена подвижная цилиндрическая часть 10, с лопастями 11.

Лопасти 11 пропеллерного типа оснащены встроенными кольцевыми постоянными магнитами 12 со сквозными отверстиями 13. При этом магниты на соседних лопастях установлены с чередованием полярности их полюсов (N - северный и S - южный).

Постоянное перемешивание рабочей жидкости внутри резервуара 1 предотвращает ее расслоение и поддерживает однородное состояние. Рабочая жидкость подается под давлением от системы нагнетания опрыскивателя через рукав 5. Образующаяся струя направляется по диагонали резервуара 1 и на пути встречается с лопастным крылачом 7, который получает вращательное движение за счет пропеллерной формы лопастей 11. Вращательной движение лопастного крылача 7 обеспечивается за счет шарнирной установки на оси обоймы 9. При этом часть жидкости распределяется по емкости резервуара 1 и активно перемешивается, а часть проходит через сквозные отверстия 13. За счет чередования полярности полюсов при вращении лопастного крылача 7 усиливается эффект магнитного воздействия на попадающую в зону воздействия рабочую жидкость. При этом за счет постоянного пересечения потока жидкости через силовые линии магнитных полей от кольцевых постоянных магнитов 12 обеспечивается омагничивание рабочей жидкости с достижением требуемого эффекта повышения ее биологической активности.

Внесение рабочих растворов пестицидов и жидких минеральных удобрений гомогенного состава со свойствами структурных изменений в результате активного омагничивания позволяет снизить дозировки активного вещества пестицидов и удобрений с достижением требуемого агротехнического эффекта. Создаются условия для повышения экологической безопасности получаемой сельскохозяйственной продукции.

Предлагаемое устройство относится к классу оборудования для магнитной обработки (омагничивания) водных растворов сельскохозяйственного назначения с целью повышения их биологической активности.

В существующих конструкциях для магнитной обработки веществ используется минимум два постоянных магнита [6,7] однако данные решения не обеспечивают эффективного применения разнополярных магнитных воздействий, а наличие гофрированных элементов повышают технологическую сложность изготовления и эксплуатационные затраты.

С целью устранения выявленных недостатков разработано устройство для магнитной обработки жидкости, схема которого представлена на рисунке 3.

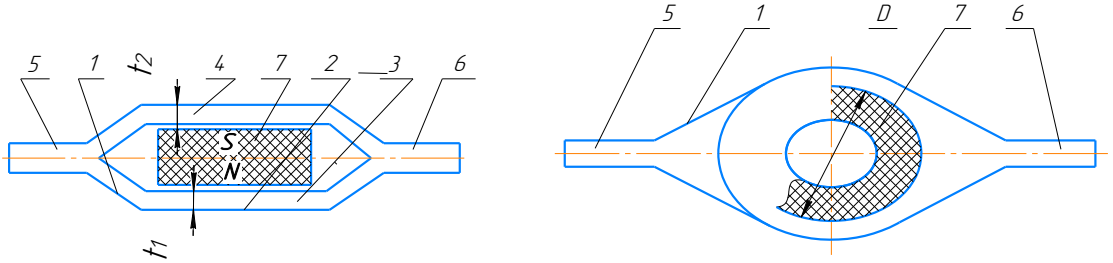

Рисунок 3 - Устройство для магнитной обработки жидкости: 1 – корпус; 2 – центральная часть корпуса; 3 и 4 – цилиндрические полости; 5 – входной штуцер; 6 – выходной штуцер; 7 – постоянный кольцевой магнит

Ключевой конструктивной особенностью устройства является камера магнитной обработки, выполненная в виде двух соосных цилиндрических полостей различной ширины ($t_1 > t_2$), между которыми размещён кольцевой постоянный магнит. Различие ширины полостей обеспечивает неодинаковую скорость потока и различное время воздействия магнитного поля на обрабатываемую жидкость.

Ось кольцевого магнита ориентирована вдоль направления движения жидкости. Установка магнита возможна в двух вариантах:

– северным полюсом (N) в сторону полости большей ширины;

– северным полюсом (N) в сторону полости меньшей ширины.

Выбор варианта установки магнита осуществляется в зависимости от требуемой интенсивности магнитного воздействия и режима обработки жидкости.

В отличие от существующих конструкций, в которых используется несколько магнитов без возможности гибкой регулировки, в предлагаемом устройстве достигается дифференцированная обработка потоков за счёт геометрии камеры и ориентации магнитного поля.

Устройство для магнитной обработки жидкости содержит корпус 1, изготовленный из немагнитного химически стойкого материала (например, полимера) методом литья или аддитивными технологиями (3D-печать). Корпус 1 содержит центральную секцию 2, которая образована двумя соосными цилиндрическими полостями 3 и 4, различной ширины ($t_1 > t_2$). Указанные полости формируют камеру магнитной обработки с общим внешним диаметром D. Корпус 1 также оснащен входным 5 и выходным 6 штуцерами для подключения напорного и отводящего рукавов, обеспечивающих циркуляцию обрабатываемой жидкости. В зоне соединения цилиндрических полостей 3 и 4 размещен кольцевой постоянный магнит 7. Ось магнита совпадает с вектором потока жидкости от входного штуцера 5 к выходному штуцеру 6. Крепление магнита в рабочем положении обеспечивается эластичной кольцевой манжетой или стяжной лентой (на рисунке не показана). Северный полюс магнита (N) ориентирован по направлению полости 3 большей ширины t_1, а противоположный, южный полюс (S) – по направлению полости 4 меньшей ширины t_2.

Устройство работает по принципу магнитной обработки жидкости. Рабочая жидкость подается через входной штуцер 5 последовательно в коаксиальные цилиндрические полости 3 и 4. Основная часть потока следует через полость 3. Установленный в зоне стыка полостей кольцевой постоянный магнит 7 генерирует магнитное поле, которое воздействует на молекулярную (физическую) структуру жидкости, протекающей через обе полости. В частности, в полости 3, находящейся в зоне действия северного полюса (N), происходит изменение физико-химических свойств жидкости, характерное для магнитной обработки в поле положительной полярности. Одновременно поток жидкости, поступающий в цилиндрическую полость 4, подвергается воздействию южного полюса (S) магнита 7, что придает обрабатываемой среде иной комплекс характеристик. В дальнейшем два дифференцированно обработанных потока объединяются, после чего готовая рабочая среда отводится через выходной штуцер 6 для последующего применения в агротехнологических операциях, таких как полив, внекорневая подкормка или обработка посевов.

Возможным является вариант работы устройства, когда постоянный кольцевой магнит 7 установлен полюсом N в сторону цилиндрической полости 4 и данному виду омагничивания подвергается меньший объем жидкости, а полюс S воздействует на более значительный объем жидкости в ци-

линдрической полости 3. Выбор варианта установки постоянного кольцевого магнита 7 осуществляется перед началом работы в зависимости от цели обработки и вида жидкости.

Применение предварительной магнитной обработки рабочей жидкости способствует увеличению её биологической активности. Обработанная подобным образом среда оказывает стимулирующее воздействие на рост растений, а также проявляет синергетический эффект, повышая эффективность усвоения минеральных удобрений. Предлагаемое устройство предназначено для интеграции в системы капельного орошения защищенного грунта. Может быть установлено в разрыв трубопровода, обеспечивающего подачу воды или рабочих растворов для полива.

Результаты эксперимента. Анализ эксперимента. В разработанной емкости для омагничивания жидкости (рис. 4) имеется резервуар 1 с горловинами 2 и 3. В отверстии 4 размещена лопастная крыльчатка 5, которая установленная на шарнирной оси 6, прикрепленной опорами 7 к корпусу нижней выпускной горловины 3. На верхней части шарнирной оси 6 закреплено телескопическое устройство с трубой 8 и подвижными кронштейнами 9 и 10, связанными между собой пружиной 11. Пружина 11 находится внутри трубы 8 и в средней части фиксатором 12 скреплена с ней. На свободных концах кронштейнов 9 и 10 установлены постоянные кольцевые магниты 13 и 14. При изготовлении устройства используются некорродируемые или пластиковые материалы.

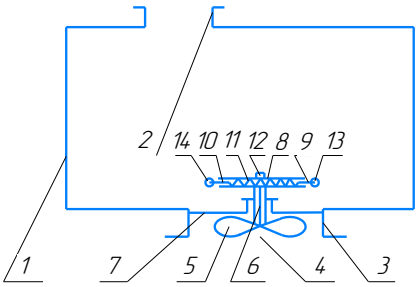

Рисунок 4 - Ёмкость для омагничивания жидкости1 – резервуар; 2 – заливная горловина; 3 – выпускная горловина; 4 – нижнее отверстие;5 – лопастная крыльчатка; 6 – шарнирная ось; 7 – опоры; 8 – телескопическое устройство с трубой; 9 и 10 – подвижные кронштейны; 11 – пружина; 12 – фиксатор; 13, 14 – постоянные кольцевые магниты

При подготовке к работе жидкость подается через верхнюю заливную горловину 2 в резервуар 1 и заполняет емкость. В ходе рабочего процесса омагничивания жидкость вытекает через нижнюю выпускную горловину 3 и вращает лопастную крыльчатку 5. Круговое движение передается шарнирной осью 6 на кронштейны 9 и 10 с постоянными кольцевыми магнитами 13 и 14, которые за счет вращения проводят активное омагничивающее воздействие на проходящую жидкость. При увеличении расхода жидкости увеличивается частота вращения лопастной крыльчатки 5 и всех связанных с ней подвижных деталей, включая постоянные кольцевые магниты 13 и 14. За счет пружины 11 подвижные кронштейны 9 и 10 раздвигаются и постоянные кольцевые магниты 13 и 14 движутся по траекториям с увеличенным радиусом, взаимодействуя с большим объемом проходящей жидкости. С уменьшением расхода жидкости частота вращения подвижных частей устройства замедляется и сопровождается снижением степени омагничивающего 4 действия на жидкость. Степень реагирования заранее задается установкой пружины 11 необходимой жесткости.

Результаты экспериментальных измерений показали, что применение неодимового магнита приводит к более выраженному изменению удельной электрической проводимости воды по сравнению с ферритовым магнитом при одинаковых условиях воздействия. Это обусловлено большей магнитной индукцией неодимовых магнитов и стабильностью их магнитных характеристик. Полученные результаты использованы для обоснования выбора неодимового магнита в конструкции разрабатываемой технологической ёмкости.

Применение разработанной конструкции позволяет автоматически поддерживать стабильность процесса с необходимой степенью омагничивания подаваемой жидкости.

Выводы. Выполнен анализ существующих устройств магнитной обработки воды, применяемых в сельскохозяйственной практике, выявлены их основные конструктивные и эксплуатационные недостатки. Установлено, что большинство известных устройств не обеспечивают адаптацию режима магнитного воздействия к изменению расхода жидкости. Экспериментально показано, что неодимовые магниты обеспечивают более эффективное изменение электропроводности воды по сравнению с ферритовыми магнитами. Разработана конструкция адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки воды, обеспечивающая автоматическую коррекцию интенсивности магнитного воздействия. Предлагаемое устройство может быть использовано при приготовлении рабочих рас-

творов пестицидов, жидких минеральных удобрений и в системах орошения сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. Клочков А.В., Соломко О.Б. Активизация магнитного воздействия на воду при перемешивании // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 154-159.

2. Мехтиев А.Д., Герасименко Т.С., Сарсикеев Е.Ж. Результаты исследования изменения жесткости воды после ее магнитной обработки // Bulletin of Toraighyrov University. Energetics series. 2023. № 1. P. 231-241.

3. Томилин А.К., Беспалов В.И., Беспалов В.В. Технология магнитной обработки воды против солеотложения: теория и практика // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 1. С. 54-63.

4. Очистка водных сред от примесей оксидов железа методом высокоградиентной магнитной фильтрации (обзор) / Б.А. Гусев, А.А. Ефимов, Л.Н. Москвин, В.В. Панчук // Теплоэнергетика. 2023. № 4. С. 33-44.

5. Медведева О.Н., Сауткина Т.Н. Сравнение омагничивающей способности устройств для магнитной обработки воды // Региональная архитектура и строительство. 2025. № 2 (63). С. 159-166.

6. Устройство подготовки воды для орошения сельскохозяйственных культур: пат. 218482 U1 Рос. Федерация: МПК C02F 1/48 / Чижикова К.О., Почеевский В.Н., Артемов Н.А.; - № 2023104174; заявл. 22.02.2023; опубл. 29.05.2023 EDN BTTXKI.

7. Studying the Effect of Water Magnetic Treatment to Reduce Scale Formation / A. Mekhtiyev, T. Gerassimenko, Ye. Sarsikeyev, R. Mekhtiyev // Труды университета. 2024. № 3 (96). P. 409-414. DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_409.

8. Мешалка опрыскивателя: пат. 12653 Республики Беларусь: МПК A 01M 7/00, A 01C 23/00, A 01 F 7/16, заявл. 25.03.2021; опубл. 30.08.2021.

Информация об авторах.

С.И. Козлов - кандидат технических наук, доцент, УО «Белорусская сельскохозяйственная академия», email: Stepan-61@mail.ru

К.Л. Пузевич - кандидат технических наук, доцент, УО «Белорусская сельскохозяйственная академия». email: k.puzevich@mail.ru

В.М. Кузюр - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

С.И. Будко - кандидат технических наук, доцен, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors.

S.I. Kozlov *- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Belarusian Agricultural Academy. email: Stepan-61@mail.ru*

K.L. Puzevich *- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Belarusian Agricultural Academy. email: k.puzevich@mail.ru*

V.M. Kuzyur *- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Bryansk State Agrarian University.*

S.I. Budko *- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Bryansk State Agrarian University.*

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

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

Статья поступила в редакцию 19.04.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026, принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 19.04.2026; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 15.06.2026.

© Козлов С.И., Пузевич К.Л., Кузюр В.М., Будко С.И.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

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

СТРУКТУРА СТАТЬИ

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

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

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

Список источников нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Список источников оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 - 2008 для затекстовых ссылок. В Список источников рекомендуется включать наиболее современные источники, которые не старше 5 лет от момента проведения исследования. Допускается доля самоцитирования не более 20% и цитирования работ сотрудников учреждения, где выполнена работа не более 30%.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование (экспертную оценку) и проверку информационной системой на наличие неправомерных заимствований.

Статьи (1 экземпляр в печатном виде и на электронном носителе) следует направлять по адресу 243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, ул. Советская, 2а, Брянский ГАУ, главному редактору Торикову В.Е. или E-mail: vestnik@bgsha.com с указанием темы «статья в журнале Вестник Брянской ГСХА». Также направляется сопроводительное письмо, оформленное на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации, если предоставляемые материалы являются результатом работы, выполненной в этой организации. При отправке по E-mail представлять печатный экземпляр необязательно. Так же можно отправить по E-mail отсканированный вариант рецензии. С аспирантов плата за публикацию рукописей не взимается.