



ISSN: 1997-3225
EISSN: 2782-4225
DOI 10.55170/1997-3225

Известия

САМАРСКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

2026

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

Т. 11, № 3

16+



Bulletin Samara State Agricultural Academy

ИЗВЕСТИЯ

**Самарской государственной
сельскохозяйственной академии**

Научный журнал
Самарского государственного аграрного университета

Основан в 1923 году
Выходит 4 раза в год

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ
Т. 11, № 3(83), 2026

Самара
2026

BULLETIN

**Samara State
Agricultural Academy**

Scientific journal
Samara State Agrarian University

Founded in 1923
4 issues per year

JULY-SEPTEMBER
Vol. 11, No 3(83), 2026

Samara
2026

Известия

Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

Т. 11, № 3(83), 2026

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Главный редактор: В. В. Герасименко, д-р биол. наук, проф. (Самара, Россия)

Заместитель главного редактора: Н. М. Троц, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)

Редакционный совет:

Н. А. Балакирев, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Москва, Россия)

Г. А. Баталова, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Киров, Россия)

Б. П. Боинчан, д-р с.-х. наук, проф. (Бэлць, Республика Молдова)

В. М. Лукомец, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Краснодар, Россия)

С. А. Соловьёв, академик РАН, д-р техн. наук, проф. (Москва, Россия)

Б. Б. Траисов, академик КазНАЕН, д-р с.-х. наук, проф. (Уральск, Казахстан)

С. Н. Шевченко, академик РАН, д-р с.-х., проф. (Самара, Россия)

Ю. А. Юлдашбаев, академик РАН, д-р с.-х., проф. (Москва, Россия)

Редакционная коллегия:

Х. Б. Баймишев, д-р биол. наук, проф. (Самара, Россия)

В. А. Беляев, д-р ветеринар. наук, проф. (Ставрополь, Россия)

А. Т. Варакин, д-р с.-х. наук, проф. (Волгоград, Россия)

В. Г. Васин, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)

Д. В. Виноградов, д-р биол. наук, проф. (Рязань, Россия)

Р. Р. Гадиев, д-р с.-х. наук, проф. (Уфа, Россия)

С. П. Еремин, д-р ветеринар. наук, проф. (Нижний Новгород, Россия)

И. Д. Еськов, д-р с.-х. наук, проф. (Саратов, Россия)

А. П. Иншаков, д-р техн. наук, проф. (Саранск, Россия)

В. Г. Каплин, д-р биол. наук, проф. (Санкт-Петербург, Россия)

С. В. Карамеев, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)

В. В. Коновалов, д-р техн. наук, проф. (Пенза, Россия)

Н. П. Крючин, д-р техн. наук, проф. (Самара, Россия)

В. И. Курдюмов, д-р техн. наук, проф. (Ульяновск, Россия)

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, проф. (Пенза, Россия)

П. Н. Мальчиков, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)

В. Н. Никулин, д-р с.-х. наук, проф. (Оренбург, Россия)

А. В. Савинков, д-р ветеринар. наук, проф. (Самара, Россия)

М. С. Сеитов, д-р биол. наук, проф. (Оренбург, Россия)

А. П. Уханов, д-р техн. наук, проф. (Пенза, Россия)

А. В. Щур, д-р биол. наук, проф. (Могилев, Республика Беларусь)

Редакция журнала:

Ответственный редактор – Л. П. Федорова

Технический редактор, корректор – Н. Ю. Бабушкина

По решению ВАК журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Полнотекстовый доступ к статьям журнала осуществляется на портале научных журналов «ЭкоВектор» (<https://journals.eco-vector.com>), сайтах научных электронных библиотек eLibrary.ru (<http://elibrary.ru>) и КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru>)

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия СГСХА» размещены в Интернете (<https://ssaa.ru/ssaa/ibz/zhurnal-izvestiya-sgskha-oj>)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 23 мая 2019 года
Свидетельство о регистрации ПИ № Ф77-75814

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460

Цена свободная

Адрес редакции и издателя: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608); E-mail: ssaariz@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Слово»

Адрес типографии: 443070, Самарская область, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82; E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписано в печать 14.07.2026
Формат 60×84/8. Печ. л. 12,5
Тираж 100. Заказ № 2205
Дата выхода в свет 30.07.2026

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2026

Bulletin

Samara State
Agricultural Academy

Vol. 11, No 3(83), 2026

ESTABLISHER and PUBLISHER:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Samara State Agrarian University"

Editor-in-Chief: V. V. Gerasimenko, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Samara, Russia)

Deputy Chief Editor: N. M. Trots, Dr. of Ag. Sci., Prof. (Samara, Russia)

Editorial Council:

N. A. Balakirev, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Moscow, Russia)

G. A. Batalova, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Kirov, Russia)

B. P. Boinchan, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Belc', Moldova)

V. M. Lukomets, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Krasnodar, Russia)

S. A. Solovyov, Academician RAS, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Moscow, Russia)

B. B. Traisov, Academician KazNAEN, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Uralsk, Kazakhstan)

S. N. Shevchenko, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)

Yu. A. Yuldashbaev, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Moscow, Russia)

Editorial Board:

Kh. B. Baimishev, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Samara, Russia)

V. A. Belyaev, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Stavropol, Russia)

A. T. Varakin, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Volgograd, Russia)

V. G. Vasin, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)

D. V. Vinogradov, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Ryazan, Russia)

R. R. Gadiev, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Ufa, Russia)

S. P. Eremin, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Nizhny Novgorod, Russia)

I. D. Eskov, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Saratov, Russia)

A. P. Inshakov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Saransk, Russia)

V. G. Kaplin, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Saint Petersburg, Russia)

S. V. Karamaev, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)

V. V. Konovalov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Penza, Russia)

N. P. Kryuchin, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Samara, Russia)

V. I. Kurdyumov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Ulyanovsk, Russia)

A. A. Kurochkin, Dr. of Tech. Sci., Prof. Professor (Penza, Russia)

P. N. Malchikov, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)

V. N. Nikulin, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Orenburg, Russia)

A. V. Savinkov, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Samara, Russia)

M. S. Seitov, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Orenburg, Russia)

A. P. Ukhanov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Penza, Russia)

A. V. SHCHur, Dr. of Biol. Sci., (Mogilev, Belarus)

Editorial staff:

Executive Editor – L. P. Fedorova

Technical editor, proofreader – N. Yu. Babushkina

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of sciences, for the degree of doctor of sciences should be published

The full-text electronic version of journal is hosted by the Eco-Vector Journals Portal (<https://journals.eco-vector.com>), and by the web-sites of scientific electronic libraries eLibrary.ru (<http://elibrary.ru>) and CyberLeninka (<http://cyberleninka.ru>)

Article submission guidelines of the journal "Bulletin of SSAA" are available at (<https://ssaa.ru/ssaa/ibz/zhurnal-izvestiya-sgskha-oj>)

The journal is registered Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) May 23, 2019
The certificate of registration of the PI number F577-75814

Subscription index in the United catalog "Press of Russia" – 84460

Price undefined

Editorial office, publisher: 446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, Uchebnaya street, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 (ext. 608); E-mail: ssaariz@mail.ru

Printed in Print House LLC "Slovo"

Address Print House: 443070, Samara Region, Samara, Peschanaya Street, 1
Тел.: (846) 267-36-82; E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Signed in print 14.07.2026
Format 60×84/8. Printed sheets 12.5
Print run 100. Edition № 2205
Publishing date 30.07.2026

© FSBEI HE Samara SAU, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

<i>Минин А. Н., Быстрова Е. Д., Мальцева М. В.</i> Зимостойкость и продуктивность сортов и элит русской и китайской сливы в условиях Самарской области...	5
<i>Катаев А. С., Катаева Е. В.</i> Формирование урожайности сухой массы топинамбура в зависимости от способа посадки и обработки посадочного материала в подзимней технологии возделывания в среднем Предуралье.....	15

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Курочкин А. А., Фролов Д. И., Поляков А. В.</i> Обоснование конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера для производства кормовых экструдатов из зернобобовых смесей.....	21
<i>Быченин А. П., Володько О. С., Приказчиков М. С., Хохлов А. Л.</i> Снижение температуры смазочной среды в сопряжении «кольцо-кольцо» за счет оптимизации ее состава и градиента твердости деталей сопряжения.....	35
<i>Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Поликутина Е. С., Ермаков Д. В., Щитова В. А.</i> Снижение силового воздействия передних управляемых колёс энергетического средства на почву при бороновании.....	43

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<i>Ишмухаметова Е. М., Савинков А. В., Курлыкова Ю. А.</i> Оценка биохимического статуса крови лабораторных крыс при доклинических испытаниях новой комплексной белково-минеральной добавки.....	53
<i>Иванова Д. В., Игнатьев А. В., Бригида А. В., Галимуллин Д. Г., Земскова Н. Е.</i> Влияние многократного использования коров в качестве доноров на изменчивость их эмбриопродуктивности	60
<i>Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Муллакаев О. Т., Низамова Г. М., Фролов Г. С.</i> Изучение кумулятивных свойств новой противоакарицидной композиции азометина на крысах.....	67
<i>Низамова Г. М., Гирфанов А. И., Муллакаев О. Т., Гиззатуллин Р. Р., Каримова А. З.</i> Морфология мозгового отдела черепа клариевого сома.....	74
<i>Бригида А. В., Игнатьев А. В., Иванова Д. В., Галимуллин Д. Г., Мещеряков А. Г.</i> Опыт применения прогестероновых интравaginaльных имплантатов в гормональных схемах индукции супероvуляции у коров-доноров.....	81
<i>Зотеев С. В., Некрасов Р. В., Зотеев В. С., Шарымова Н. М.</i> Качество молока при скормливании коровам зернового сорго сорта Рось в составе комбикормов.....	87
<i>Никулин В. Н., Морозова В. В.</i> Физиолого-биохимический статус кур-несушек на фоне применения минерально-витаминной кормовой добавки.....	93

CONTENTS

AGRONOMY

<i>Minin A. N., Bystrova E. D., Maltseva M. V.</i> Winter hardiness and productivity of varieties and elites of Russian and Chinese plums in the Samara region.....	5
<i>Kataev A. S., Kataeva E. V.</i> Yield formation of topinambur dry weight depending on the planting method and treatment of planting material in the winter cultivation technology in the Middle Urals.....	15

TECHNICAL SCIENCES

<i>Kurochkin A. A., Frolov D. I., Polyakov A. V.</i> Justification of design and operating parameters of a single-screw extruder for the production of feed extrudates from cereal-legume mixtures.....	21
<i>Bychenin A. P., Volodko O. S., Prikazchikov M. S., Khokhlov A. L.</i> Reducing the temperature of the lubricant in a ring-to-ring joint by optimizing its composition and the hardness gradient of the mating parts.....	35
<i>Shchitov S. V., Krivutsa Z. F., Polikutina E. S., Ermakov D. V., Shchitova V. A.</i> Reduction of the force effect of front steerable wheels of an energy vehicle on the soil during harrowing.....	43

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

<i>Ishmukhametova E. M., Savinkov A. V., Kurlykova Yu. A.</i> Assessment of the biochemical status of laboratory rat blood during preclinical trials of a new complex protein-mineral supplement.....	53
<i>Ivanova D. V., Ignatiev A. V., Brigida A. V., Galimullin D. G., Zemskova N. E.</i> The influence of multiple use of cows as donors on the variability of their embryo productivity.....	60
<i>Gizatullin R. R., Gizatullina R. R., Mullakaev O. T., Nizamova G. M., Frolov G. S.</i> Study of cumulative properties of a new azomethine anti-acaricide composition in rats.....	67
<i>Nizamova G. M., Girfanov A. I., Mullakaev O. T., Gizatullin R. R., Karimova A. Z.</i> Morphology of the neurocranium of African catfish.....	74
<i>Brigida A. V., Ignatiev A. V., Ivanova D. V., Galimullin D. G., Meshcheryakov A. G.</i> Experience of using of progesterone intravaginal implants in hormonal regimen for superovulation induction in donor cows.....	81
<i>Zoteev S. V., Nekrasov R. V., Zoteev V. S., Sharymova N. M.</i> Milk quality when feeding cows grain sorghum of the Ros variety as a part of feed composition.....	87
<i>Nikulin V. N., Morozova V. V.</i> Physiological and biochemical status of laying hens with the use of a mineral and vitamin feed supplement.....	93

Научная статья

УДК 634.22:57.045

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-5-14>

ЗИМОСТОЙКОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ И ЭЛИТ РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ СЛИВЫ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. Минин¹, Е. Д. Быстрова^{2✉}, М. В. Мальцева³^{1, 2, 3} Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», Самара, Россия.¹ Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. Цель исследований – изучить зимостойкость и продуктивность сортов и элитных форм русской и китайской сливы в условиях Самарской области. Изучали фенологические наблюдения за ростом, развитием и плодоношением имеющихся в коллекции растений сливы; оценивали их зимостойкость, продуктивность и качество плодов. В результате исследований доказана перспективность выращивания русской и китайской сливы в условиях Среднего Поволжья. Фенологические фазы прохождения вегетации большинства изученных сортов и элит этих видов сливы соответствуют климату Самарской области. Выявлены наиболее морозостойкие сорта и элиты сливы русской и сливы китайской, изучен характер повреждений растений сливы в суровые зимы. По результатам перезимовки наиболее зимостойкими в условиях области выделились сорта русской сливы Кубанская Комета, Мара, Найдена, элита Нарядная; китайской сливы Скороплодная. Высокой продуктивностью обладают деревья сортов китайской сливы Скороплодная, Аленушка, Краса Орловщины, Неженка; русской сливы Компотная, Мара, Долгожданная, Консервная, Нарядная, Найдена, Московская Комета. Более крупными плодами (30 г и более) обладают Кубанская Комета, Найдена и элиты Великанша, Консервная, Нарядная, 1/17. Высокую общую оценку качества плодов имеют сорта и элиты русской сливы Великанша, Долгожданная, Консервная, Кубанская Комета, Московская Комета, Найдена, китайской сливы Орловский Сувенир (4,2-4,5 балла). Изучаемые показатели: зимостойкость, продуктивность, сроки созревания плодов, а также качество плодов русской и китайской сливы зависят как от генетических особенностей сорта, так и от погодных условий перезимовки и вегетации.

Ключевые слова: фенологические наблюдения, слива русская, слива китайская, сорта и элиты, зимостойкость, продуктивность, качество плодов

Для цитирования: Минин А. Н., Быстрова Е. Д., Мальцева М. В. Зимостойкость и продуктивность сортов и элит русской и китайской сливы в условиях Самарской области // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 5-14. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-5-14](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-5-14)

Original article

WINTER HARDINESS AND PRODUCTIVITY OF VARIETIES AND ELITES OF RUSSIAN AND CHINESE PLUMS IN THE SAMARA REGION

A. N. Minin¹, E. D. Bystrova^{2✉}, M. V. Maltseva³^{1, 2, 3} Scientific Research Institute of Horticulture and Medicinal Plants "Zhigulevskie Sady", Samara, Russia¹ Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

Abstract. The purpose of the research is to study the winter hardiness and productivity of varieties and elites of Russian and Chinese plums in the Samara region. The phenological observations of the growth, development and fruiting of plum plants in the collection were studied; their winter hardiness, productivity and fruit quality were evaluated. As a result of the research, the prospects of growing Russian and Chinese plums in the Middle Volga region were proved. The phenological phases of the vegetation of most of the studied varieties and elites of these plum species correspond to the climate of the Samara region. The most frost-resistant varieties and elites of Russian and Chinese plums have been identified, and the nature of damage to plum plants during harsh winters has been studied. According to the results of overwintering, the most winter-hardy varieties in the region were the Russian plum varieties Kubanskaya Kometa, Mara, Naydena, elite Naryadnaya; Chinese plum Skoroplodnaya. The trees of the varieties of Chinese plum Skoroplodnaya, Alyonushka, Krasa Orlovshchina, Nezhenka have high productivity; Russian plum Compotnaya, Mara, Dolgozhdannaya, Conservnaya, Naryadnaya, Naydena, Moskovskaya Cometa. The Kubanskaya Kometa, Naydena and elite Velikansha, Conservnaya, Naryadnaya, 1/17 have larger fruits (30 g or more). The varieties and elite of the Russian plums Velikansha, Dolgozhdannaya, Conservnaya, Kubanskaya Kometa, Moskovskaya Cometa, Naydena, and Chinese plum Orlovsky Suvenir have a high overall assessment of fruit quality (4.2-4.5 points). The studied indicators: winter hardiness, productivity, fruit ripening time, as well as the quality of fruits of Russian and Chinese plums depend both on the genetic characteristics of the variety and the weather conditions of overwintering and vegetation.

Keywords: phenological observations, Russian plum, Chinese plum, varieties and elites, winter hardiness, productivity, fruit quality

For citation: Minin, A. N., Bystrova, E. D. & Maltseva, M. V. (2026). Winter hardiness and productivity of varieties and elites of Russian and Chinese plums in the Samara region. *Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj selskokhozjaistvennoj akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 11, 3, 5-14 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-5-14](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-5-14) (in Russian).

Введение. Слива – одна из важнейших косточковых культур, пользующаяся большим спросом у населения. Плоды сливы употребляются в свежем виде и в продуктах переработки.

Успешное произрастание плодовых культур, в том числе сливы лимитируют стрессовые факторы абиотического и биотического характера [1, 2, 3, 4, 5].

Умеренно континентальный климат Самарской области не совсем подходит для эффективного выращивания сортов сливы. Широкому распространению сливы препятствуют сильные морозы в середине и конце зимы, солнечные ожоги, недостаток влаги в весенне-летний период. В неблагоприятные годы вымерзают цветковые почки, наблюдается растрескивание коры на штамбах и основных скелетных ветвях. В сухую и жаркую погоду засыхают рыльца пестиков, а в прохладную дождливую весну плохо опыляются цветки пчелами [6, 7].

В последнее время в промышленном и любительском садоводстве в южной и средней зонах плодового широко возделываются не только сорта домашней сливы, но и сорта русской сливы [8, 9, 10].

Слива русская (*Prunus rossica* Erem.) – новая косточковая культура, созданная в результате гибридизации алычи и сливы китайской.

Работы по созданию сортов русской сливы начались в России еще в начале прошлого века. И. В. Мичуриным от скрещивания сливы уссурийской с мелкоплодной желтой алычой был получен сорт русской сливы Восточная Красавица. В Государственном Никитском ботаническом саду К. Ф. Костиной были выведены первые промышленные сорта сливы русской и алычи.

Позднее работы по гибридизации сливы китайской с алычой велись в Армянском НИИ виноградарства, в Киргизском государственном университете, на Майкопской, Среднеазиатской, Туркменской опытно-селекционных станциях ВИР и др. При гибридизации были использованы не зимостойкие родители, а именно алыча крымская и сливы китайские Бербанк, Винсон, Сатсума и др. Полученные гибриды оказались слабоморозостойкими и не нашли широкого распространения в более северных регионах.

Более зимостойкие сорта сливы русской были получены на Крымской опытно-селекционной станции ВИР, в Белорусском НИИ плодового, в РГАУ-ТСХА им. К. А. Тимирязева, которые вполне пригодны для выращивания в средней зоне плодового.

Базовыми видами при создании сортов сливы русской служили алыча и слива китайская, а также другие представители родов и видов – вишнесливы, слива американская, абрикос.

Основной ареал выращивания сливы русской в Российской Федерации – южная зона плодового. Благодаря селекционной работе отечественных селекционеров по созданию зимостойких сортов данная культура продвинулась далеко на север.

В Самарской области с 1985 года ведется интродукция, сортоизучение и селекция сливы русской. В результате селекционной работы получены элитные формы, которые требуют всестороннего изучения.

Цель исследований – изучить зимостойкость и продуктивность сортов и элитных форм русской и китайской сливы в условиях Самарской области.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

– провести фенологические наблюдения за ростом, развитием и плодоношением имеющихся в коллекции растений сливы;

– оценить их зимостойкость, продуктивность и качество плодов.

Материал и методы исследований. Изучение сортов и элит русской и китайской сливы проводилось в коллекционном саду ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Изначально материалом для проведения исследований являлись растения 32 сортов и элитных форм сливы русской отечественной селекции.

В настоящее время в первичном изучении объектами исследований являются 17 сортообразцов русской сливы и 5 китайской сливы отечественной селекции. Деревья сливы посажены в 2011-2012 гг. по схеме 6×4 м.

Почва участка представлена выщелоченным маломощным черноземом, по механическому составу – легкосуглинистая. Почва обладает хорошими водно-физическими свойствами.

Фенологические наблюдения за растениями и учеты выполнялись в соответствии с общепринятыми программами и методиками [11]. Результаты исследований обработаны методом дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. [12].

Результаты исследований. Деревья разных сортов русской и китайской сливы обладают небольшими размерами. Форма кроны у сливы может быть пирамидальной, округлой, шаровидной, раскидистой. Кора на штамбе и скелетных ветвях серо-зеленая, гладкая, в более старом возрасте кора растрескивается. Плодоношение у большинства сортов китайской и русской сливы наступает очень рано (на 2-3 год от посадки саженца в сад) и сосредоточено в основном на букетных веточках – очень коротких плодовых образованиях до 1 см длины. Плодоносят сорта также на нижних концах приростов прошлого года.

В регион Среднего Поволжья китайская и русская слива были недавно интродуцированы и пока выращиваются здесь в незначительном количестве. Проведение фенологических наблюдений на этих культурах особенно важно для понимания соответствия прохождения их фенологических фаз климату Самарской области. На участке первичного сортоизучения ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады» определяли наступление следующих фенологических фаз: начало распускания почек, начало и степень цветения, начало роста побегов, сроки созревания плодов и начало листопада у растений китайской и русской сливы. Изучали зимостойкость, продуктивность и качество плодов сортов и элит китайской и русской сливы в разные годы. Наблюдения и учеты на сортах сливы русской ведутся с 2014 года, сливы китайской с 2022 года.

Начало вегетации у китайской и русской сливы в условиях Самарской области приходится на конец апреля-начало мая и характеризуется появлением «зеленого конуса» у вегетативных почек и «розового конуса» у цветковых почек. Раньше остальных вегетация начиналась у сортов китайской сливы Аленушка, Неженка, Орловский сувенир, Скороплодная; русской сливы Великанша, Компотная, Кубанская Комета, Лунная, Московская Комета, Элита 1/17 (22 апреля). В более поздние сроки (23-24 апреля) начало вегетации отмечалось у сортов и элит русской сливы Нарядная, Мара; китайской сливы Краса Орловщины (табл. 1).

Таблица 1

Прохождение фенологических фаз у сортов и элит русской и китайской сливы

№ п/п	Название сортообразца	Распускание почек	Начало цветения	Степень цветения	Начало роста побегов	Созревание плодов	Начало листопада
<i>Русская слива</i>							
1	Великанша	22.04	20.04	3,0	27.04	21.07	23.10
2	Долгожданная	23.04	21.04	4,0	29.04	22.08	30.10
3	Компотная	22.04	20.04	4,0	28.04	15.07	22.10
4	Консервная	23.04	21.04	4,0	28.04	20.08	30.10
5	Кубанская Комета (контроль)	22.04	20.04	3,5	28.04	21.07	22.10
6	Лунная	22.04	20.04	3,5	28.04	15.07	23.10
7	Малиновая	22.04	19.04	3,5	29.04	15.08	23.10
8	Мара	25.04	22.04	4,5	30.04	20.08	30.10
9	Московская Комета	22.04	20.04	4,5	28.04	21.07	25.10
10	Найдена	23.04	20.04	4,5	28.04	21.07	25.10
11	Нарядная	24.04	21.04	4,0	29.04	20.08	29.10
12	Элита 1/17	22.04	20.04	3,5	29.04	21.07	24.10
<i>Китайская слива</i>							
1	Аленушка	22.04	20.04	4,0	27.04	17.07	22.10
2	Краса Орловщины	24.04	21.04	4,0	29.04	15.08	30.10
3	Неженка	22.04	20.04	4,0	28.04	21.07	22.10
4	Орловский Сувенир	22.04	20.04	3,5	28.04	21.07	23.10
5	Скороплодная	22.04	20.04	4,0	28.04	24.07	24.10

Слива китайская и русская являются ранозацветущими культурами. В условиях Самарской области они зацветают несколько позже черешни и раньше сливы домашней. Зацветает слива русская и китайская на 1-2 дня раньше распускания вегетативных почек, а дружное цветение наблюдается при наступлении среднесуточной температуры 16-18°C. Первыми зацветают сорта, у которых вегетация началась раньше других, но бывают и исключения. Фаза полного цветения сливы в условиях Самарской области в среднестатистические годы приходится на середину первой декады мая. В некоторые аномальные годы (при высокой сумме активных температур, как это наблюдалось в 2025 году) цветение начинается рано – в конце апреля, в прохладную дождливую весну (в 2017 году) наоборот поздно – в начале-конце первой декады мая.

В зависимости от погодных условий степень цветения бывает высокой, средней или удовлетворительной. Так в отчетном 2025 году степень цветения оценивалась у различных сортов китайской и русской сливы от 3,0 до 4,5 баллов. Обильное цветение (4,5 балла) наблюдалось у сортов русской сливы Мара, Московская Комета и Найдена. Продолжительность фазы цветения у сливы в зависимости от погоды в среднем составляет от 7 до 10 дней. В годы с прохладной дождливой весной она увеличивается до 12-14 дней. В жаркие сухие годы фаза

цветения сливы наступает раньше, а продолжительность цветения сокращается до 4-5 дней, как это наблюдалось в 2025 году.

Распускание вегетативных почек у сортов китайской и русской сливы происходит в конце фазы цветения. Активный рост побегов начинается сразу после цветения и распускания листьев. Фаза роста побегов составляет 35-55 дней. Побеги у сортов китайской и русской сливы растут быстро и к концу мая-началу июня они достигают длины 35-50 см. Период роста побегов варьирует по годам и зависит от количества выпадающих осадков и температуры воздуха. Во влажные и холодные годы рост побегов более продолжителен, в сухие – более короток. В холодные годы рост побегов начинается позднее, и он незначителен. Многие сорта сливы обладают высокой побегообразующей способностью, вследствие чего происходит загущение кроны. За вегетационный период у большинства сортов происходит 2-3 волны роста и к концу сезона побеги достигают длины 1-1,5 м. Сорта, не закончившие вегетативный рост с невызревшей древесиной, в зимний период подмерзают.

После цветения и оплодотворения завязь у сливы растет вначале медленно, а затем усиливается в июне-начале августа. Перед созреванием рост плодов замедляется и прекращается. Плоды у китайской и русской сливы созревают в разные сроки – ранние, средние и поздние. Ранние сорта русской сливы: Июльская Комета, Кубанская Комета, Московская Комета, Найдена, Прамень; китайской сливы Аленушка, Неженка, Орловский Сувенир, Скороплодная созревают в середине-конце июля; средние сорта и элиты русской сливы: Великанша, Компотная, Лунная, элита 1/17 и др. – в начале августа; поздние сорта и элиты русской сливы – Долгожданная, Консервная, Мара, Нарядная, китайская слива Краса Орловщины созревают в конце второй-начале третьей декады августа. Плоды сливы снимают в период потребительской зрелости, а сам период съема зависит от погодных условий. Так, например, в сухие и жаркие 2016 и 2021 годы период съемной зрелости плодов наступил и закончился на 7-10 дней раньше, чем в прохладном и дождливом 2017 году. Одновременно с ростом и созреванием плодов формируются цветковые почки. Формирование цветковых почек начинается со второй декады июля, а заканчивается весной следующего года. Цветковые почки у русской и китайской сливы формируются как на букетных веточках, копьецах, так и на побегах второй волны роста. Степень дифференциации цветковых почек зависит от погодных условий осени и продолжается до наступления минимальных температур.

К концу лета рост побегов у растений заканчивается, листья меняют окраску на желтую или багрово-красную, начинается их опадение. Своевременная подготовка растений сливы к зимним неблагоприятным условиям имеет важное значение. Ранние сорта русской сливы вовремя заканчивают вегетацию и готовы к перезимовке. Обычно затягивают вегетацию поздние сорта русской и китайской сливы. Период вегетации от распускания почек до полного листопада в условиях Самары в среднем составляет около 180 дней.

В период физиологического покоя растения косточковых культур вступают в конце августа. Цветковые почки русской и китайской сливы выходят из состояния глубокого покоя в начале января.

С этого времени растения русской и китайской сливы находятся в вынужденном покое, а его прохождение зависит от внешней среды.

Зимостойкость сортов и элит русской и китайской сливы

Сорта и гибридные формы сливы, находящиеся в первичном сортоизучении, неоднозначно перенесли 4 морозные зимы 2002/2003, 2005/2006, 2009/2010, 2022/2023 гг. В первую зиму 2002/2003 гг. вымерзли деревья сортов русской сливы Глобус, Дынная, Обильная. У основной массы сортов наблюдалось подмерзание древесины на уровне 2-3 баллов.

Зима 2005/2006 гг. была очень холодной. Из-за продолжительных морозов, наблюдавшихся в январе (-38-39°C), погибло около 20% насаждений сливы. Полностью вымерзли деревья сортов Клеопатра и Кубанская Комета. У большей части деревьев наблюдались следующие явления: растрескивание коры штамба и скелетных ветвей, вымерзание однолетнего прироста, 100% гибель цветковых почек. Значительно пострадала двух- и трехлетняя древесина (подмерзание 2,5-3 балла). В весенне-летний период восстановление растений проходило при прохладной и влажной погоде за счет отрастания побегов из спящих почек. Весной цветение (1,5 балла) отмечено только у одной гибридной формы алычи 12/4 (тернхалыча).

Еще больший урон сливовым насаждениям в Самарской области нанесла зима 2009/2010 гг. В середине декабря 2009 года в течение 3-х дней стояли морозы -38-39°C. Вымерзли деревья сортов русской сливы Гранит, Колонновидная, Комета Поздняя, Московская Комета, элитных форм московской селекции 26-492 и 26-470. Сильному подмерзанию многолетней древесины подверглись маточные деревья элит самарской селекции Консервная и Компотная. В эту зиму высокой и средней зимостойкостью характеризовались сорта и элиты Июльская Роза, Кубанская Комета, Мара, Найдена, Нарядная, элита 1/4. Весной слабое цветение (1,5 балла) отмечено только у одной элиты русской сливы Поселковская (сеянец Кубанской Кометы от свободного опыления).

В результате гибели деревьев малозимостойких сортов сливы после 3-х суровых зим из 32 сортообразцов в первичном изучении осталось 17 сортов и элит русской сливы отечественной селекции.

Зима 2023 года запомнилась своим холодом, изменчивостью температур и переменчивыми осадками. В середине зимы наблюдались значительные перепады температуры от морозов к оттепелям и обратно. В январе 2023 года температура воздуха в Самаре колебалась в диапазоне от $-37,9^{\circ}\text{C}$ до $+2,7^{\circ}\text{C}$. Минимум температуры ($-37,9^{\circ}\text{C}$) пришёлся на 10 января, а максимум ($+2,7^{\circ}\text{C}$) был зафиксирован 2 января. В феврале минимум температуры ($-19,9^{\circ}\text{C}$) пришёлся на 8 февраля, а максимум ($+3,9^{\circ}\text{C}$) был зафиксирован 27 февраля. Основными повреждениями деревьев сливы являлись вымерзание цветковых почек, подмерзания скелетных ветвей и подмерзание однолетнего прироста (подмерзание 1,5-2 балла). Так, незначительные повреждения древесины после зимы имели деревья Кубанской Кометы, Найдены, Московской Кометы, Мары. У сортов русской и китайской сливы вымерзли на 100% цветковые почки. Урожай наблюдался лишь на гибридной форме русской сливы бурятской селекции – Малиновая. Сильные подмерзания однолетнего прироста побегов и многолетних ветвей имели деревья сортов Гек, плумкота Черный Бархат (подмерзание 4,0-5,0 баллов), в результате чего деревья весной не распустились.

Продуктивность сортов русской и китайской сливы

Продуктивность является одним из главнейших показателей, характеризующих новый сорт. Учеты по определению продуктивности сортов русской сливы нами проводились с 2014 года. В течение 11 летних наблюдений и учетов урожай на сливе отсутствовал в 2014 и 2015 годах. В эти годы отмечалось вымерзание цветковых почек от морозов после оттепелей. Зима 2022/2023 гг. отметилась не только низкими температурами в середине зимы, а с другой стороны оттепелями с последующими резкими понижениями температуры. Урожай на косточковых культурах, в том числе на сливе после этой зимы отсутствовал.

Зима 2015/2016 гг. была самой теплой, со средней месячной температурой $-5,3^{\circ}\text{C}$. Цветковые почки у растений сливы хорошо перезимовали. У всех сортов русской сливы наблюдалось обильное цветение. В 2016 году на 5 баллов цвели деревья элит Великанша, Компотная, Лунная и Нарядная. Средняя продолжительность цветения деревьев сливы составила 6-10 дней.

Летом стояла сухая и жаркая погода со средней температурой летнего периода выше нормы. На всех сортах и элитных формах наблюдался высокий урожай. Более высокой продуктивностью в наблюдаемом году характеризовались элиты Компотная и Нарядная, сорт Мара (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность сортов и элит русской и китайской сливы (2016-2022, 2024 и 2025 гг.)

Название сортообразца	Продуктивность с дерева, кг									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2024	2025	Средняя по сорту
Русская слива										
Великанша	3,0	8,0	4,0	20,0	12,0	6,0	8,0	0,5	4,0	7,3
Долгожданная	6,0	4,0	5,0	25,0	15,0	0,5	10,0	3,0	14,0	9,2
Июльская Комета	4,0	2,0	5,0	5,0	6,0	0,5	-	-	-	3,8
Компотная	29,0	1,0	30,0	40,0	23,0	10,0	12,0	12,0	12,0	18,8
Консервная	2,0	1,0	3,0	5,0	7,0	3,0	6,0	6,0	14,0	5,2
Кубанская Комета (контроль)	7,0	3,0	8,0	10,0	7,0	6,0	7,0	12,0	8,0	7,6
Лунная	4,0	2,5	3,0	4,0	5,0	0,5	3,0	3,0	5,0	3,3
Малиновая	-	-	-	-	-	-	19,0	8,0	8,5	11,8
Мара	22,0	13,0	22,0	20,0	7,0	12,0	12,0	13,0	15,0	15,1
Московская Комета	7,0	4,0	6,0	8,0	5,0	2,0	8,0	10,0	12,0	6,9
Найдена	10,0	4,0	10,0	14,0	7,0	5,0	8,0	10,0	14,0	9,6
Нарядная	32,6	0,5	24,0	6,0	9,0	1,5	6,0	5,0	15,0	11,1
Поселковская	8,0	5,0	17,0	14,0	-	-	-	-	-	11,0
Прамень	5,0	3,0	3,0	8,0	-	-	7,0	-	-	5,2
Элита 1/4	5,0	2,0	10,0	10,0	6,0	1,0	2,0	-	-	5,1
Элита 2/17	4,0	3,0	7,0	14,0	7,0	2,0	2,0	-	-	5,6
Элита 1/17	5,0	4,0	3,0	6,0	7,0	2,0	6,0	4,0	5,0	4,7
Среднее по годам	9,6	3,8	10,0	13,1	8,3	3,7	7,7	7,2	10,5	8,2
Китайская слива										
Аленушка	-	-	-	-	-	-	30,0	0,0	6,5	12,2
Краса Орловщины	-	-	-	-	-	-	27,0	0,5	8,0	11,8
Неженка	-	-	-	-	-	-	22,0	0,5	13,0	11,8
Орловский Сувенир	-	-	-	-	-	-	17,0	0,0	3,0	6,7
Скороплодная	-	-	-	-	-	-	25,0	8,0	26,0	19,7
Среднее по годам	-	-	-	-	-	-	24,2	1,8	11,3	12,4

Осень выдалась довольно дождливой. В октябре стояла прохладная и пасмурная погода, которая негативно сказалась на процессе формирования цветковых почек и вызревании тканей у растений сливы. В декабре установилась холодная погода, а в начале 2017 года наблюдалась оттепель. Наступившие после оттепели морозы повредили цветковые почки у многих сортов сливы. Цветение деревьев сливы отмечено 4-6 мая и проходило при прохладной дождливой погоде, что негативно отразилось на завязывании плодов. На 4-5 баллов цвели элиты 1/17, 2/17, Лунная, 1/4 и Великанша. Слабое цветение наблюдалось у элит Долгожданная (2,5 балла), Компотная и Нарядная (1,0 балл). В итоге урожай в 2017 году на деревьях русской сливы был слабым.

Зима 2017/2018 гг. отметилась ровным прохождением температур. Слабые и непродолжительные морозы после оттепели во второй половине зимы 2018 года привели к незначительным повреждениям цветковых почек у русской сливы. Высокий урожай наблюдался на деревьях элит Компотная (30,0 кг с дерева) и Нарядная (24,0 кг), сорте Мара (22,0 кг). Другие сорта и элиты характеризовались средним урожаем. В итоге 2018 год определен как средний по продуктивности сливы.

В зиму 2018/2019 гг. гибели цветковых почек не наблюдали. Цветение сортов сливы началось в 2019 году на 2-3 дня раньше среднемноголетних значений и отмечено 2-3 мая. В отдельные дни наблюдалась холодная погода, однако она незначительно отразилась на завязывании плодов сливы. На 4-5 баллов цвели деревья элит Великанша, Долгожданная, Компотная, сорта Мара. На других сортах: Кубанская Комета, Найдена, Московская Комета, Промень цветение отмечено на 3,5-4 балла. Высоким урожаем нагружены элиты Компотная (40,0 кг с дерева), Долгожданная (25,0 кг), Великанша и Мара (20,0 кг), Поселковская (14,0 кг). На других сортах и элитах урожайность средняя. В целом 2019 год оказался самым урожайным для русской сливы.

Существенных негативных явлений в зимний период 2019/2020 гг. не наблюдалось. Сорта русской сливы зацвели в обычные сроки 2-3 мая, а степень цветения сортов и элит варьировала от средней до высокой. Высокая степень цветения (4-5 баллов) отмечена у сортов Московская Комета, Кубанская Комета, Мара, элит Великанша, Долгожданная, 1/17, Компотная. Средним цветением (3,5-4 балла) обладали элиты Лунная, Консервная, 1/4, 2/17, сорт Найдена. Высоким урожаем характеризовались элиты Компотная (23,0 кг с дерева), Долгожданная (15,0 кг), Великанша (12,0 кг). Продуктивность других сортов и элит была средней и ниже средней. В сравнении с прошлым годом урожай на сливе русской в отчетном году был несколько ниже.

Условия перезимовки 2020/2021 гг. были одними из самых неблагоприятных для растений сливы. Сильные морозы (до -34°C) наблюдались в середине января во время физиологического покоя растений сливы. Далее, в третьей декаде февраля минимальная температура воздуха опускалась до -37°C, когда растения сливы уже вышли из физиологического покоя. Затем наблюдалось резкое понижение температуры в начале марта после оттепели. Эти явления привели к вымерзанию цветковых почек у большинства сортов сливы, сильному подмерзанию (2,5-3,5 балла) 2-3-х летних плодовых веток, морозобоинам на штамбах и развилках скелетных ветвей. Общее состояние деревьев русской сливы ухудшилось и оценивалось у сортов и элит Кубанская Комета, Найдена, Консервная, Великанша, Долгожданная в 3,5 балла. Деревья зацвели 3-4 мая. Слабое цветение (1,5-3 балла) наблюдалось у большинства сортов и элит. Несколько лучшим цветением (3,0-3,5 балла) обладали сорта и элиты Великанша, Компотная, Консервная, Кубанская Комета, Найдена и Нарядная. Обильное цветение (5 баллов) отмечено у сорта Мара. Средний урожай наблюдался на деревьях Кубанская Комета и Великанша (6,0 кг с дерева), Компотная (10,0 кг), Найдена (5,0 кг), Мара (12,0 кг). На других сортах отмечены единичные плоды. 2021 год отмечался, как самый слабый по продуктивности сортов и элит русской сливы.

Цветение сортов и элит русской и китайской сливы в 2022 году началось 9-10 мая. Во время цветения стояла холодная и влажная погода. На 4,0-5,0 баллов цвели сорта и элиты русской сливы Великанша, Гек, Компотная, Консервная, Кубанская Комета, Мара, Московская Комета, Найдена. Чуть хуже (на 3-3,5 балла) цвели деревья элит Нарядная, элита 1/17. Слабое цветение (2,0 балла) зафиксировано на деревьях элит Лунная, 1/4 и 1/5. Обильное цветение отмечалось на всех сортах китайской сливы. В летне-осенний период вегетации растений наблюдалась сухая и жаркая погода без осадков. Сорта русской сливы Гек (25,0 кг с дерева), Малиновая (19,0 кг), сорта китайской сливы Алёнушка (30,0 кг), Неженка (22,0 кг), Скороплодная (25,0 кг), Краса Орловщины (27,0 кг), Орловский сувенир (17,0 кг) показали очень большую урожайность. Средний и слабый урожай наблюдался на деревьях сортов русской сливы Великанша (8,0 кг с дерева), Долгожданная (10,0 кг), Компотная (12,0 кг), Консервная (6,0 кг), Кубанская Комета (7,0 кг), Мара (12,0 кг), Найдена (8,0 кг), Нарядная (6,0 кг). В целом 2022 год является самым урожайным для сортов китайской сливы. Теплая осень с часто выпадающими обильными осадками не способствовала прохождению закалки сливовых деревьев.

Минимальные температуры зимнего периода 2022/2023 гг. до $-38-39^{\circ}\text{C}$ (зафиксирована 10 января) привели к 100% гибели цветковых почек. На сортах и элитах в этот год урожай отсутствовал. С урожаем отмечена лишь одна гибридная форма русской сливы Малиновая (13,0 кг с дерева).

Стабильный снежный покров и отсутствие значительных температурных колебаний в зимний период 2023/2024 гг. обеспечили комфортную зимовку растений, способствуя их успешному восстановлению и подготовке к вегетационному сезону. Прогнозировался хороший урожай на сортах русской сливы. Во время цветения сливы неоднократные заморозки привели к вымерзанию цветковых почек у многих сортов. В итоге практически без урожая стояли деревья сортов китайской сливы Аленушка, Краса Орловщины, Неженка и Орловский Сувенир. Слабый урожай отмечен на элите русской сливы Великанша. Общее состояние деревьев русской сливы оценивалось 3,5-4,0 балла.

Самую высокую продуктивность в отчетном году показали деревья сортов Кубанская Комета, Мара, Московская Комета, Найдена, элиты Компотная, китайской сливы Скороплодная. Осень 2024 года была теплее обычной по сравнению со среднемноголетними данными и характеризовалась высокими температурами и недостаточным количеством осадков.

Зимовка растений сливы в 2024/2025 гг. проходила в оптимальных погодных условиях при отсутствии температурных колебаний в зимний период. Весна стремительно набрала положительные температуры. В марте воздух прогревался до 13°C , в апреле уже до $26,3^{\circ}\text{C}$, в мае до $32,3^{\circ}\text{C}$.

Фаза цветения сливы наступила на 10-14 дней раньше обычного. Во время цветения поздних сортов русской сливы наблюдались незначительные заморозки до $-1,5^{\circ}\text{C}$, они вызвали некоторое подмерзание пестиков. В первой половине лета выпало значительное количество осадков (149,5% от нормы). Сочетание повышенного температурного режима с избыточным увлажнением в первой половине лета спровоцировало мощный инфекционный фон и способствовало активному развитию грибных заболеваний. Высокую продуктивность в отчетном году показали деревья сортов китайской сливы Скороплодная (26,0 кг с дерева) Неженка (13,0 кг); русской сливы Долгожданная, Консервная, Компотная, Нарядная, Найдена, Мара, Московская Комета (12,0-15,0 кг с дерева). Слабый урожай отмечен на сортах китайской сливы Орловский Сувенир и Аленушка; элит русской сливы Великанша и Лунная (3,0-6,5 кг).

В результате 11-летних наблюдений и учетов показателя продуктивности за сортами и элитами русской сливы (за 2014-2025 гг.) и 4-х летних учетов за сортами китайской сливы (за 2022-2025 гг.) можно констатировать следующее. Высокой продуктивностью обладали сорта сливы в 2016, 2018, 2019, 2022 и 2025 годах, а самым урожайным по русской сливе оказался 2019 год; по китайской сливе 2022 год. Вследствие неблагоприятных погодных условий во время зимовки и вегетации самыми неурожайными являлись 2017 и 2021 годы. Из-за вымерзания цветковых почек от морозов после оттепелей урожай на русской сливе отсутствовал в 2014, 2015 и 2023 годах. В 2020 и 2024 годах продуктивность сортов русской и китайской сливы была ниже среднемноголетней.

Таблица 3

Качественная характеристика плодов русской и китайской сливы

№ п/п	Название сортообразца	Средняя масса плода, г	Привлекательность внешнего вида плодов, балл	Оценка вкуса, балл	Общая оценка качества плодов, балл
1	Аленушка	21,9	4,1	3,9	4,0
2	Великанша	46,5	4,5	4,1	4,4
3	Долгожданная	28,7	4,1	4,5	4,5
4	Компотная	17,4	3,8	3,8	3,9
5	Консервная	33,5	3,9	4,4	4,4
6	Краса Орловщины	24,3	4,3	3,9	4,1
7	Кубанская Комета (контроль)	23,0	3,9	4,2	4,3
8	Лунная	23,5	4,1	4,1	4,1
9	Малиновая	14,5	3,8	3,8	3,8
10	Мара	22,0	4,0	4,0	4,0
11	Московская Комета	18,3	4,0	4,2	4,2
12	Найдена	24,0	4,3	4,2	4,3
13	Нарядная	34,0	4,1	4,0	4,0
14	Неженка	19,4	4,0	3,9	4,0
15	Орловский Сувенир	24,5	4,2	4,0	4,2
16	Скороплодная	23,8	4,0	4,0	4,0
17	Элита 1/17	37,4	4,1	4,0	4,0
	Среднее по сортам	25,6	4,1	4,1	4,1

Продуктивность сорта в целом определяется совокупностью многих факторов (генетические особенности сорта, влияние погодных условий, почвенные условия и т.д.). Компонентами продуктивности являются количество плодов на дереве и масса плодов. Масса плодов определена генетическими особенностями сорта, а также зависит от среды произрастания. В нагруженный по урожаю год (сезон 2016 года) плоды у сливы мельчают. Во влажный (2017 год) плоды у одних и тех же сортов становятся крупнее. В годы с высоким содержанием суммы активных температур и оптимальной влажностью (сезон вегетации 2018 года) плоды тоже крупные. Крупные плоды (30,0 г и более) отмечены в 2025 году у сортов – Великанша, Консервная, Нарядная, Элиты 1/17 (табл. 3).

Более высокой дегустационной оценкой вкуса плодов (4,4-4,5 балла) характеризуются сорта и элиты русской сливы – Долгожданная, Консервная, Кубанская Комета, Найдена.

Наиболее привлекательными по внешнему виду (с оценкой 4,2-4,5 балла) являются плоды сортов и элит русской сливы Великанша и Найдена; китайской сливы Краса Орловщины и Орловский Сувенир. Более высокую общую оценку качества плодов (4,2-4,5 балла) имеют сорта и элиты русской сливы Великанша, Долгожданная, Консервная, Кубанская Комета, Московская Комета, Найдена, китайской сливы Орловский Сувенир.

Заключение. Природные условия Среднего Поволжья вполне подходят для выращивания зимостойких сортов русской и китайской сливы. В результате работы по сортоизучению и интродукции выявлены наиболее морозостойкие сорта сливы для возделывания в условиях Самарской области. Из изученных сортов и элит наиболее зимостойкими в условиях области выделились сорта русской сливы Кубанская Комета, Мара, Найдена, Нарядная; китайской сливы Скороплодная.

Высокой продуктивностью обладают деревья сортов китайской сливы Скороплодная, Аленушка, Краса Орловщины, Неженка; русской сливы Компотная, Мара, Долгожданная, Консервная, Нарядная, Найдена, Московская Комета.

Плоды у русской и китайской сливы созревают в разные сроки – ранние (в середине-конце июля), средние (в начале августа) и поздние (в конце второй-начале третьей декады августа).

Ранние сорта русской сливы: Кубанская Комета, Московская Комета, Найдена; средние: элиты русской сливы Великанша, Компотная, Лунная, элита 1/17 и др.; поздние сорта и элиты русской сливы: Долгожданная, Консервная, Мара, Нарядная; китайской сливы Краса Орловщины.

Высокую общую оценку качества плодов имеют сорта и элиты русской сливы Великанша, Долгожданная, Консервная, Кубанская Комета, Московская Комета, Найдена, китайской сливы Орловский Сувенир.

Список источников

1. Симонов В. С., Бурменко Ю. В. Роль генотипа сливы в наследовании признака устойчивости к низким отрицательным температурам // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. 22(4). С. 542-550. DOI: [10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550](https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550) EDN: IOLYUM
2. Богданов Р. Е., Богданов О. Е. Оценка устойчивости гибридов сливы к повторным морозам после оттепелей // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. 7(1-2). С. 28-30. DOI: [10.24411/2500-0454-2020-11207](https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11207) EDN: HCWEGN
3. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. (2(58)). С. 95-104. DOI: [10.32786/2071-9485-2020-02-09](https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-09) EDN: FOYBZL
4. Горина В. М., Лукичева Л. А. Перспективы повышения устойчивости растений алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.) к воздействию отрицательных температур воздуха в условиях степного Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. (132). С. 67-71. DOI: [10.25684/NBG.boolt.132.2019.08](https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.08) EDN: XDLLKJ
5. Гуляева А. А., Берлова Т. Н., Галькова А. А., Ефремов И. Н. Хозяйственно ценные признаки сортов сливы поволжской селекции // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 02. С. 217–229. DOI: [10.32417/1997-4868-2025-25-02-217-229](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-02-217-229) EDN: ZWJIXG
6. Минин А.Н., Нечаева Е.Х., Степанова Ю. В. Селекция и сортоизучение черешни в условиях лесостепной зоны Самарской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №3 (55) С. 112-118. DOI: [10.18286/1816-4501-2021-3-112-118](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-112-118) EDN: HIRZIK
7. Минин А.Н., Нечаева Е.Х., Мельникова Н.А. Селекция и сортоизучение абрикоса в лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016, 2, С. 3-7. DOI: [10.12737/19053](https://doi.org/10.12737/19053) EDN: WKBSFN
8. Eremin G. V., Dedova A. E. Varieties of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) as donors of large-fruitness in the breeding of Russian plum (*Prunus rossica* Erem.) // BIO Web of Conferences 2022. Vol. 6. Article number 02007. DOI: [10.1051/bioconf/20224702007](https://doi.org/10.1051/bioconf/20224702007) EDN: TSDVZW

9. Попов М. А. Новоторцев А. А., Богданов Р. Е., Кружков А. В. Совершенствование сортимента и технологий возделывания вишни и сливы в средней полосе России // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. №2. С. 39-44. DOI: [10.24411/0235-2451-2019-10210](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10210) EDN: [GSESCX](#)
10. Еремин Г.В. Слива русская : монография. Краснодар : Просвещение - Юг, 2023. 119 с. ISBN: 978-5-93491-965-9 EDN: [LOIWJU](#)
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (под общ. редакцией Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой). Орёл : Изд-во ВНИИСПК, 1999. 608 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: [ZJQBUD](#)

References

1. Simonov, V. S. & Burmenko, Yu.V. (2021). The role of plum genotype in the inheritance of a sign of resistance to low negative temperatures. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 22(4). 542-550. DOI: [10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550](https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550) EDN: [IOLYUM](#). (in Russian).
2. Bogdanov, R. E. & Bogdanov, O. E. (2020). Assessment of plum hybrids resistance to repeated frosts after thaws. *Breeding and cultivar breeding of garden crops*. 7(1-2). 28-30. DOI: [10.24411/2500-0454-2020-11207](https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11207) EDN: [HCWEGN](#) (in Russian).
3. Solonkin, A.V., Nikolskaya, O. A. & Kiktevа, E. N. (2020). Study of the components of winter hardiness of plums of various origins. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education*. (2(58)). 95-104. DOI: [10.32786/2071-9485-2020-02-09](https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-09) EDN: [FOYBZL](#). (in Russian).
4. Gorina, V. M. & Lukicheva, L. A. (2019). Prospects for increasing the resistance of cherry plum plants (*Prunus cerasifera* Ehrh.) to the effects of negative air temperatures in the steppe Crimea. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. (132). 67-71. DOI: [10.25684/NBG.book1.132.2019.08](https://doi.org/10.25684/NBG.book1.132.2019.08) EDN: [XDLLKJ](#) (in Russian).
5. Gulyaeva, A. A., Berlova, T. N., Galkova, A. A. & Efremov, I. N. (2025). Economically valuable characteristics of plum varieties of Volga breeding. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 25. 2. 217-229. DOI: [10.32417/1997-4868-2025-25-02-217-229](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-02-217-229) EDN: [ZWJIXG](#) (in Russian).
6. Minin, A.N., Nechaeva, E.Kh. & Stepanova, Yu.V. (2021). Cherry breeding and variety study in the forest-steppe zone of the Samara region. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 3 (55) pp. 112-118. DOI: [10.18286/1816-4501-2021-3-112-118](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-112-118) EDN: [HIRZIK](#) (in Russian).
7. Minin, A.N., Nechaeva, E.Kh. & Melnikova, N.A. (2016). Selection and variety study of apricots in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 2, 3-7. DOI: [10.12737/19053](https://doi.org/10.12737/19053) EDN: [WKBSFN](#). (in Russian).
8. Eremin, G. V. & Dedova, A. E. (2022). Varieties of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) as donors of large-fruitiness in the breeding of Russian plum (*Prunus rossica* Erem.). *BIO Web of Conferences*. 6. DOI: [10.1051/bioconf/20224702007](https://doi.org/10.1051/bioconf/20224702007) EDN: [TSDVZW](#)
9. Popov, M. A. Novotortsev, A. A., Bogdanov, R. E. & Krugkov, A.V. (2019). Improvement of cherry and plum cultivation assortment and technologies in central Russia. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex* 33. 2. 39-44. DOI: [10.24411/0235-2451-2019-10210](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10210) EDN: [GSESCX](#) (in Russian).
10. Eremin, G.V. (2023). Russian plum: monograph. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, ISBN: 978-5-93491-965-9 EDN: [LOIWJU](#). (in Russian).
11. The program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops (under total. edited by E.N. Sedov and T.P. Ogoltsova). (1999). (in Russian).
12. Dospekhov, B.A. (1985). Methodology of field experience. EDN: [ZJQBUD](#) (in Russian).

Информация об авторах:

Анатолий Николаевич Минин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;

ID: <https://orcid.org/0000-0001-9539-2569>, e-mail: iv-minina@yandex.ru

Екатерина Дмитриевна Быстрова , научный сотрудник;

ID: <https://orcid.org/0000-0001-6048-0227>, e-mail: gribcaterina@yandex.ru

Мария Васильевна Мальцева, научный сотрудник;

ID: <https://orcid.org/0000-0002-5693-131X>, e-mail: mri94@mail.ru

Information about the authors:

Anatoly N. Minin, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher;

ID: <https://orcid.org/0000-0001-9539-2569>, e-mail: iv-minina@yandex.ru

Ekaterina D. Bystrova , Research Associate;

ID: <https://orcid.org/0000-0001-6048-0227>, e-mail: gribcaterina@yandex.ru

Maria V. Maltseva, Research Associate;

ID: <https://orcid.org/0000-0002-5693-131X>, e-mail: mri94@mail.ru

Вклад авторов:

А. Н. Минин – формулирование концепции исследований, определение целей и задач работы, руководство многолетними полевыми исследованиями, интерпретация полученных результатов, подготовка рукописи статьи;

Е. Д. Быстрова – проведение фенологических наблюдений и оценка изучаемых показателей, обработка экспериментальных данных, редактирование окончательной версии статьи;

М. В. Мальцева – сбор экспериментального материала, анализ литературных источников, проверка корректности представленных результатов, оформление статьи.

Contribution of the authors:

A. N. Minin – formulating the research concept, defining the goals and objectives of the work, managing long-term field research, interpreting the results, and preparing the manuscript of the article;

E. D. Bystrova – conducting phenological observations and evaluating the indicators under study, processing the experimental data, and editing the final version of the article;

M. V. Maltseva – collecting experimental data, analyzing literature sources, verifying the accuracy of the presented results, and formatting the article.

Статья поступила в редакцию 25.05.2026; одобрена после рецензирования 19.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 25.05.2026; approved after reviewing 19.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 635.24: 635.073

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-15-20>

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СУХОЙ МАССЫ ТОПИНАМБУРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСАДКИ И ОБРАБОТКИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ПОДЗИМНЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

А. С. Катаев^{1✉}, Е. В. Катаева²^{1,2} Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия.

Резюме: Цель исследований – определение оптимальных агроприемов подзимней посадки, обеспечивающих наибольшую урожайность сухой массы топинамбура. Для достижения поставленной цели на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве учебно-научного полигона Пермского ГАТУ был заложен двухфакторный полевой опыт по изучению влияния способов посадки в сочетании с обработкой посадочного материала на урожайность сухой массы топинамбура. По результатам двухлетних исследований установлена тенденция повышения полевой всхожести топинамбура при гладкой посадке на 4% и существенно большая всхожесть топинамбура при обработке клубней препаратом Протект (КС) – на 13-17%, что способствовало увеличению густоты всходов – на 0,5-0,7 шт./м². При сравнительно одинаковой выживаемости растений за вегетацию, закономерно большая густота растений перед уборкой была отмечена при обработке фунгицидным протравителем Протект (КС) – на 0,4-0,6 шт./м². Чистая продуктивность фотосинтеза в зависимости от изучаемых агроприемов была одинаковой. Обработка клубней препаратами Аквамикс и Силиплант универсальный обеспечивает существенную прибавку сырой и сухой массы растения по сравнению с контролем на 84-113 и 22-35 г, а Аквамикс обеспечивает еще и прибавку по сравнению с обработкой препаратом Протект (КС) – на 94 и 31 г. Это способствовало существенному повышению урожайности зеленой массы по сравнению с контрольным вариантом на 2,6-3,4 т/га, сухой массы – на 0,7-1,1 т/га. Урожайность сухой массы была выше на 1,0 т/га при обработке препаратом Аквамикс по сравнению с протравителем Протект (КС). Таким образом, изучаемые способы посадки не оказали влияние на формирование урожайности зеленой и сухой массы культуры. Протравливание клубней препаратом Протект (КС) приводит к увеличению полевой всхожести, густоты всходов и, как следствие, густоты стояния растений, но не обеспечивает повышение урожайности, которая была выше при обработке клубней препаратом Аквамикс за счет большей сырой и сухой массы одного растения.

Ключевые слова: топинамбур, зеленая масса, урожайность, способ посадки, обработка клубней

Для цитирования: Катаев А. С., Катаева Е. В. Формирование урожайности сухой массы топинамбура в зависимости от способа посадки и обработки посадочного материала в подзимней технологии возделывания в Среднем Предуралье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 15-20. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-15-20](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-15-20)

Original article

FORMATION OF THE YIELD OF TOPINAMBUR DRY MASS DEPENDING ON THE METHOD OF PLANTING AND PROCESSING OF PLANTING MATERIAL IN THE WINTER CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE MIDDLE URALS

A. S. Kataev^{1✉}, E. V. Kataeva²^{1,2} Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia.

Abstract. The purpose of the study is to determine the optimal agricultural practices for winter planting, ensuring the highest yield of topinambur dry mass. To achieve this goal, a two-factor field experiment was carried out on the sod-slightly podzolic medium loamy soil of the Perm State Agrarian and Technological University training ground to study the effect of planting methods combined with the treatment of planting material on the yield of topinambur dry mass. According to the results of two-year studies, there was a tendency to increase the field germination of topinambur with flat planting by 4% and a significantly higher germination of topinambur when treating tubers with Protect (CS) preparation by 13-17%, which contributed to an increase in the seedling density by 0.5-0.7 pcs/m². With comparatively the same survival rate during the growing season, a naturally high density of plants before harvesting was noted when treated with the fungicidal Protect (CS) – by 0.4-0.6 pcs/m². The net productivity of photosynthesis, depending on the studied agricultural practices, was the same. Treatment of tubers with Aquamix and Siliplant universal preparations provides a significant increase in the wet and dry mass of the plant compared to the control by 84-113 and 22-35 g, and Aquamix also provides an increase compared to treatment with Protect (CS) – by 94 and 31 g. This contributed to a significant

increase in the yield of green mass compared to the control variant by 2.6-3.4 t/ha, dry mass – by 0.7-1.1 t/ha. The yield of dry mass was higher by 1.0 t/ha when treated with Aquamix compared with Protect (КС). Thus, the studied planting methods had no effect on the formation of yields of green and dry plant mass. Treating tubers with Protect leads to an increase in field germination, seedling density and, as a result, stand density, but does not provide an increase in yield, which was higher when tubers were treated with Aquamix due to the greater wet and dry mass of one plant.

Keywords: topinambur, green mass, yield, planting method, processing of tubers

For citation: Kataev, A. S., & Kataeva, E. V. (2026). Yield formation of topinambur dry weight depending on the planting method and treatment of planting material in the winter cultivation technology in the Middle Urals. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 11, 3. С. 15-20. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-15-20](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-15-20) (in Russian).

Введение. Текущее состояние кормопроизводства играет важную роль в сохранении ценных сельскохозяйственных угодий и во многом определяет развитие отрасли животноводства [1]. К сегодняшним ключевым задачам кормопроизводителей можно отнести необходимость улучшения качества рационов питания животных, повышение экономичности кормов, что возможно достичь с помощью внедрения в производство нетрадиционных кормов растительного происхождения [2]. Особый интерес для производства высокопитательных кормов представляют альтернативные источники сырья, к которым можно отнести культуру топинамбура [3-5]. Топинамбур по праву является высокоэффективной энергобиологической культурой разного хозяйственного назначения [6, 7]. По кормовым свойствам топинамбур во многом превосходит многие другие кормовые культуры – подсолнечник, кукурузу [8]. При этом, на кормовые цели используют клубни и зеленую массу [9]. В сельском хозяйстве зеленая масса топинамбура используется как сырье для производства прессованного сена, сенажа и силоса высокого качества, может быть использована при кормлении почти всех видов сельскохозяйственных животных [10, 11]. Известно, что скармливание цыплят-бройлеров комбикормом с добавлением экстракта топинамбура способствовало повышению массы тела птиц до 7,8%, а содержание белка в мясе возрастало на 0,41-0,77%. [12]. Прирост живой массы молодняка свиней в 8-месячном возрасте при добавлении топинамбура в рацион питания составлял до 10,5 кг [13].

В зоне Среднего Предуралья урожайность продукции топинамбура при подзимней посадке низкая в виду вымерзания клубней в зимний период и низкой полевой всхожести [14, 16]. В связи с этим, **цель исследований** – определение оптимальных агроприемов подзимней посадки, обеспечивающих наибольшую урожайность сухой массы топинамбура. В **задачи исследований** входило определить урожайность зеленой и сухой массы топинамбура и показатели ее структуры, а также чистую продуктивность фотосинтеза.

Материалы и методы исследований. Двухфакторный полевой опыт закладывали на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве учебно-научного полигона Центра трансфера технологий Пермского ГАТУ в 2023, 2024 гг. в четырехкратной повторности по методике Б.А. Доспехова [15]. Среднее содержание гумуса по годам в пахотном слое почвы – 2,1%, подвижного фосфора – 365-424 мг/кг почвы, подвижного калия – 212-349 мг/кг почвы. Изучали два способа посадки – гребневая и гладкая и четыре варианта обработки посадочного материала – без обработки, обработка фунгицидным протравителем Протект (КС), микроэлементными комплексами Аквамикс и Силиплант универсальный. Исследования проводили на топинамбуре сорта Скороспелка. Общая площадь делянки – 10 м², учётная – 6 м². Расположение вариантов – систематическое методом расщепленных делянок. Агротехника общепринятая для Нечернозёмной зоны. Фосфорные и калийные удобрения вносили осенью в дозе Р₇₄К₃₇₄, азотные – весной под первую междурядную обработку в дозе N₂₂₁. Посадочные клубни просушивали, калибровали на фракцию 20-80 г, обрабатывали согласно схеме за двое суток до посадки в дозах: фунгицидный протравитель Протект (КС) – 0,4 л/т, микроэлементный комплекс Аквамикс (ВК) – 60 мл/т, микроэлементный комплекс Силиплант универсальный (Р) – 30 мл/т, расход рабочей жидкости – 10 л/т. Свежевыкопанные клубни садили вручную по гребневой технологии по схеме 70 × 40 см в 2023 г. – 17 сентября, в 2024 г. – 27 сентября. В течение вегетационного периода проводили трехкратную междурядную обработку культиватором КОН-2,8. Уборку клубней проводили поделяночно картофелекопалкой КТН-2В с подбором вручную – 25.09.2024 г. и 13.09.2025 г. Исследования проводили по установленным методикам.

Результаты исследований. Отмечена тенденция увеличения полевой всхожести топинамбура на 4% при гладкой посадке и густоты всходов – на 0,2 шт./м² (табл. 1). Существенно бо́льшая всхожесть по сравнению с другими вариантами была отмечена при обработке посадочного материала фунгицидным протравителем Протект (КС) – на 13-17%, что обеспечило увеличение густоты всходов – на 0,5-0,7 шт./м² (НСР₀₅ = 0,3 шт./м²).

Таблица 1

Густота всходов (шт./м²) и полевая всхожесть растений (%)

Способ посадки (А)	Обработка клубней (В)								Среднее по А	
	без подкормки		Протект		Аквамикс		Силиплант			
	густота	всхожесть	густота	всхожесть	густота	всхожесть	густота	всхожесть	густота	всхожесть
гребневая	2,3	64	3,2	87	2,4	65	2,7	74	2,6	73
гладкая	2,7	75	3,2	87	2,7	74	2,7	73	2,8	77
Среднее по В	2,5	70	3,2	87	2,5	70	2,7	73		
НСР ₀₅ главных эффектов					по фактору А				F _ф < F ₀₅	4
					по фактору В				0,3	8
НСР ₀₅ частных различий					по фактору А				F _ф < F ₀₅	9
					по фактору В				0,4	14

Выживаемость растений – 96-97% и их густота перед уборкой – 2,5-2,7 шт./м² были одинаковыми и не зависели от способа посадки (табл. 2). При сравнительно одинаковой выживаемости растений за вегетацию – 94-97%, густота растений перед уборкой была выше при обработке препаратом Протект (КС) – на 0,4-0,6 шт./м² или на 15-25% по сравнению с другими вариантами. Это отмечается как при гребневой посадке – на 0,4-0,8 шт./м², так и при гладкой – на 0,4 шт./м².

Таблица 2

Густота растений перед уборкой (шт./м²) и выживаемость растений (%)

Способ посадки (А)	Обработка клубней (В)								Среднее по А	
	без подкормки		Протект		Аквамикс		Силиплант			
	густота	всхожесть	густота	всхо- жесть	густота	всхожесть	густота	всхожесть	густота	всхожесть
гребневая	2,2	96	3,0	94	2,4	100	2,6	98	2,5	97
гладкая	2,6	98	3,0	95	2,6	95	2,6	97	2,7	96
Среднее по В	2,4	97	3,0	94	2,5	97	2,6	97		
НСР ₀₅ главных эффектов					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				0,3	F _ф < F ₀₅
НСР ₀₅ частных различий					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				0,4	F _ф < F ₀₅

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) за период всходы-цветение существенно не зависела от изучаемых агроприемов (табл. 3). Выявлена тенденция увеличения ЧПФ на 0,3-0,5 г/м²*сутки при обработке посадочных клубней препаратом Аквамикс.

Таблица 3

Чистая продуктивность фотосинтеза за период всходы-цветение, г/м²*сутки

Способ посадки (А)	Обработка клубней (В)				Среднее по А
	без подкормки	Протект	Аквамикс	Силиплант	
гребневая	4,8	4,5	4,7	4,0	4,5
гладкая	3,9	4,0	4,6	4,4	4,2
Среднее по В	4,4	4,2	4,7	4,2	
НСР ₀₅ главных эффектов					F _ф < F ₀₅
					F _ф < F ₀₅
НСР ₀₅ частных различий					F _ф < F ₀₅
					F _ф < F ₀₅

Сырая и сухая масса одного растения были незначительно выше при гладкой посадке – на 66 и 18 г соответственно (табл. 4). Это прослеживается во всех вариантах обработки клубней, что требует дополнительного изучения вопроса. При обработке клубней микроэлементными комплексами Аквамикс и Силиплант универсальной сырой и сухой массы были выше по сравнению с контрольным вариантом – на 84-113 и 22-35 г соответственно.

Препарат Аквамикс обеспечивает существенную прибавку сырой и сухой массы растения на 94 и 31 г по сравнению с обработкой препаратом Протект (КС) (25 и 33%).

Таблица 4

Сырая и сухая масса одного растения топинамбура перед уборкой, г

Способ посадки (А)	Обработка клубней (В)								Среднее по А	
	без подкормки		Протект		Аквамикс		Силиплант			
	сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса
гребневая	335	89	319	82	433	115	400	103	371	97
гладкая	366	93	420	108	494	137	468	124	437	115
Среднее по В	350	91	369	95	463	126	434	113		
НСР ₀₅ главных эффектов					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				76	21
НСР ₀₅ частных различий					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				108	30

Прослеживается тенденция увеличения урожайности зеленой массы – на 1,9 т/га и сухой массы топинамбура – на 0,6 т/га при гладкой посадке (табл. 5). Это отмечается во всех вариантах обработки посадочного материала: без обработки – на 1,0 и 0,2 т/га; при обработке препаратом Протект (КС) – на 3,1 и 0,7 т/га; Аквамикс – на 1,7 и 0,7 т/га; Силиплант универсальный – на 2,0 и 0,6 т/га.

Обработка посадочных клубней препаратами Аквамикс и Силиплант универсальный способствует существенной прибавке урожайности зеленой массы по сравнению с контрольным вариантом на 2,6-3,4 т/га, сухой массы – на 0,7-1,1 т/га. Это обусловлено более высокой сырой и сухой массой одного растения – на 84-113 и 22-35 г (табл. 4). Обработка клубней препаратом Протект (КС) была неэффективной.

Обработка клубней препаратом Аквамикс обеспечивает увеличение урожайности сухой массы по сравнению с протравливанием препаратом Протект (КС) на 1,0 т/га или на 36%.

Таблица 5

Урожайность зеленой и сухой массы топинамбура, т/га

Способ посадки (А)	Обработка клубней (В)								Среднее по А	
	без подкормки		Протект		Аквамикс		Силиплант			
	зел. масса	сухая масса	зел. масса	сухая масса	зел. масса	сухая масса	зел. масса	сухая масса	зел. масса	сухая масса
гребневая	10,0	2,6	9,6	2,5	13,1	3,4	12,1	3,1	11,2	2,9
гладкая	11,0	2,8	12,7	3,2	14,8	4,1	14,1	3,7	13,1	3,5
Среднее по В	10,5	2,7	11,1	2,8	13,9	3,8	13,1	3,4		
НСР ₀₅ главных эффектов					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				2,3	0,6
НСР ₀₅ частных различий					по фактору А				F _ф < F ₀₅	F _ф < F ₀₅
					по фактору В				3,2	0,9

Заключение. В технологии подзимней посадки топинамбура в Среднем Предуралье:

1. Способ посадки не оказывает существенного влияния на формирование урожайности зеленой и сухой массы топинамбура.

2. Протравливание посадочного материала фунгицидом Протект (КС) приводит к увеличению полевой всхожести, густоты всходов и, как следствие, густоты стояния растений перед уборкой на 15-25% по сравнению с другими вариантами, но это не обеспечивает существенное повышение урожайности культуры.

3. Обработка посадочного материала препаратами Аквамикс и Силиплант универсальный не влияют на полевую всхожесть, густоту стояния растений перед уборкой, но способствуют увеличению сухой массы одного растения перед уборкой по сравнению с контролем на 22-35 г, что повышает урожайность сухой массы культуры на 0,7-1,1 т/га.

4. Густота растений перед уборкой при обработке препаратом Аквамикс ниже на 20%, чем при протравливании препаратом Протект (КС), но при этом, сухая масса растения увеличивается на 33%, что обеспечивает существенную прибавку урожайности на 1,0 т/га.

Список источников

1. Евстратова Л. П., Николаева Е. В., Евсеева Г. В., Евстратов И. В. Продуктивность агрофитоценозов при совместном выращивании многолетних трав и топинамбура // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 5. С. 67-72. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/67-72](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/67-72) EDN: [DHRRDG](https://www.edn.ru/entry/10.30850/vrsn/2021/5/67-72)
2. Гриднева Е. Е., Калиакпарова Г. Ш., Туголбаева Д. М. Использование нетрадиционных видов кормов в животноводстве // Проблемы агрорынка. 2025. № 1. С. 81-91. DOI: [10.46666/2025-1.2708-9991.07](https://doi.org/10.46666/2025-1.2708-9991.07) EDN: [NXBVFV](https://www.edn.ru/entry/10.46666/2025-1.2708-9991.07)
3. Плясунов Д. С., Кшникаткин С. А., Аленин П. Г. [и др.]. Эффективность применения регуляторов роста в технологии возделывания топинамбура сорта Скороспелка в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2023. № 2 (66). DOI: [10.36461/NP.2023.66.2.017](https://doi.org/10.36461/NP.2023.66.2.017) EDN: [EVUYMC](https://www.edn.ru/entry/10.36461/NP.2023.66.2.017)
4. Усанова З. И., Смирнова И. Н., Павлов М. Н. Формирование высокопродуктивных посадок топинамбура за счет применения некорневых подкормок в технологии возделывания // Кормопроизводство. 2024. № 6. С. 17-23. DOI: [10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23](https://doi.org/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23) EDN: [TUVBFA](https://www.edn.ru/entry/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23)
5. Усанова З. И., Смирнова И. Н., Павлов М. Н. Экологически безопасная технология возделывания топинамбура с применением некорневых подкормок комплексными удобрениями // Молочнохозяйственный вестник. 2025. № 1 (57). С. 149-163. DOI: [10.52231/2225-4269_2025_1_149](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2025_1_149) EDN: [CRQSVK](https://www.edn.ru/entry/10.52231/2225-4269_2025_1_149)
6. Бызов В. А., Манохина А. А., Старовойтов В. И. [и др.]. Эффективность технологии возделывания топинамбура с использованием влагоудерживающих суперабсорбирующих полимеров // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 3. С. 54-63. DOI: [10.26897/2687-1149-2025-3-54-63](https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-3-54-63) EDN: [RNJAVF](https://www.edn.ru/entry/10.26897/2687-1149-2025-3-54-63)
7. Takeuchi J., Nagashima T. Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties // Food Chemistry. 2011. Vol. 126 (3). Pp. 922-926. DOI: [10.1016/j.foodchem.2010.11.080](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.080)
8. Панфилов А. В., Кшникаткин С. А., Аленин П. Г. [и др.]. Регуляторы роста в технологии возделывания топинамбура сорта Скороспелка // Аграрный научный журнал. 2023. № 12. С. 63-69. DOI: [10.28983/asj.y2023i12pp63-69](https://doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp63-69) EDN: [AXTCYN](https://www.edn.ru/entry/10.28983/asj.y2023i12pp63-69)
9. Катаев А. С. Формирование урожайности и качества клубней топинамбура при разных приемах посадки // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 4 (69). С. 32-41. DOI: [10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41](https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41) EDN: [WQVPCV](https://www.edn.ru/entry/10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41)
10. Тульчеев В. В., Жевора С. В., Овэс Е. В. Социально-экономическое значение топинамбура в России // Научные труды по агрономии. 2023. № 3-4. С. 37-46. DOI: [10.35244/2658-7963-2023-8-3-37-46](https://doi.org/10.35244/2658-7963-2023-8-3-37-46) EDN: [DHAEBK](https://www.edn.ru/entry/10.35244/2658-7963-2023-8-3-37-46)
11. Усанова З. И., Фридман Ю. А., Павлов М. Н. Продуктивность сортов топинамбура при разной густоте стояния // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 146-155. EDN: [RKWLJH](https://www.edn.ru/entry/10.52231/2225-4269_2020_2_146-155)
12. Багно О. А., Шевченко С. А., Шевченко А. И. Эффективность введения экстракта топинамбура в комбикорма для цыплят-бройлеров // АПК России. 2024. Т. 31, № 1. С. 123-130. DOI: [10.55934/2587-8824-2024-31-1-123-130](https://doi.org/10.55934/2587-8824-2024-31-1-123-130) EDN: [NOTUTE](https://www.edn.ru/entry/10.55934/2587-8824-2024-31-1-123-130)
13. Кулова Ф. М. Использование топинамбура в кормлении молодняка свиней // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54, № 1. С. 70-73. EDN: [YGSPTH](https://www.edn.ru/entry/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23)
14. Катаев А. С. Топинамбур в Среднем Предуралье: монография. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2023. 199 с. ISBN: 978-5-94279-589-4 EDN: [AAPNEO](https://www.edn.ru/entry/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23)
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 2011. ISBN: 978-5-903034-96-3 EDN: [QLCQEP](https://www.edn.ru/entry/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23)
16. Катаев, А. С. Влияние обработки посадочного материала и некорневой подкормки микроэлементами на урожайность зелёной массы топинамбура / А. С. Катаев, Е. В. Катаева, С. Л. Елисеев // Пермский аграрный вестник. 2025. № 1(49). С. 38-44. DOI: [10.47737/2307-2873_2025_49_38](https://doi.org/10.47737/2307-2873_2025_49_38) EDN: [WRYSQY](https://www.edn.ru/entry/10.47737/2307-2873_2025_49_38)

References

1. Evstratova, L. P., Nikolaeva, E. V., Evseeva, G. V. & Evstratov, I. V. (2021). Productivity of agrophytocenoses in joint cultivation of perennial grasses and Jerusalem artichoke. *Vestnik Rossiyskoy Sel'skokhozyaystvennoy Nauki (Bulletin of the Russian Agricultural Science)*, 5, 67-72. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/67-72](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/67-72) EDN: [DHRRDG](https://www.edn.ru/entry/10.30850/vrsn/2021/5/67-72) (in Russian).
2. Gridneva, E. E., Kaliakparova, G. Sh. & Tugolbaeva, D. M. (2025). Use of non-traditional types of feed in livestock farming. *Problemy Agrorynka (Problems of the agricultural market)*, 1, 81-91. DOI: [10.46666/2025-1.2708-9991.07](https://doi.org/10.46666/2025-1.2708-9991.07) EDN: [NXBVFV](https://www.edn.ru/entry/10.46666/2025-1.2708-9991.07) (in Russian).
3. Plyasunov, D. S., Kshnikatkin, S. A., Alenin, P. G. & [et al.]. (2023). Efficiency of growth regulators application in the technology of Jerusalem artichoke variety Skorospelka cultivation in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Niva Povolzh'ya (Field of the Volga region)*, 2 (66). DOI: [10.36461/NP.2023.66.2.017](https://doi.org/10.36461/NP.2023.66.2.017) EDN: [EVUYMC](https://www.edn.ru/entry/10.36461/NP.2023.66.2.017) (in Russian).
4. Usanova, Z. I., Smirnova, I. N. & Pavlov, M. N. (2024). Formation of high-productive Jerusalem artichoke plantings through foliar feeding in cultivation technology. *Kormoproizvodstvo (Fodder production)*, 6, 17-23. DOI: [10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23](https://doi.org/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23) EDN: [TUVBFA](https://www.edn.ru/entry/10.30906/15-62-0417-2024-6-17-23) (in Russian).
5. Usanova, Z. I., Smirnova, I. N. & Pavlov, M. N. (2025). Ecologically safe technology of Jerusalem artichoke cultivation using foliar feeding with complex fertilizers. *Molochnokhozyaystvennyi vestnik (Dairy Farming Bulletin)*, 1 (57), 149-163. DOI: [10.52231/2225-4269_2025_1_149](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2025_1_149) EDN: [CRQSVK](https://www.edn.ru/entry/10.52231/2225-4269_2025_1_149) (in Russian).
6. Bysov, V. A., Manokhina, A. A., Starovoirov, V. I. & [et al.]. (2025). Efficiency of Jerusalem artichoke cultivation technology using water-retaining superabsorbent polymers. *Agroinzheneriya (Agroengineering)*, 27(3), 54-63. DOI: [10.26897/2687-1149-2025-3-54-63](https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-3-54-63) EDN: [RNJAVF](https://www.edn.ru/entry/10.26897/2687-1149-2025-3-54-63) (in Russian).
7. Takeuchi J. & Nagashima T. (2011). Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *Food Chemistry*. 126 (3), 922-926. DOI: [10.1016/j.foodchem.2010.11.080](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.080)

8. Panfilov, A. V. Kshnikatkin, S. A., Alenin, P. G. & [et al.]. (2023). Growth regulators in the technology of Jerusalem artichoke variety Skorospelka cultivation. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* (Agricultural Scientific Journal), 12, 63-69. DOI: [10.28983/asj.y2023i12pp63-69](https://doi.org/10.28983/asj.y2023i12pp63-69) EDN: [AXTCYN](https://www.edn.ru/axtcyn) (in Russian).
9. Kataev, A. S. (2023). Formation of yield and quality of Jerusalem artichoke tubers with different planting methods. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet) (Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University))*, 4 (69), 32-41. DOI: [10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41](https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41) EDN: [WQVPCV](https://www.edn.ru/wqvpcv) (in Russian).
10. Tul'cheev, V. V., Zhevora, S. V. & Oves, E. V. (2023). Socio-economic significance of Jerusalem artichoke in Russia. *Nauchnye Trudy po agronomii (Scientific works on agronomy)*, 3-4, 37-46. DOI: [10.35244/2658-7963-2023-8-3-37-46](https://doi.org/10.35244/2658-7963-2023-8-3-37-46) EDN: [DHAEBK](https://www.edn.ru/dhaebk) (in Russian).
11. Usanova, Z. I., Fridman, Yu. A. & Pavlov, M. N. (2020). Productivity of Jerusalem artichoke varieties at different planting densities. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik (Dairy Farming Bulletin)*, 2 (38), 146-155. EDN: [RKWLJH](https://www.edn.ru/rkwljh) (in Russian).
12. Bagno, O. A. Shevchenko, S. A. & Shevchenko, A. I. (2024). Efficiency of Jerusalem artichoke extract introduction into broiler chicken compound feed. *APK Rossii (Agro-industrial complex of Russia)*, 31 (1), 123-130. DOI: [10.55934/2587-8824-2024-31-1-123-130](https://doi.org/10.55934/2587-8824-2024-31-1-123-130) EDN: [NOTUTE](https://www.edn.ru/notute) (in Russian).
13. Kulova, F.M. (2017). Use of Jerusalem artichoke in feeding young pigs. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Proceedings of the Gorsky State Agrarian University)*, 54 (1), 70-73. EDN: [YGSPTH](https://www.edn.ru/ygspth) (in Russian).
14. Kataev, A. S. (2023). Jerusalem artichoke in the Middle Cis-Urals. Perm': IPC Prokrost; 199. ISBN: 978-5-94279-589-4 EDN: [AAPNEO](https://www.edn.ru/aapneo) (in Russian).
15. Dospekhov, B. A. (2011). Methodology of field experiment. ISBN: 978-5-903034-96-3 EDN: [QLCQEP](https://www.edn.ru/qlcqep) (in Russian).
16. Kataev, A. S., Kataeva, E. V., & Eliseev, S. L. (2025). Influence of planting material treatment and foliar micronutrient fertilization on the yield of Jerusalem artichoke green mass. *Perm Agricultural Bulletin*. 1(49). 38-44. DOI: [10.47737/2307-2873_2025_49_38](https://doi.org/10.47737/2307-2873_2025_49_38) EDN: [WRYSQY](https://www.edn.ru/wrysqy) (in Russian).

Информация об авторах:

Алексей Сергеевич Катаев✉, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-4649-5227>, e-mail: akataev92@mail.ru

Елена Вадимовна Катаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-0659>, e-mail: l.boyarshinova@yandex.ru

Information about the authors:

Alexey S. Kataev✉, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-4649-5227>, e-mail: akataev92@mail.ru

Elena V. Kataeva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
<https://orcid.org/0000-0002-7533-0659>, e-mail: l.boyarshinova@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2026; одобрена после рецензирования 23.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 13.05.2026; approved after reviewing 23.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 664.769

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-21-34>**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОШНЕКОВОГО ЭКСТРУДЕРА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВЫХ ЭКСТРУДАТОВ ИЗ ЗЕРНОБОБОВЫХ СМЕСЕЙ****А. А. Курочкин¹, Д. И. Фролов², А. В. Поляков³**^{1, 2, 3} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия.

Резюме В статье представлены результаты обоснования конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера с вакуумной камерой для производства функциональных кормовых экструдатов из трёх зернобобовых смесей: рожь–пажитник (2:1), фасоль–пшеница–расторопша (1:1:1) и фасоль–пшеница (1:2). Применён комплексный подход, включающий прочностной расчёт шнека методом конечных элементов в SolidWorks Simulation, CFD-моделирование не-newтоновского течения расплава в COMSOL Multiphysics 6.3 на основе твердотельной геометрии из SolidWorks 2025 и количественный анализ микроструктуры готового продукта в Fiji/ImageJ. Прочностной расчёт подтвердил надёжность шнека из стали 40Х с коэффициентом запаса прочности свыше 60. Установлено, что при использовании шнека $D = 40$ мм ($L/D = 4:1$, шаг 20 мм) интегральные показатели процесса существенно зависят от реологических свойств сырья: давление в предматричной зоне варьировалось от 48,73 МПа (рожь–пажитник) до 155,23 МПа (фасоль–пшеница–расторопша); удельный энергоподвод от вязкой диссипации (SME_{дисс}) составил 4,84–15,86 кДж/кг соответственно. При этом скорости сдвига оставались стабильными (101,7–105,6 с⁻¹), что подтверждает универсальность геометрии шнека. Методом RSM обоснованы рациональные параметры вакуумной экструзии смеси рожь–пажитник: температура 77,5 °С, влажность 32,5 %, частота вращения шнека 350 об/мин, разрежение 50 кПа. Экспериментально доказано, что сочетание высокого давления (155,23 МПа) и вакуумирования (50 кПа) обеспечивает максимальную пористость (81,7 % для смеси фасоль–пшеница–расторопша), в то время как смесь рожь–пажитник формирует наиболее однородную структуру со средним диаметром пор 14,87 мкм. Наблюдаемая тенденция (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,97$ по трём рецептурам) между расчётным давлением и экспериментальной пористостью подтверждает качественное согласие модели с экспериментом. Сформулированы рекомендации по режимам экструзии, обеспечивающие заданные физико-механические характеристики функциональных кормов.

Ключевые слова: одношнековый экструдер, кормовые экструдаты, зернобобовые смеси, рожь, пажитник, микроструктура, пористость, моделирование, степенная реологическая модель, удельный механический энергоподвод

Для цитирования: Курочкин А. А., Фролов Д. И., Поляков А. В. Обоснование конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера для производства кормовых экструдатов из зернобобовых смесей // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 21–34. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-21-34](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-21-34)

Original article

**JUSTIFICATION OF DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF A SINGLE-SCREW EXTRUDER
FOR THE PRODUCTION OF FEED EXTRUDATES FROM CEREAL-LEGUME MIXTURES****A. A. Kurochkin¹, D. I. Frolov², A. V. Polyakov³**^{1, 2, 3} Penza State Technological University, Penza, Russia.

Abstract This article presents the results of a study aimed at justification of the design and operating parameters of a single-screw extruder equipped with a vacuum chamber for the production of functional extrudates from three cereal-legume mixtures: rye–fenugreek (2:1), bean–wheat–milk thistle (1:1:1), and bean–wheat (1:2). A comprehensive approach was employed, comprising a finite element strength analysis of the screw in SolidWorks Simulation, CFD modeling of non-Newtonian melt flow in COMSOL Multiphysics 6.3–based on solid-body geometry generated in SolidWorks 2025, response surface methodology (RSM) optimization of operating parameters, and a quantitative analysis of the finished product's microstructure using Fiji/ImageJ. The strength analysis confirmed the reliability of the 40Kh steel screw with a safety factor exceeding 60. It was established that when utilizing a screw with $D = 40$ mm ($L/D = 4:1$, pitch = 20 mm), the integral process parameters depend significantly on the rheological properties of the raw materials: the pressure in the prematrix zone varied from 48.73 MPa (rye–fenugreek) to 155.23 MPa (bean–wheat–milk thistle), while the specific mechanical energy input from viscous dissipation (SME_{diss}) ranged from 4.84 to 15.86 kJ/kg, respectively. At the same time, shear rates remained stable (101.7–105.6 s⁻¹), thereby confirming the versatility of the screw geometry. RSM established the rational vacuum extrusion parameters for the rye–fenugreek mixture: barrel temperature 77.5 °C, moisture content 32.5%, screw speed 350 rpm, and vacuum level 50 kPa. Experimental results demonstrate that the combination of high

pressure (155.23 MPa) and vacuum application (50 kPa) yields maximum porosity (81.7% for the bean–wheat–milk thistle mixture), whereas the rye–fenugreek mixture forms the most homogeneous structure, featuring an average pore diameter of 14.87 μm . The observed trend (Pearson correlation coefficient $r = 0.97$ across three formulations) between the calculated pressure and experimental porosity confirms a qualitative agreement between the model and experimental data. Recommendations regarding extrusion operating modes have been formulated to ensure the attainment of specified physicochemical and mechanical properties in the functional feed products.

Keywords: single-screw extruder, feed extrudates, cereal-legume mixtures, rye, fenugreek, microstructure, porosity, modeling, power-law rheological model, specific mechanical energy

For citation: Kurochkin, A. A., Frolov, D. I. & Polyakov, A. V. (2026). Justification of design and operating parameters of a single-screw extruder for the production of feed extrudates from cereal-legume mixtures. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 21-34. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-21-34](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-21-34) (in Russian).

Введение. Современное животноводство предъявляет всё более высокие требования к качеству, питательной ценности и функциональной направленности кормов. Одним из наиболее перспективных направлений в технологии кормопроизводства является экструзионная переработка зернобобового сырья, позволяющая получать продукты с улучшенными физико-химическими и биологическими свойствами [1, 2]. В процессе экструзии происходит комплексное термомеханическое воздействие на сырьё: желатинизация крахмала, денатурация белков, инактивация антипитательных факторов (ингибиторов трипсина, лектинов), что существенно повышает усвояемость корма и его безопасность для животных [3, 4]. Особый интерес представляет использование многокомпонентных зернобобовых смесей – таких как рожь с пажитником, фасоль с пшеницей и расторопшей, – которые позволяют формировать кормовые экструдаты функционального назначения с заданным аминокислотным, витаминным и минеральным профилем [5, 6].

Вместе с тем, широкое внедрение экструзионных технологий в кормопроизводство сдерживается рядом нерешённых научно-технических задач. Прежде всего, это касается обоснования конструктивно-режимных параметров экструдеров применительно к конкретным видам многокомпонентного сырья. Традиционный подход, основанный на эмпирическом подборе режимов методом проб и ошибок, является трудоёмким, ресурсозатратным и не обеспечивает воспроизводимости результатов при смене рецептуры [7]. Реологические свойства зернобобовых расплавов существенно различаются в зависимости от состава смеси, соотношения компонентов, влажности и температуры, что делает невозможным прямой перенос режимов, оптимизированных для одного вида сырья, на другой [8, 9].

В последние годы значительный прогресс в решении данной проблемы достигнут благодаря применению методов вычислительной гидродинамики (CFD). Программные комплексы, такие как COMSOL Multiphysics, ANSYS Polyflow и OpenFOAM, позволяют моделировать течение неньютоновских жидкостей в сложных геометрических каналах шнековых экструдеров с учётом теплообмена, вязкого трения и реологических особенностей расплава [10, 11]. CFD-моделирование даёт возможность визуализировать поля давления, температуры и скоростей сдвига вдоль канала шнека, прогнозировать энергозатраты и выявлять зоны потенциальной деградации продукта ещё до проведения натурного эксперимента [12]. Построение трёхмерных твердотельных моделей шнековых узлов в среде SolidWorks с последующим прочностным расчётом методом конечных элементов обеспечивает комплексное обоснование как геометрических, так и силовых параметров конструкции [13].

Однако результаты компьютерного моделирования требуют экспериментальной верификации. Традиционные методы оценки качества экструдатов – определение степени расширения, насыпной плотности, водопоглотительной способности – дают лишь интегральные характеристики продукта и не раскрывают особенностей его внутренней структуры [14]. Между тем именно микроструктура экструдата – размер, форма и распределение пор, однородность крахмально-белковой матрицы – определяет его функциональные свойства: растворимость, текстуру, скорость ферментативного гидролиза в желудочно-кишечном тракте животных [15, 16]. Современные методы цифровой микроскопии в сочетании с программным обеспечением для анализа изображений, в частности Fiji/ImageJ, открывают возможность количественной оценки микроструктурных характеристик экструдатов: пористости, среднего диаметра пор, стандартного отклонения размеров, коэффициента вариации [17, 18]. Применение автоматизированной сегментации (метод Otsu) обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов, исключая субъективный фактор при визуальной оценке [19].

Следует отметить, что в доступной научной литературе практически отсутствуют работы, в которых комплексный подход «CFD-моделирование процесса экструзии + количественный анализ микроструктуры продукта» применялся бы для обоснования параметров одношнековых экструдеров при переработке многокомпонентных

зернобобовых смесей кормового назначения. Большинство исследований ограничиваются либо моделированием без экспериментальной верификации на уровне микроструктуры, либо микроскопическим анализом без привязки к параметрам процесса [20, 21].

Цель исследования – обоснование конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера для производства кормовых экструдатов из зернобобовых смесей на основе CFD-моделирования и количественного анализа микроструктуры.

Задачи исследований – анализ переменных процесса термовакуумной экструзии зернобобовых смесей с помощью методологии поверхности отклика. Проведение CFD-моделирования течения расплава трёх рецептурных смесей в канале шнека и формующей матрице с определением интегральных гидродинамических и тепловых показателей. Исследование влияния термовакуумной экструзии на физические, физико-химические и микроструктурные свойства экструдированных продуктов на основе ржи и пажитника, фасоли, пшеницы и рапса, а также обоснование конструктивно-режимных параметров экструдера путём сопоставления результатов моделирования с количественными характеристиками микроструктуры экструдатов.

Материал и методы исследований. Объектом исследования являлся одношнековый экструдер, разработанный в Пензенском государственном технологическом университете (патент на полезную модель RU 223952 U1), предназначенный для производства кормовых экструдатов функционального назначения из зернобобового сырья. Конструктивной особенностью установки является наличие вакуумной камеры, обеспечивающей регулируемое разрежение в зоне выхода продукта из формующей матрицы, что позволяет управлять процессом порообразования и плотностью получаемого экструдата. Основные конструктивные параметры экструдера: диаметр шнека $D = 40$ мм; отношение длины шнека к диаметру $L/D = 4:1$; шаг витков шнека – 20 мм; размеры формующего канала матрицы – 6×3 мм; диапазон частоты вращения шнека – 200...350 об/мин; разрежение в вакуумной камере – 0...50 кПа.

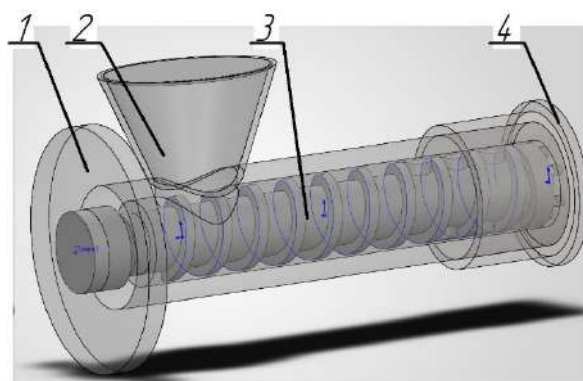


Рис. 1. Общий вид экструдера:
1 – корпус; 2 – горловина; 3 – шнек; 4 – матрица

Для оценки влияния состава сырья на процесс экструзии и микроструктуру готового продукта были выбраны три рецептуры функциональных кормовых смесей, различающихся соотношением крахмалсодержащих и белково-липидных компонентов: рецептура № 1 – рожь и пажитник в массовом соотношении 2:1; рецептура № 2 – фасоль, пшеница и рапс в массовом соотношении 1:1:1; рецептура № 3 – фасоль и пшеница в массовом соотношении 1:2.

Перед экструдированием компоненты измельчали на молотковой дробилке до размера частиц не более 1 мм, смешивали в лабораторном смесителе в течение 10 минут и доводили до требуемой влажности (25...35%) путём дозированного увлажнения водой при непрерывном перемешивании. Подготовленные смеси выдерживали в течение 30 минут для равномерного перераспределения влаги перед подачей в экструдер. Все экспериментальные определения проводились в трёхкратной повторности; результаты представлены в формате «среднее $\pm$ стандартное отклонение».

Твердотельная параметрическая модель шнекового узла экструдера была построена в среде SolidWorks 2025 в соответствии с конструктивной документацией патента RU 223952 U1. Модель включала шнек, цилиндрический корпус, формующую матрицу и фланцевые соединения. Прочностной расчёт шнека выполнялся методом конечных элементов (МКЭ) в модуле SolidWorks Simulation. Расчётная сетка строилась из тетраэдральных элементов второго порядка; в зонах витков и галтелей применялось локальное сгущение сетки до размера элемента

0,8 мм. Граничные условия задавались следующим образом: жёсткое закрепление по посадочной шейке хвостовика; распределённый крутящий момент, рассчитанный исходя из мощности привода при максимальной частоте вращения 350 об/мин; давление расплава на рабочих гранях витков, принятое по результатам CFD-моделирования. Свойства материала шнека (сталь 40Х) задавались по ГОСТ 4543-2016: модуль Юнга – $2,14 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона – 0,28, предел текучести – 785 МПа. Оценивались эквивалентные напряжения по Мизесу, перемещения, угол закручивания шнека и коэффициент запаса прочности.

Гидродинамическое и тепловое моделирование течения расплава зернобобовых смесей в канале шнека и формирующей матрице проводилось в программном комплексе COMSOL Multiphysics 6.3 [10]. Геометрия расчётной области импортировалась из SolidWorks через формат STEP; расчётная область представляла собой объём, занимаемый расплавом между поверхностями шнека, корпуса и матрицы. Использовалась связка модулей Laminar Flow и Heat Transfer in Fluids в режиме стационарного решения с двусторонней связью полей скорости и температуры. Расчётная область покрывалась неструктурированной тетраэдральной сеткой с пограничными призматическими слоями у стенок шнека и корпуса.

Реологическое поведение расплава описывалось степенным законом Оствальда–де Виля для неньютоновской псевдопластичной жидкости [8]:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n, \eta = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (1)$$

где τ – касательное напряжение, Па; η – кажущаяся вязкость, Па·с; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} ; K – коэффициент консистенции, $\text{Па} \cdot \text{с}^n$; n – индекс течения.

Реологические коэффициенты K и n для исследуемых смесей при температуре 80 °С и влажности 32,5 % приняты по результатам анализа литературных данных для близких по составу зернобобовых композиций и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Реологические и теплофизические свойства расплавов зернобобовых смесей

Смесь	$K, \text{Па} \cdot \text{с}^n$	n	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	$\lambda, \text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$
Рожь – пажитник (2:1)	12000	0,40	1280	2100	0,38
Фасоль – пшеница – рапс (1:1:1)	18000	0,47	1310	2050	0,40
Фасоль – пшеница (1:2)	15000	0,43	1295	2080	0,39

Как следует из таблицы 1, смесь № 2 (фасоль–пшеница–рапс) обладает наибольшим коэффициентом консистенции $K = 18000 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$ и наивысшим индексом течения $n = 0,47$, что свидетельствует о её повышенной эффективной вязкости и менее выраженном псевдопластическом поведении по сравнению с двумя другими составами. Смесь № 1 (рожь–пажитник) характеризуется наименьшей консистенцией и наибольшей степенью псевдопластичности ($n = 0,40$), что обусловлено высоким содержанием крахмала ржи, обеспечивающим формирование подвижного расплава при сдвиговых деформациях [8].

Граничные условия CFD-модели задавались следующим образом: на входе в шнековый канал – массовый расход 0,5 кг/мин и температура поступающей смеси 25 °С; на поверхности шнека – условие прилипания с угловой скоростью, соответствующей частоте вращения 350 об/мин; на внутренней стенке корпуса – условие прилипания и постоянная температура 77,5 °С; на срезе матрицы – давление, равное атмосферному (101,3 кПа) либо пониженному до 51,3 кПа (разрежение 50 кПа) для оценки влияния вакуумной камеры. Вязкая диссипация энергии учитывалась как объёмный источник теплоты в уравнении энергии. Решение системы уравнений Навье–Стокса и уравнения энергии выполнялось прямым методом MUMPS с относительной погрешностью сходимости 10^{-4} . По результатам моделирования определялись поля давления, температуры, скорости и скорости сдвига вдоль оси шнека, а также интегральные показатели: перепад давления на матрице, удельный энергоподвод от вязкой диссипации (SME_дисс, кДж/кг) и средняя температура расплава на выходе. Следует отметить, что показатель SME_дисс характеризует только энергию вязкого трения расплава в канале шнека и не включает общие затраты привода, потери на трение о стенки корпуса и затраты на нагрев сырья, которые учитываются в показателе полной удельной механической энергии (SME_полн), определяемом экспериментально.

Экструдирование подготовленных смесей проводилось на лабораторном образце экструдера при режимах, установленных как рациональные на основании предварительных исследований и результатов CFD-модели-

рования: влажность сырья – 32,5 %; частота вращения шнека – 350 об/мин; температура корпуса – 77,5 °С; разрежение в вакуумной камере – 50 кПа; производительность – 0,5 кг/мин. Полученные экструдаты охлаждали до комнатной температуры в условиях естественной конвекции, после чего высушивали в сушильном шкафу при 60 °С в течение 2 часов до конечной влажности 9...11 %. Высушенные образцы герметично упаковывали и хранили в эксикаторе над прокалённым силикагелем до проведения микроструктурного анализа.

Микроструктура экструдатов исследовалась с помощью цифрового микроскопа при увеличениях 4×, 10× и 100× с калибровкой масштаба по объект-микрометру (цена деления 10 мкм). С каждого образца получали не менее девяти микрофотографий в формате TIFF с разрешением 2592 × 1944 пикс. Дополнительно выполнялась макrofотосъёмка цилиндрических жгутов экструдатов в стандартизированных условиях освещения для документирования общего вида и геометрии поровых каналов.

Количественный анализ изображений проводился в программном пакете Fiji (ImageJ) по следующему алгоритму: перевод изображения в 8-битный формат полутонов; коррекция неравномерности освещения фильтром Subtract Background (rolling ball, радиус 50 пикс.); бинаризация автоматическим методом Otsu с инверсией для выделения пор как светлых объектов на тёмном фоне матрицы; морфологические операции Fill Holes и Watershed для разделения слипшихся пор; измерение геометрических характеристик функцией Analyze Particles с фильтрацией по размеру (минимальная площадь 5 пикс²) и по фактору формы (Circularity ≥ 0,3).

Для каждого образца определяли: эквивалентный диаметр пор $d_{\text{экв}} = \sqrt{(4S/\pi)}$, где S – площадь поры; среднее арифметическое и стандартное отклонение диаметра пор; минимальное и максимальное значения $d_{\text{экв}}$; коэффициент вариации $CV = SD/d_{\text{cp}}$; интегральную пористость Π как отношение суммарной площади пор к общей площади анализируемого кадра (в процентах). Однородность микроструктуры оценивали показателем $H = 1 - CV$, предложенным для количественной характеристики равномерности поровой структуры экструдированных продуктов [18]. Репрезентативность объёма анализируемой области контролировалась в соответствии с методологией определения размера представительного элемента объёма (RVE) [20]. Полученные количественные данные обрабатывали в программе Statistica 10. Достоверность различий между рецептурами по среднему диаметру пор оценивали однофакторным дисперсионным анализом. Связь между расчётными гидродинамическими параметрами (давление в зоне матрицы, скорость сдвига) и микроструктурными показателями экструдатов (пористость, средний диаметр пор) устанавливали корреляционным анализом по Пирсону. Результаты представлены в виде «среднее ± стандартное отклонение» при объёме выборки не менее 150 пор на каждую рецептуру.

Результаты исследований.

Результаты вычислительного моделирования. На рисунке 2 представлено распределение эквивалентных напряжений по Мизесу вдоль оси шнека, полученное в SolidWorks Simulation. Максимальные эквивалентные напряжения локализованы в зонах галтельных переходов у основания витков шнека и составляют не более 13 МПа, что существенно ниже предела текучести стали 40Х (785 МПа по ГОСТ 4543-2016 «Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия»). Коэффициент запаса прочности (рис. 3) по всей длине шнека превышает 60, что подтверждает работоспособность конструкции при заданных нагрузках и свидетельствует о наличии значительного конструктивного резерва, допускающего увеличение производительности экструдера или переход на более вязкие составы без риска пластической деформации шнека.

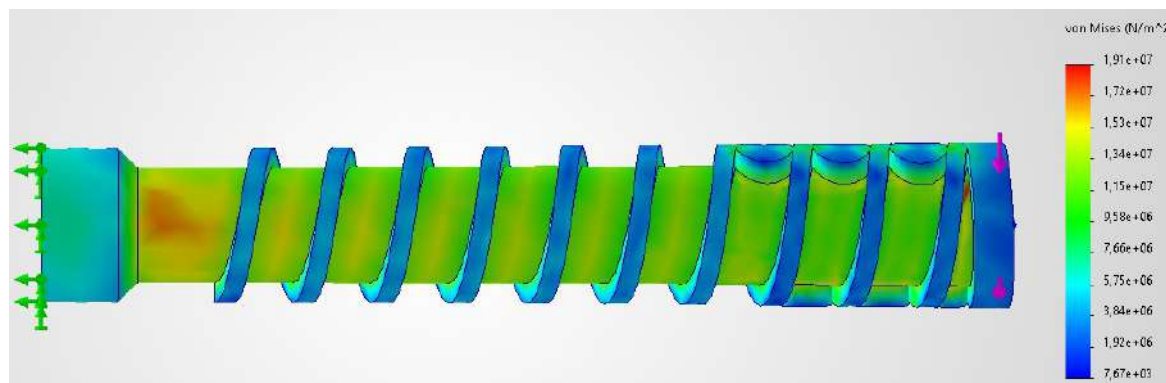


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу вдоль оси шнека

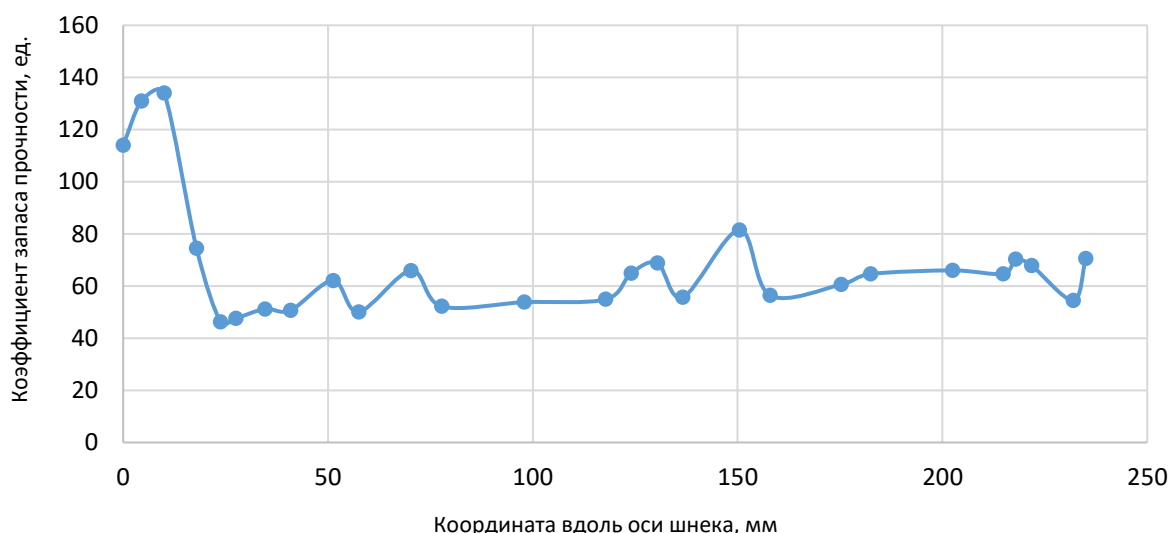


Рис. 3. Распределение коэффициента запаса прочности вдоль оси шнека

Результаты CFD-моделирования течения расплава трёх зернобобовых смесей в канале шнека и формирующей матрице, выполненного в COMSOL Multiphysics 6.3, представлены в таблице 2 и на рисунках 4-6. Моделирование проводилось при граничных условиях, соответствующих базовому режиму термовакуумной экструзии: частота вращения шнека 350 об/мин, температура корпуса 77,5 °С, массовый расход 0,5 кг/мин, давление на срезе матрицы 51,3 кПа (разрежение 50 кПа).

Таблица 2

Интегральные показатели процесса экструзии зернобобовых смесей
(расчётные данные моделирования в COMSOL Multiphysics 6.3)

Смесь	Давление на матрице, МПа	Средняя Т на выходе, °С	SME, кДж/кг	Средняя скорость сдвига, с ⁻¹	Мощность диссипации, Вт
Рожь – пажитник (2:1)	48,73	74,7	4,84	105,58	40,37
Фасоль – пшеница – растропша (1:1:1)	155,23	228,1	15,86	101,73	132,13
Фасоль – пшеница (1:2)	78,57	118,8	8,07	103,97	67,23

Анализ полей давления (рис. 4) выявил существенную зависимость давления в предматричной зоне от состава перерабатываемой смеси. Максимальное давление (155,23 МПа) зафиксировано при экструзии смеси № 2 (фасоль–пшеница–растропша), что более чем в 3 раза превышает показатели базового состава (смесь № 1, 48,73 МПа). Данный результат закономерно следует из реологических свойств смеси № 2, обладающей наибольшим коэффициентом консистенции $K = 18000 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$ (табл. 1): повышенная эффективная вязкость расплава при продвижении по сужающемуся каналу шнека обуславливает более интенсивное нарастание гидростатического давления в предматричной зоне [10, 11]. Столь значительный градиент давления на выходе из матрицы в вакуумную камеру (перепад $\Delta P \approx 155 \text{ МПа}$ при разрежении 50 кПа) является определяющим фактором формирования высокопористой структуры продукта (81,7 %, табл. 3) – мгновенное фазовое превращение влаги при резком падении давления приводит к интенсивному зародышеобразованию и расширению стенок пор [14, 15]. Таким образом, CFD-моделирование позволяет прогнозировать степень порообразования экструдата по величине давления в предматричной зоне.

Смесь № 3 (фасоль–пшеница, 1:2) занимает промежуточное положение: давление 78,57 МПа обусловлено средним значением коэффициента консистенции ($K = 15000 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$). Однако, несмотря на более низкое давление по сравнению со смесью № 2, экструдат данной рецептуры характеризуется наиболее неоднородной структурой ($H = 0,18$, табл. 3), что указывает на неравномерное распределение белковых и крахмалистых фаз в расплаве при данном соотношении компонентов, приводящее к локальным флуктуациям вязкости и, как следствие, к бимодальному распределению размеров пор [8, 16].

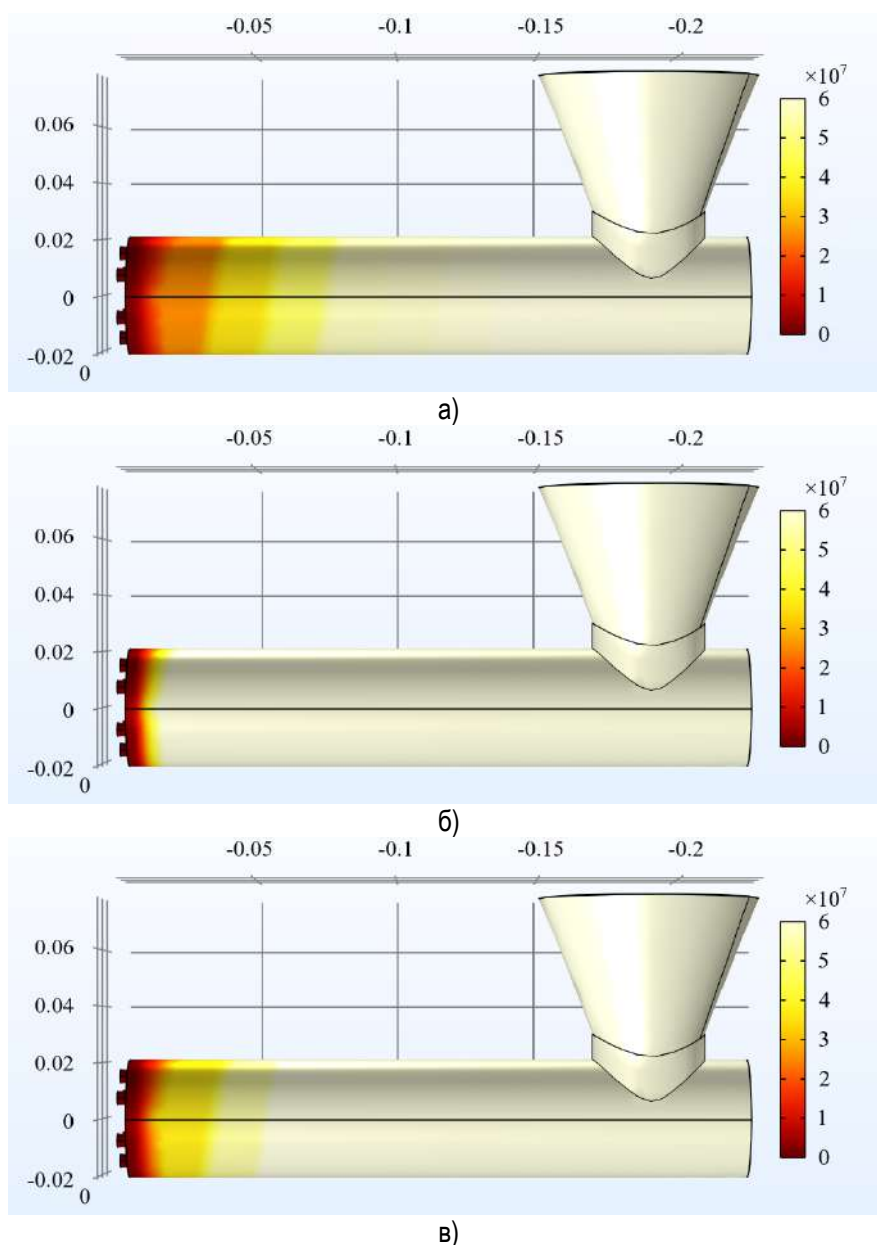


Рис. 4. Поля давления для исследуемых смесей:
а) рожь-пажитник (2:1); б) фасоль-пшеница-расторопша (1:1:1); в) фасоль-пшеница (1:2)

Смесь № 1 (рожь–пажитник, 2:1) характеризуется наименьшим давлением в предматричной зоне (48,73 МПа) и умеренной температурой на выходе (74,7 °С), что объясняется наиболее низким коэффициентом консистенции ($K = 12000 \text{ Па} \cdot \text{с}^n$) и наименьшим индексом течения ($n = 0,40$). Данные условия обеспечивают щадящий термомеханический режим экструзии, благоприятный для сохранности термолабильных биоактивных компонентов – антоцианов ржи и фенольных соединений пажитника [5, 6].

Оценка энергетических характеристик процесса подтверждает прямую связь между реологическими свойствами сырья и энергозатратами на его переработку. Удельный энергоподвод от вязкой диссипации (SME_дисс) для смеси № 2 составил 15,86 кДж/кг, что в 3,3 раза превышает значение для смеси № 1 (4,84 кДж/кг) и в 1,97 раза – для смеси № 3 (8,07 кДж/кг). Данная закономерность коррелирует с повышенным сопротивлением материала сдвиговым деформациям при высоком коэффициенте консистенции [12]. Мощность вязкой диссипации для смеси № 2 (132,13 Вт) приводит к значительному разогреву расплава, о чём свидетельствует расчётная температура на выходе 228,1 °С (расчётная температура без учета теплоотвода). Следует подчеркнуть, что столь высокая температура создаёт серьёзный риск термической деградации термолабильных биологически активных веществ, что требует строгого контроля параметров охлаждения в зоне дозирования и, возможно, конструктивной модификации шнека (увеличение шага витков или глубины канала) для снижения интенсивности сдвигового разогрева при переработке высоковязких составов [7, 12].

Визуализация полей скоростей сдвига (рис. 5) подтверждает важный конструктивный вывод об инвариантности механического воздействия шнека к типу перерабатываемого сырья. Несмотря на существенные различия в реологических свойствах смесей (K от 12000 до 18000 Па·сⁿ, n от 0,40 до 0,47), средние значения скоростей сдвига в рабочей зоне варьируются в узком диапазоне 101,7–105,6 с⁻¹. В связи с идентичностью профилей распределения для всех исследуемых рецептур, на рисунке 5 приведено характерное поле скоростей для базовой смеси рожь-пажитник (2:1). Стабильность данного показателя свидетельствует о том, что выбранные геометрические параметры шнека (диаметр 40 мм, шаг витков 20 мм, $L/D = 4:1$) обеспечивают однородную интенсивность механической проработки расплава независимо от его вязкостных характеристик, что является подтверждением рациональности конструктивного решения, заложенного в патенте RU 223952 U1 [9, 13].

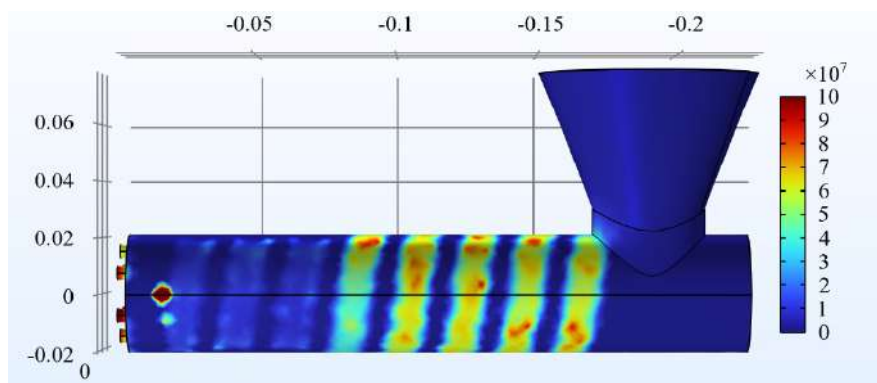


Рис. 5. Характерное распределение скоростей сдвига в канале шнека (на примере смеси рожь-пажитник (2:1))

Распределение давления вдоль оси экструдера для трёх исследуемых смесей представлено на рисунке 6. Для всех рецептур характерно монотонное нарастание давления от зоны загрузки к предматричной зоне, однако крутизна градиента существенно различается. Для смеси № 2 кривая давления имеет наиболее крутой профиль, что согласуется с максимальным значением давления на матрице (155,23 МПа) и подтверждает необходимость усиленного конструктивного исполнения зоны сопряжения корпуса с матрицей при переработке высоковязких составов.

Результаты экспериментальных исследований. Обоснование рациональных параметров термовакuumной экструзии проводилась методом поверхности отклика (RSM) на примере смеси рожь-пажитник (2:1). Варьировались четыре фактора: температура цилиндра (70...100 °C), влажность сырья (25...35 %), частота вращения шнека (200...350 об/мин) и разрежение в вакуумной камере (0...50 кПа). В качестве откликов оценивались индекс водопоглощения, насыпная плотность, полная удельная механическая энергия ($SME_{полн}$), общее содержание фенольных соединений и коэффициент расширения. Все экспериментальные определения в рамках RSM проводились в трёхкратной повторности.

Индекс водопоглощения экструдатов изменялся в диапазоне от $3,64 \pm 0,21$ до $8,08 \pm 0,34$ г/г при значении контрольного образца (без экструзии) $3,33 \pm 0,15$ г/г. Повышение влажности сырья до 30 % приводило к увеличению индекса водопоглощения, однако при дальнейшем увеличении влажности наблюдалась обратная тенденция. Данный эффект обусловлен тем, что при избыточной влажности смазывающее действие воды снижает интенсивность сдвиговых деформаций в канале шнека, что уменьшает степень механической деструкции и желатинизации крахмала и приводит к формированию менее расширенной структуры экструдата [3, 14]. Рост температуры цилиндра также вызывал снижение индекса водопоглощения вследствие преобладания процессов декстринизации крахмала над желатинизацией [4]. Повышение уровня разрежения в вакуумной камере, напротив, способствовало увеличению индекса водопоглощения, что объясняется формированием более развитой пористой структуры экструдата [1].

Полная удельная механическая энергия ($SME_{полн}$) процесса составляла от 101 ± 6 до 166 ± 9 кДж/кг. Данный показатель определялся экспериментально как отношение потребляемой мощности привода (за вычетом мощности холостого хода) к массовому расходу сырья и характеризует суммарные затраты механической энергии на переработку, включая трение о стенки корпуса, привод шнека и деформацию расплава. В отличие от расчётного показателя $SME_{дисс}$ (табл. 2), определяемого в CFD-модели как энергия вязкой диссипации в объёме расплава (4,84–15,86 кДж/кг), $SME_{полн}$ включает все составляющие энергозатрат привода, что объясняет различие в абсолютных значениях. Наиболее существенное влияние на $SME_{полн}$ оказывала влажность сырья: повышение

влажности значительно снижало энергозатраты благодаря смазывающему действию воды, уменьшающему внутреннее трение в расплаве [7]. Рост температуры цилиндра также приводил к снижению SME_полн, поскольку высокотемпературная обработка ускоряет желатинизацию крахмала и переход расплава в вязкотекучее состояние, что снижает его эффективную вязкость [12]. Увеличение частоты вращения шнека, напротив, приводило к повышению SME_полн, что согласуется с прямой пропорциональной зависимостью между скоростью вращения и мощностью, подводимой к расплаву [10]. Уровень разрежения не оказывал статистически значимого влияния на полную механическую энергию.

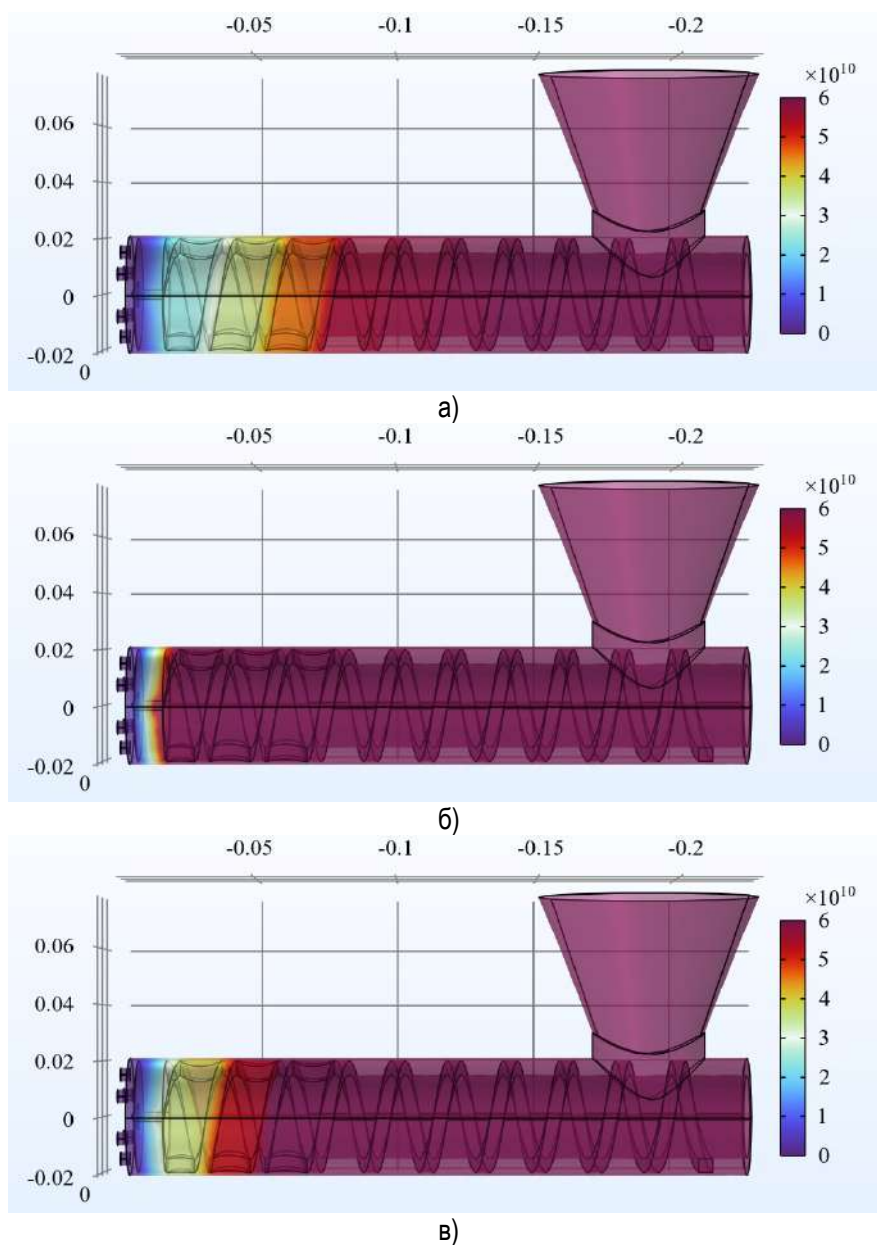


Рис. 6. Распределение давления вдоль оси экструдера:
а) рожд-пажитник (2:1); б) фасоль-пшеница-расторопша (1:1:1); в) фасоль-пшеница (1:2)

Общее содержание фенольных соединений в экструдатах составляло от $20,1 \pm 1,8$ до $54,1 \pm 3,2$ мг GAE/100 г сухого вещества. Повышение влажности сырья способствовало лучшей сохранности фенольных соединений за счёт снижения интенсивности сдвиговых и тепловых воздействий [6]. Влияние температуры цилиндра носило экстремальный характер: умеренный нагрев увеличивал содержание фенолов вследствие разрушения клеточных структур и высвобождения связанных фенольных соединений, тогда как при температуре выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ преобладала их термическая деградация [15]. Повышение частоты вращения шнека приводило к снижению

содержания фенолов из-за усиления тепловыделения за счёт вязкого трения. Уровень разрежения оказывал умеренное положительное влияние на сохранность фенольных соединений, что обусловлено снижением температуры кипения воды в вакуумной камере и, как следствие, уменьшением термического воздействия на биоактивные компоненты [1, 6].

Коэффициент расширения экструдатов варьировался от $0,98 \pm 0,05$ до $1,89 \pm 0,08$ при коэффициенте детерминации регрессионной модели $R^2 = 0,88$. Повышение температуры цилиндра увеличивало коэффициент расширения вследствие снижения вязкости расплава и усиления парообразования. Влажность сырья оказывала экстремальное влияние: рост влажности до 30 % увеличивал степень желатинизации крахмала и, соответственно, расширение, тогда как при влажности выше 30 % смазывающий эффект снижал эластичность расплава и препятствовал расширению [3]. Уровень разрежения оказывал наиболее выраженное влияние на коэффициент расширения: увеличение перепада давления между зоной матрицы и вакуумной камерой интенсифицировало выделение водяного пара из расплава, что обеспечивало существенное увеличение объёма экструдата [1, 14]. Детальные регрессионные уравнения и результаты дисперсионного анализа (ANOVA) для всех откликов планируется представить в отдельной публикации, посвящённой полной RSM-оптимизации; в настоящей работе данные RSM используются для качественного обоснования выбора рационального режима экструзии.

Сопоставление вакуумной и обычной экструзии при рациональных режимах показало, что применение разрежения 50 кПа обеспечивает более высокий коэффициент расширения, более низкую насыпную плотность и меньшую твёрдость экструдата (152 ± 8 Н против 162 ± 7 Н для обычной экструзии). Насыпная плотность и индекс водопоглощения обычных экструдатов составили соответственно 616 ± 18 кг/м³ и $4,69 \pm 0,22$ г/г [14]. Вакуумная экструзия также обеспечила лучшую сохранность антоцианов: содержание цианидин-3-глюкозида (C3G) составило $0,02 \pm 0,005$ мг/100 г сухого вещества, пеонидин-3-глюкозида (P3G) – $3,2 \pm 0,18$ мг/100 г сухого вещества, тогда как при обычной экструзии эти показатели были равны $0,01 \pm 0,003$ и $1,92 \pm 0,14$ мг/100 г сухого вещества соответственно [15]. Химический состав экструдата смеси рожь–пажитник: крахмал – $38 \pm 2,5$ %, пищевые волокна – $15,3 \pm 1,1$ %, белок – $12,2 \pm 0,9$ %, содержание антоцианов – $3,9 \pm 0,3$ мг/100 г сухого вещества, индекс растворимости в воде – $2,8 \pm 0,2$ %.

Сопоставление расчётных и экспериментальных данных. Количественный анализ микроструктуры, выполненный в Fiji/ImageJ [17], выявил существенные различия между рецептурами (табл. 3, рис. 7).

Таблица 3

Микроструктурные характеристики экструдатов трёх рецептур

Показатель	Рожь-пажитник (2:1)	Фасоль-пшеница-расторопша (1:1:1)	Фасоль-пшеница (1:2)
Средний диаметр пор, мкм	$14,87 \pm 4,09$	$6,93 \pm 3,25$	$22,18 \pm 18,26$
Минимальный диаметр пор, мкм	11,06	2,64	3,79
Максимальный диаметр пор, мкм	21,62	11,23	41,59
Пористость, %	$55,5 \pm 3,6$	$81,7 \pm 5,3$	$63,2 \pm 4,1$
Однородность $H = 1 - CV$	0,72	0,53	0,18

Сопоставление данных таблиц 2 и 3 позволяет установить выраженную положительную тенденцию между гидродинамическими параметрами процесса экструзии, рассчитанными в COMSOL, и микроструктурными характеристиками готового продукта, определёнными в Fiji/ImageJ. Расчётный коэффициент корреляции Пирсона между давлением в предматричной зоне и пористостью экструдата составил $r = 0,97$; однако, учитывая малый объём выборки ($n = 3$ рецептуры), данное значение следует рассматривать как качественный тренд, требующий подтверждения на расширенном наборе экспериментальных точек (не менее 5-6 рецептур) для обеспечения статистической достоверности. Тем не менее наблюдаемая тенденция указывает на решающее влияние градиента давления «матрица-вакуумная камера» на интенсивность порообразования. Следует подчеркнуть, что CFD-модель была верифицирована только для базового режима экструзии (350 об/мин, влажность 32,5 %, температура корпуса 77,5 °C). Распространение выводов модели на всю область варьирования параметров RSM (200-350 об/мин, 25–35 %, 70-100 °C) требует проведения дополнительных расчётов для крайних точек плана эксперимента, что является предметом дальнейших исследований.

Смесь рожь-пажитник (2:1) формирует наиболее однородную микроструктуру со средним диаметром пор $14,87 \pm 4,09$ мкм, умеренной пористостью 55,5 % и высоким показателем однородности $H = 0,72$. Умеренное давление в предматричной зоне (48,73 МПа) и низкое значение $SME_{\text{дисс}}$ (4,84 кДж/кг) обеспечивают контролируемое порообразование без избыточного разрушения крахмально-белковой матрицы. Такая структура свидетельствует

о стабильном протекании процессов желатинизации крахмала и порообразования, что обусловлено оптимальным содержанием крахмала ржи и равномерным распределением частиц пажитника в матрице расплава [5, 6].

Смесь фасоль-пшеница-расторопша (1:1:1) характеризуется наибольшей пористостью (81,7 %) при наименьшем среднем диаметре пор ($6,93 \pm 3,25$ мкм). Данный результат является прямым следствием максимального давления в предматричной зоне (155,23 МПа, табл. 2): при выходе расплава из матрицы в вакуумную камеру с давлением 51,3 кПа возникает перепад давления свыше 155 МПа, что инициирует взрывное фазовое превращение воды в пар, обеспечивающее массовое зародышеобразование. Высокая пористость при мелких порах указывает на интенсивное зародышеобразование в условиях повышенной вязкости расплава ($K = 18\,000 \text{ Па} \cdot \text{с}$): белок фасоли формирует плотную белково-крахмальную сеть, которая ограничивает рост пузырьков, но не препятствует их многочисленному зарождению [3, 15]. Вместе с тем показатель однородности $H = 0,53$ свидетельствует о значительной вариабельности размеров пор, что может негативно влиять на равномерность ферментативного гидролиза корма в желудочно-кишечном тракте животных [16].

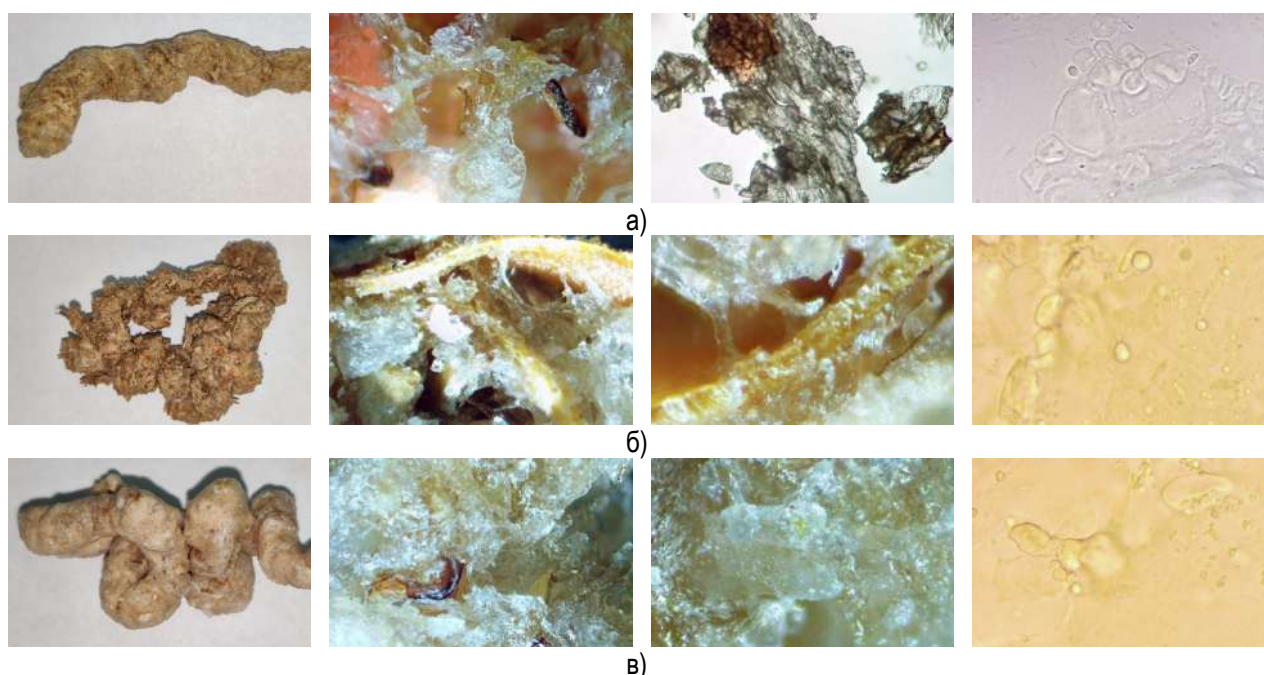


Рис. 7. Микрофотографии при увеличениях 1х, 4х, 10х, 100х:
а) рожь – пажитник (2:1); б) фасоль – пшеница – расторопша (1:1:1); в) фасоль – пшеница (1:2)

Смесь фасоль-пшеница (1:2) демонстрирует бимодальное распределение пор с наибольшим средним диаметром ($22,18 \pm 18,26$ мкм) и крайне низким показателем однородности $H = 0,18$. Широкий диапазон размеров пор (от 3,79 до 41,59 мкм) свидетельствует о неоднородности процесса порообразования, что может быть связано с неравномерным распределением белковых и крахмалистых фаз в расплаве при данном соотношении компонентов [8]. Промежуточное значение давления (78,57 МПа) и $SME_{\text{дисс}}$ (8,07 кДж/кг) указывают на то, что интенсивность термомеханического воздействия для данной смеси является недостаточной для полной гомогенизации расплава, что и проявляется в бимодальном распределении пор. Для улучшения структуры экструдата данной рецептуры целесообразно увеличить длину зоны смешения шнека или ввести дополнительные смесительные элементы [9, 13]. Такая структура является наименее предпочтительной с точки зрения требований к функциональным кормам.

Таким образом, выполненное CFD-моделирование в сочетании с количественным анализом микроструктуры позволяет сформулировать следующие рекомендации по режимам работы экструдера для каждого типа сырья:

- для смеси рожь-пажитник (2:1) рациональным является базовый режим ($T = 77,5$ °C, $n = 350$ об/мин, вакуум 50 кПа), обеспечивающий наилучшее сочетание однородности микроструктуры и сохранности биоактивных компонентов;

- для смеси фасоль-пшеница-расторопша (1:1:1) необходимо снижение частоты вращения шнека до 250-300 об/мин и/или увеличение влажности сырья до 35 % для уменьшения давления в предматричной зоне и температуры расплава, что позволит предотвратить термическую деградацию биоактивных веществ;

- для смеси фасоль–пшеница (1:2) требуется конструктивная модификация шнека (увеличение длины зоны смешения, введение дополнительных смесительных элементов) для обеспечения полной гомогенизации расплава и формирования однородной поровой структуры.

Заключение. Проведено комплексное обоснование конструктивно-режимных параметров одношнекового экструдера (патент RU 223952 U1) для переработки зернобобовых смесей. Прочностной расчёт в SolidWorks подтвердил надёжность шнека из стали 40X при максимальных нагрузках (коэффициент запаса > 60). CFD-моделирование в COMSOL показало, что давление в предматричной зоне (48,73–155,23 МПа) и удельный энергоподвод от вязкой диссипации (4,84–15,86 кДж/кг) напрямую определяются реологией сырья, тогда как стабильные скорости сдвига (101,7–105,6 с⁻¹) подтверждают универсальность выбранной геометрии шнека.

Методом поверхности отклика обоснованы рациональные параметры вакуумной экструзии смеси рожь–пажитник (77,5 °С, влажность 32,5 %, 350 об/мин, разрежение 50 кПа), обеспечивающие повышенное расширение и сохранение антоцианов. Количественный анализ микроструктуры выявил, что данная смесь формирует наиболее однородные поры (14,87 мкм, пористость 55,5 %), смесь фасоль–пшеница–расторопша отличается максимальной пористостью (81,7 %), а фасоль–пшеница – неоднородной бимодальной структурой. Наблюдаемая положительная тенденция ($r = 0,97$ по трём рецептурам) между расчётным давлением и экспериментальной пористостью свидетельствует о качественном согласии вычислительной модели с экспериментальными данными для базового режима экструзии; подтверждение данной зависимости на расширенном наборе рецептур является предметом дальнейших исследований. Интегральный подход (CFD-моделирование + количественный анализ микроструктуры) рекомендуется для объективного проектирования и адаптации экструзионного оборудования под конкретные рецептуры кормового назначения.

Список источников

1. Бахчевников О. Н., Брагинцев С. В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 4. С. 690-706. DOI: [10.21603/2074-9414-2020-4-690-706](https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-690-706) EDN: [CDJMBD](https://www.edn.ru/CDJMBD)
2. Бахарев, В. В. Исследование физико-химических показателей свекольных выжимок после их дегидратации с последующей экструзией / В. В. Бахарев [и др.] // Индустрия питания. 2022. Т. 7, № 3. С. 25-31. DOI: [10.29141/2500-1922-2022-7-3-3EDNAYCZZR](https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-3-3EDNAYCZZR) EDN: [AYCZZR](https://www.edn.ru/AYCZZR)
3. Челомбитко М. А., Корко В. С., Назаренко Р. А. Применение сверхкритического диоксида углерода при экструзии в пищевой промышленности // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. 2021. С. 61-63. EDN: [OMVINZ](https://www.edn.ru/OMVINZ)
4. Алферников О. Ю., Щубко А. С. Технология и оборудование экструзионной обработки животного и растительного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2007. №. 3. С. 87-89. EDN: [KUVFKX](https://www.edn.ru/KUVFKX)
5. Коробов В. П., Ситников В. А., Славнов Е. В. Экструзия озимой ржи – один из путей развития кормовой базы на Урале // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2009. №. 3. С. 56-63. EDN: [PYWANZ](https://www.edn.ru/PYWANZ)
6. Шелюто, Б. В., Нестерова И. М. Пажитник греческий (*Trigonella foenum graecum* L.) – перспективная кормовая культура для Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 1. С. 88-91. EDN: [ZSRXSX](https://www.edn.ru/ZSRXSX)
7. Минаева Л. В., Минаева Т. В., Кравцова Е. В. Ресурсосберегающие технологии переработки комбикормов с использованием процесса экструзии // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности. 2013. С. 374-377.
8. Фролов В. Ю. и др. Технологии и технические средства приготовления концентрированных кормов с использованием соевого белка // World science. 2016. Т. 1. №. 3 (7). С. 53-58. EDN: [VQEYLD](https://www.edn.ru/VQEYLD)
9. Курманов А. К., Кабдушева А. С. Обоснование конструкции шнекового экструдера для производства кормов // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина: мультидисциплинарный. 2021. №. 4 (111). С. 90-96. DOI: [10.51452/kazatu.2021.4\(111\).832](https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.4(111).832) EDN: [MYAIZX](https://www.edn.ru/MYAIZX)
10. Остриков А. Н., Абрамов О. В., Рудометкин А. С. Экструзия в пищевых технологиях : монография. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. 288 с. ISBN: 5-901065-62-X EDN: [WDJKOB](https://www.edn.ru/WDJKOB)
11. Николаев В. Н., Яворский В. И. Анализ процесса экструзии кормов и совершенствование экструдера // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 61-66. EDN: [TMKXOV](https://www.edn.ru/TMKXOV)
12. Белов А. Г. [и др.]. Инновационная разработка технологии и оборудования для производства экструдированных кормов с ультрадисперсными частицами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 155-158. EDN: [DRPFDF](https://www.edn.ru/DRPFDF)
13. Бурмага, А. В., Крючков А. М. Основы теории процесса экструдирования кормов // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве : сб. науч. тр. 2016. С. 95-100. EDN: [XRZTSX](https://www.edn.ru/XRZTSX)
14. Касьянов Г. И. Функциональные продукты питания: технологии, оценка качества и безопасность : сборник трудов конференции. Краснодар : Экоинвест, 2019. 276 с.
15. Bamidele O. P., Emmambux M. N. Encapsulation of bioactive compounds by "extrusion" technologies: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2021. Т. 61. №. 18. С. 3100-3118. DOI: [10.1080/10408398.2020.1793724](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793724) EDN: [ICLVYB](https://www.edn.ru/ICLVYB)

16. Manzoor S. [et al.]. The use of extrusion technology for encapsulation of bioactive components for their improved stability and bioavailability // *Nutrition & Food Science*. 2023. Т. 53. №. 6. С. 959-976. DOI: [10.1108/nfs-04-2022-0125](https://doi.org/10.1108/nfs-04-2022-0125) EDN: [AXAFQI](#)
17. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / J. Schindelin [et al.] // *Nature Methods*. 2012. Vol. 9, No. 7. P. 676-682. DOI: [10.1038/nmeth.2019](https://doi.org/10.1038/nmeth.2019) EDN: [RIHVVP](#)
18. Ding Q.-B., Ainsworth M. G., Fryer P. J. CFD simulation of food extrusion processes // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 112. P. 368-382.
19. Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1979. Vol. 9, No. 1. P. 62-66.
20. Kanit, T., [et al.] Determination of the size of the representative volume element for random composites: statistical and numerical approach // *International Journal of Solids and Structures*. 2003. Vol. 40, No. 13-14. P. 3647-3679. DOI: [10.1016/S0020-7683\(03\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(03)00143-4) EDN: [BGMNEX](#)

References

1. Bakhchevnikov, O. N. & Braginets, S. V. (2020). Extrusion of plant raw materials for food products (A review). *Tekhnika i Tekhnologiya Pishchevykh Proizvodstv [Techniques and Technology of Food Production]*. 50(4), 690-706. DOI: [10.21603/2074-9414-2020-4-690-706](https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-690-706) EDN: [CDJMBD](#) (in Russian).
2. Bakharev, V. V. & [et al.]. (2022). Study of physicochemical parameters of beet pulp after dehydration with subsequent extrusion. *Industriya Pitaniya [Food Industry]*. 7(3), 25-31. DOI: [10.29141/2500-1922-2022-7-3-3EDNAYCZZR](https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-3-3EDNAYCZZR) EDN: [AYCZZR](#) (in Russian).
3. Chelombitko, M. A., Korko, V. S. & Nazarenko, R. A. (2021). Application of supercritical carbon dioxide in extrusion in the food industry. *Pererabotka i Upravlenie Kachestvom Sel'skokhozyaistvennoi Produktsii [Processing and Quality Management of Agricultural Products]*. 61-63. EDN: [OMVINZ](#) (in Russian).
4. Alferinov, O. Y. & Shchubko, A. S. (2007). Technology and equipment for extrusion processing of animal and plant raw materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Pishchevaya Tekhnologiya [Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology]*. (3), 87-89. EDN: [KUVFKX](#) (in Russian).
5. Korobov, V. P., Sitnikov, V. A. & Slavnov, E. V. (2009). Extrusion of winter rye as one of the ways to develop the fodder base in the Urals. *Vestnik Permskogo Federal'nogo Issledovatel'skogo Tsentra [Bulletin of the Perm Federal Research Center]*, (3). 56-63. EDN: [PYWANZ](#) (in Russian).
6. Shelyuto, B. V. & Nesterova, I. M. (2011). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a promising fodder crop for Belarus. *Vestnik Belorusskoi Gosudarstvennoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]*. (1), 88-91. EDN: [ZSRXSX](#) (in Russian).
7. Minaeva, L. V., Minaeva, T. V. & Kravtsova, E. V. (2013). Resource-saving technologies for processing compound feeds using the extrusion process. *Tekhnologii i Oborudovanie Khimicheskoi, Biotekhnologicheskoi i Pishchevoi Promyshlennosti [Technologies and Equipment of Chemical, Biotechnological and Food Industry]*. 374-377. (in Russian).
8. Frolov, V. Y. & [et al.]. (2016). Technologies and technical means for preparing concentrated feeds using soy protein. *World Science*. 1(3(7)), 53-58. EDN: [VQEYLD](#) (in Russian).
9. Kurmanov, A. K., & Kabdusheva, A. S. (2021). Justification of the design of the extruder screw for feed production. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university: Multidisciplinary*, (4 (111)), 90-96. DOI: [10.51452/kazatu.2021.4\(111\).832](https://doi.org/10.51452/kazatu.2021.4(111).832) EDN: [MYAIZX](#) (in Russian).
10. Ostrikov, A. N., Abramov, O. V. & Rudometkin, A. S. (2004). Extrusion in food technologies. GIORO. ISBN: 5-901065-62-X EDN: [WDJKOB](#) (in Russian).
11. Nikolaev, V. N. & Yavorsky, V. I. (2015). Analysis of the feed extrusion process and improvement of the extruder. *Vestnik ChGAA [Bulletin of the Chelyabinsk State Agroengineering University]*. 71, 61-66. EDN: [TMKXOV](#) (in Russian).
12. Belov, A. G. & [et al.]. (2019). Innovative development of technology and equipment for producing extruded feeds with ultrafine particles. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]*. (5(79)), 155-158. EDN: [DRPFDF](#) (in Russian).
13. Burmaga, A. V. & Kryuchkov, A. M. (2016). Fundamentals of the theory of feed extrusion. In *Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Tekhnologicheskikh Protessov v Sel'skokhozyaistvennom Proizvodstve: Sbornik Nauchnykh Trudov [Mechanization and Electrification of Technological Processes in Agricultural Production: Collection of Scientific Papers]* 95-100. EDN: [XRZTSX](#) (in Russian).
14. Kasyanov, G. I. (2019). Functional food products: technologies, quality assessment and safety. *Proceedings of the conference*. Krasnodar: Ecoinvest. 276. (in Russian).
15. Bamidele, O. P. & Emmambux, M. N. (2021). Encapsulation of bioactive compounds by extrusion technologies: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 61(18), 3100-3118. DOI: [10.1080/10408398.2020.1793724](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793724) EDN: [ICLVYB](#)
16. Manzoor, S. & [et al.]. (2023). The use of extrusion technology for encapsulation of bioactive components for their improved stability and bioavailability. *Nutrition & Food Science*. 53(6), 959-976. <https://doi.org/10.1108/NFS-09-2022-0254>. DOI: [10.1108/nfs-04-2022-0125](https://doi.org/10.1108/nfs-04-2022-0125) EDN: [AXAFQI](#)
17. Schindelin, J. & [et al.]. (2012). Fiji: An open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 676-682. DOI: [10.1038/nmeth.2019](https://doi.org/10.1038/nmeth.2019) EDN: [RIHVVP](#)
18. Ding, Q.-B., Ainsworth, M. G. & Fryer, P. J. (2021). CFD simulation of food extrusion processes. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 368-382.

19. Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1), 62-66.

20. Kanit, T. & [et al.]. (2003). Determination of the size of the representative volume element for random composites: Statistical and numerical approach. International Journal of Solids and Structures, 40(13-14), 3647-3679. DOI: [10.1016/S0020-7683\(03\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(03)00143-4) EDN: BGMNEX

Информация об авторах:

Анатолий Алексеевич Курочкин[✉], доктор технических наук, профессор;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-3824-4364>, e-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Дмитрий Иванович Фролов, кандидат технических наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-9166-1132>, e-mail: surr@bk.ru

Александр Викторович Поляков, аспирант;
ID: <https://orcid.org/0009-0000-2586-3978>, e-mail: alekspolak267@gmail.com

Information about the authors:

Anatoliy A. Kurochkin[✉], Doctor of Technical Sciences, Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-3824-4364>, e-mail: anatolii_kuro@mail.ru

Dmitry I. Frolov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-9166-1132>, e-mail: surr@bk.ru

Alexander V. Polyakov, Post-Graduate Student;
ID: <https://orcid.org/0009-0000-2586-3978>, e-mail: alekspolak267@gmail.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.05.2026; одобрена после рецензирования 19.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 25.05.2026; approved after reviewing 19.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 62-585.13

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-35-42>

СНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЫ В СОПРЯЖЕНИИ «КОЛЬЦО-КОЛЬЦО» ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ СОСТАВА И ГРАДИЕНТА ТВЕРДОСТИ ДЕТАЛЕЙ СОПРЯЖЕНИЯ

А. П. Быченин¹, О. С. Володько^{2✉}, М. С. Приказчиков³, А. Л. Хохлов⁴^{1, 2, 3} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.⁴ Ульяновский государственный аграрный университет, Ульяновск, Россия.

Резюме. Цель исследования – обеспечить снижение температуры смазочной среды в сопряжении «кольцо-кольцо» за счет оптимизации ее состава и градиента твердости деталей сопряжения. Данная схема испытания позволяет моделировать процессы, имеющие место в сопряжениях «диск-диск» фрикционных гидropоджимных муфт гидромеханических коробок передач тракторов типа «Кировец». При их эксплуатации при нагрузках, близких к номинальным, определяющее значение имеет температурный режим смазочной среды, которая в процессе работы нагревается до 250-300 °С, поскольку именно от температуры зависит срок службы масла. Актуальность научной проблемы заключается в необходимости обеспечения рационального температурного режима смазочной среды гидромеханических коробок передач энергонасыщенных тракторов сельскохозяйственного назначения. Одним из способов достижения этого результата является применение сопряжений «диск-диск» с положительным градиентом твердости, а также оптимизация состава смазочной среды. Приведены теоретические предпосылки возможного снижения температуры смазочной среды в коробках передач за счет оптимизации режима трения, обосновано влияние состава смазочной среды (минеральное масло М-10Г₂, рапсовое масло (РМ), либо минерально-растительная смазочная композиция (МРСК) в составе 50% по объему рапсового масла и 50% масла М-10Г₂) и градиента твердости деталей сопряжения на температурный режим сопряжения. Приведены методика и результаты исследования температурного режима опытных образцов фрикционных дисков – пары трения «кольцо-кольцо» в условиях граничного трения в зависимости от состава смазочной среды и значения градиента твердости сопряжения «кольцо-кольцо» на универсальном трибометре типа ТУ. Установлено, что наилучший режим трения опытных образцов фрикционных дисков обеспечивается применением финишного покрытия обеих поверхностей трения фрикционных дисков (ведущего и ведомого), т.е. соответственно при градиенте твердости сопряжения $G_T = 0,87$, а также МРСК в качестве рабочей жидкости. При таких заданных параметрах происходит снижение средней скорости изнашивания опытных образцов фрикционных дисков по отношению к базовому варианту (оба диска без покрытия, смазочная среда – масло М-10Г₂), увеличение момента трения в 1,4 раза (с 0,308 до 0,430 Н·м), а также снижение температурного режима работы сопряжения с 250 до 146 °С. Даны рекомендации по оптимизации теплового режима работы сопряжения «кольцо-кольцо» в условиях граничного трения применением МРСК в качестве смазочной среды и нанесением финишных покрытий на трущиеся поверхности для обеспечения градиента твердости сопряжения «кольцо-кольцо», равного 0,87.

Ключевые слова: температура, смазочная среда, состав, сопряжение, градиент твердости

Для цитирования: Быченин А. П., Володько О. С., Приказчиков М. С., Хохлов А. Л. Снижение температуры смазочной среды в сопряжении «кольцо-кольцо» за счет оптимизации ее состава и градиента твердости деталей сопряжения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 35-42. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-35-42](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-35-42)

Original article

REDUCING THE TEMPERATURE OF THE LUBRICANT IN A RING-TO-RING JOINT BY OPTIMIZING ITS COMPOSITION AND THE HARDNESS GRADIENT OF THE MATING PARTS

A. P. Bychenin¹, O. S. Volodko^{2✉}, M. S. Prikazchikov³, A. L. Khokhlov⁴^{1, 2, 3} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia.⁴ Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia.

Abstract. The objective of this study is to reduce the temperature of the lubricant in ring-to-ring mating by optimizing its composition and the hardness gradient of the mating components. This test setup allows to simulate the processes occurring in disc-to-disc matings of hydraulic clutches in Kirovets-type tractor hydromechanical transmissions. When operating at near-nominal loads, the temperature of the lubricant, which heats up to 250-300 °C during operation, is crucial, as the oil service life depends on temperature. The relevance of this research is to ensure a rational temperature regime for the lubricant in hydromechanical transmissions of high-power agricultural tractors. One way to achieve this result is to use disc-to-disc matings with a positive hardness gradient and optimize the composition of the lubricant. The paper presents theoretical background for a possible reduction in the temperature of the lubricating medium in gearboxes by optimizing the friction mode, substantiates the influence of the lubricating medium composition (mineral oil M-10G₂, rapeseed oil (RO), or mineral-vegetable lubricating composition (MVLC) consisting of 50% by volume of rapeseed oil and 50% of M-10G₂ oil) and the hardness gradient of the mating parts on the temperature mode of the mating. The paper presents the methodology and results of a study of the temperature mode of prototype friction discs - a "ring-to-ring" friction

pair under boundary friction conditions depending on the composition of the lubricating medium and the hardness gradient value of the "ring-to-ring" mating using a universal tribometer. It has been established that the best friction mode of prototype friction discs is ensured by using a finishing coating on both friction surfaces of the friction discs (driving and driven), i.e. respectively, with a hardness gradient of the mating surface of $G_T = 0.87$, and MVLC as the working fluid. With these specified parameters, there is a decrease in the average wear rate of the friction disc prototypes compared to the baseline version (both discs uncoated, lubricating medium – M-10G₂ oil), an increase in the friction torque by 1.4 times (from 0.308 to 0.430 N·m), and a decrease in the operating temperature of the mating surface from 250 to 146°C. Recommendations are given for optimizing the thermal operating mode of the ring-to-ring mating surface under boundary friction conditions by using MVLC as a lubricating medium and applying finishing coatings to the rubbing surfaces to ensure a hardness gradient of the ring-to-ring mating surface equal to 0.87.

Keywords: temperature, lubricating medium, composition, mating, hardness gradient

For citation: Bychenin, A. P., Volodko, O. S., Prikazchikov, M. S., & Khokhlov, A. L. (2026). Reducing the temperature of the lubricant in a ring-to-ring joint by optimizing its composition and the hardness gradient of the mating parts. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 35-42. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-35-42](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-35-42) (in Russian).

Введение. В настоящее время как во всем мире, так и в Российской Федерации в отрасли сельскохозяйственного производства в качестве энергетических средств преимущественно применяются универсальные энергонасыщенные тракторы. К их устройству и техническим характеристикам предъявляются повышенные требования, поскольку они функционируют в крайне тяжелых условиях высокой загрязненности воздуха абразивными частицами, а также испытывают высокие нагрузки как при выполнении основных сельскохозяйственных операций в составе машинно-тракторных агрегатов, так и при выполнении транспортной работы. Значительная часть тракторного парка оснащена трансмиссиями, позволяющими осуществлять переключение передач без разрыва потока мощности. Как правило, данная схема трансмиссии подразумевает применение коробок передач с гидropоджимными муфтами. В этих агрегатах смазочное масло выполняет так называемую бифункциональную роль: оно должно обеспечивать заявленный производителем ресурс механизма за счет снижения изнашивания зубчатых сопряжений и подшипников качения, при этом во фрикционных гидropоджимных муфтах должна сохраняться сила трения, достаточная для передачи значительных крутящих моментов без пробуксовки. Все эти особенности оказывают непосредственное влияние на состояние рабочей жидкости гидроагрегата, в качестве которой в большинстве случаев применяются моторные масла. При этом, как показали исследования [1-4], определяющее значение имеет температурный режим смазочной среды, поскольку именно от температуры зависит срок службы масла. Главным показателем рабочей жидкости, таким образом, является ее окислительная стабильность. Данный параметр во многом зависит от свойств масляной основы, то есть набора базовых углеводородов. В настоящее время в трансмиссиях сельскохозяйственных тракторов применяется широкая номенклатура трансмиссионных и моторных масел, как минеральных, так и либо частично, либо полностью синтетических. При этом вне зависимости от базовой основы, любое масло со временем подвергается окислению, чему способствует повышение температуры в коробке передач. Так, в работе [1] авторы проанализировали окислительную стабильность гидрокрекинговых базовых масел и пришли к выводу, что интенсивность окисления гидрокрекингового масла резко увеличивается с повышением температуры свыше 100°C. В работе [2] авторы методом термостатирования для товарного минерального моторного масла установили значения критической температуры, при которой ресурс масла будет минимальным (183°C), температуры начала процессов окисления (155°C) и температуры начала испарения (153°C). Они же установили, что добавление в минеральное масло 20% по объему частично синтетического масла позволяет повысить эти температуры на 15, 5 и 10°C соответственно, то есть повысить термоокислительную стабильность в целом. Похожие результаты для трансмиссионных масел различной базовой основы получили авторы работы [3]. Так, при термостатировании трансмиссионных масел в диапазоне температур 120...180°C установлено, что температура начала окисления для минерального масла составила 122,9°C, частично синтетического 133,2°C, а для синтетического 154,2°C. Температуры начала испарения составили 113,2, 116,7 и 11,2°C соответственно. При этом предельно допустимые температуры работоспособности по температурам преобразования составили для минерального масла 147,6°C, частично синтетического 155,5°C, а для синтетического 176,6°C. Таким образом, можно заключить, что применение в агрегатах трансмиссии тяжелонагруженных энергонасыщенных тракторов сельскохозяйственного назначения синтетических трансмиссионных либо моторных масел является более предпочтительным. Однако такие масла характеризуются более высокой стоимостью, что ведет к увеличению эксплуатационных затрат и удорожанию продукции сельскохозяйственного производства в целом. В связи с этим чаще применяются минеральные масла, а также ведутся работы по частичному замещению минеральных масел маслами растительного происхождения [5-12]. При этом исследования [10] показывают, что растительные масла, в частности, рапсовое, подвергаются еще более интенсивным окислительным процессам, чем минеральные, и при более низких температурах. В связи с этим существует актуальная научная проблема облегчения

температурного режима рабочей жидкости агрегатов трансмиссии энергонасыщенных тракторов сельскохозяйственного назначения.

Цель исследований – обеспечить снижение температуры смазочной среды в сопряжении «кольцо-кольцо» за счет оптимизации ее состава и градиента твердости деталей сопряжения.

Задачи исследований – теоретически обосновать влияние состава смазочной среды и градиента твердости в сопряжении «кольцо-кольцо» на температурный режим сопряжения; экспериментально оценить влияние состава смазочной среды и градиента твердости в сопряжении «кольцо-кольцо» на температурный режим сопряжения; дать рекомендации по оптимизации состава рабочей жидкости, позволяющей снизить температурный режим сопряжения «кольцо-кольцо», а также определить рациональный градиент твердости для сопряжения «кольцо-кольцо», моделирующего работу дисков фрикционных гидроподжимных муфт гидромеханических коробок передач тракторов типа «Кировец».

Материал и методы исследований. Для решения первой задачи был проведен теоретический анализ влияния состава смазочной среды и градиента твердости в сопряжении на температурный режим сопряжения на основании критериальной зависимости тепловой напряженности фрикционных дисков K_T , предложенной в работе [12]:

$$K_T = f(A_r, P(t), C_i) = f(W_{i(t)}), \quad (1)$$

где A_r – насыщенность контакта, мм²;
 $P(t)$ – нагрузка, сжимающая диски, Н;
 C_i – тепловая нагрузка, кВт;
 $W_{i(t)}$ – работа буксования, Дж.

Согласно зависимости (1), на работу буксования фрикционных дисков наиболее значительное влияние оказывают температурный, скоростной и нагрузочный режимы работы гидроподжимной муфты. При этом нужно отметить, что рассматривается режим функционирования сопряжений «диск-диск» в условиях граничного трения на переходных режимах работы, когда осуществляется переключение передачи. При этом имеет место буксование ведущих фрикционных дисков относительно ведомых до достижения равенства крутящих моментов. Данный процесс оценивается мощностью $N_{i(t)}$ (2) и работой буксования $W_{i(t)}$ (3) гидроподжимной муфты:

$$N_{i(t)} = M_j(t_i) \sum_{j=1}^n [\varphi_{j,1}(t_i) - \varphi_{j,2}(t_i)], \text{ кВт}, \quad (2)$$

где i, j – номер пары фрикционных дисков в муфте;
 t – момент времени, с;
 φ – угловая скорость фрикционного диска, с⁻¹.

$$W_{i(t)} = \sum_{i=\Delta t}^{k \cdot \Delta t} N_i(t) \Delta t_i, \text{ Дж}, \quad (3)$$

где k – число интервалов разбиения до момента времени t_1 .

Известно [5, 12], что момент трения, развиваемый парой фрикционных дисков, определяется, помимо конструктивных особенностей (размер и количество дисков) гидроподжимной муфты, динамическим коэффициентом трения фрикционной пары $f_{дин}$, который, в свою очередь, пропорционален фактической площади контакта A_r сопряжения (4):

$$f_{дин} = \psi \cdot A_r \cdot P, \quad (4)$$

где ψ – коэффициент пропорциональности.

При условии постоянства значения силы P , развиваемой гидравлическим приводом коробки передач, можно сказать, что именно фактическая площадь контакта сопряжения и будет играть основополагающую роль в величине мощности и работы буксования. Увеличение фактической площади контакта фрикционных дисков при сохранении прочих конструктивных параметров позволит резко сократить тепловыделение при трении в сопряжении «диск-диск», поскольку сократится время процесса переключения передачи. Вследствие этого в окружающую среду, каковой для гидроподжимной муфты является рабочая жидкость, будет отводиться меньше теплоты, что приведет к уменьшению температуры в коробке передач в целом. А это, в свою очередь, позволит увеличить ресурс рабочей жидкости вследствие снижения термоокислительных процессов в масле.

Далее автором работы [12] предлагается методика увеличения фактической площади контакта фрикционных дисков гидроподжимных муфт обеспечением насыщения контакта при нанесении медных покрытий латунированием, а также за счет образования сервовитных пленок из органических ПАВ (непредельных жирных кислот), содержащихся в рапсовом масле. Помимо этого, предполагается применение пар трения с положительным градиентом твердости. В таких парах трения за счет пластической деформации поверхностных слоев также достигается насыщенность контакта, что приводит к уменьшению удельных нагрузок в точечных контактах и, как следствие, к снижению температуры в контакте пары трения. При этом также справедлива гипотеза, что повышение фактической площади контакта фрикционных дисков, достигнутое применением комплекса методов, не только снизит изнашивание поверхностей трения, но и позволит повысить ресурс рабочей жидкости коробки передач.

Для решения второй и третьей задач были проведены лабораторные исследования пар трения «кольцо-кольцо» с положительным градиентом твердости в условиях различных рабочих сред по методике, приведенной в работе [5]. Испытания проводились на трибометре универсального типа ТУ, применялись образцы плоской кольцеобразной формы, изготовленные из стали 40Х3М2ФА (имитирующие ведомые диски) и стали 65Г (имитирующие ведущие диски). Половина образцов подвергалась фрикционно-механическому латунированию. Комбинированием образцов достигалась вариативность градиента твердости в пределах от 1 до 0,87. Испытания проводились при работе сопряжения в масле М-10Г₂, подготовленном для технических целей рапсовом масле, а также в минерально-растительной смазочной композиции (МРСК), состоящей из 50% по объему моторного масла М-10Г₂ и 50% по объему рапсового масла. В процессе испытаний фиксировался температурный режим сопряжения посредством замера температуры смазочной среды термопарой, входящей в комплект оборудования трибометра типа ТУ.

Результаты исследований. Результаты трибологических испытаний пар трения «кольцо-кольцо» приведены в таблице 1 и в виде графических зависимостей на рисунках 1-4.

Таблица 1

Параметры теплового режима образцов

Содержание РМ в МРСК, %	Градиент твердости сопряжения, Γ_T	Температура, °С	Средняя скорость изнашивания U_{CP} , мкр/с
0	1	250	8,007
	0,95	237	1,181
	0,91	223	1,132
	0,87	196	0,806
50	1	182	0,875
	0,95	159	0,244
	0,91	130	0,180
	0,87	146	0,196
100	1	198	2,222
	0,95	155	1,667
	0,91	96	0,972
	0,87	163	1,486

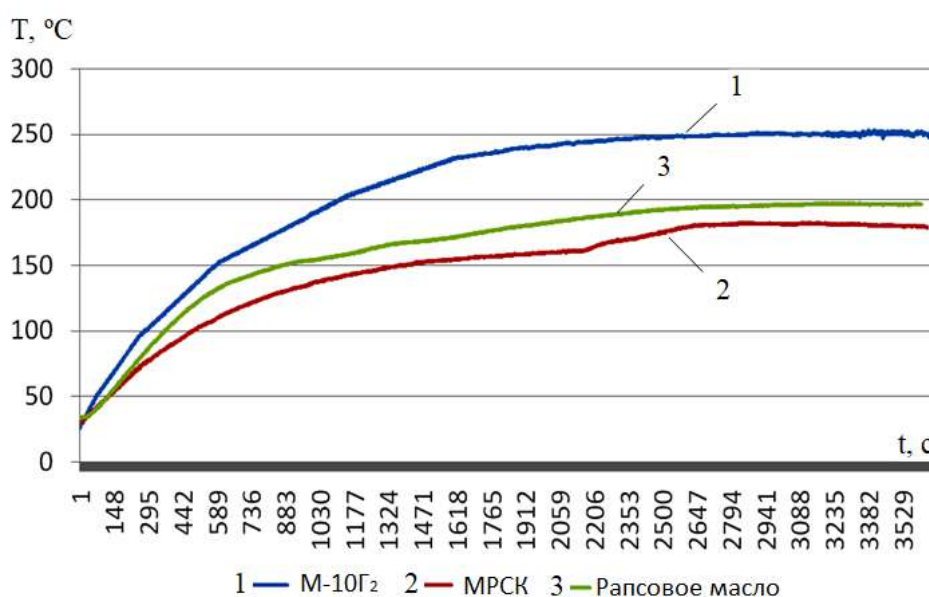


Рис. 1. Диаграмма температурного режима пары трения «кольцо-кольцо» в зависимости от состава смазочной среды у образцов с градиентом твердости сопряжения $\Gamma_T=1$

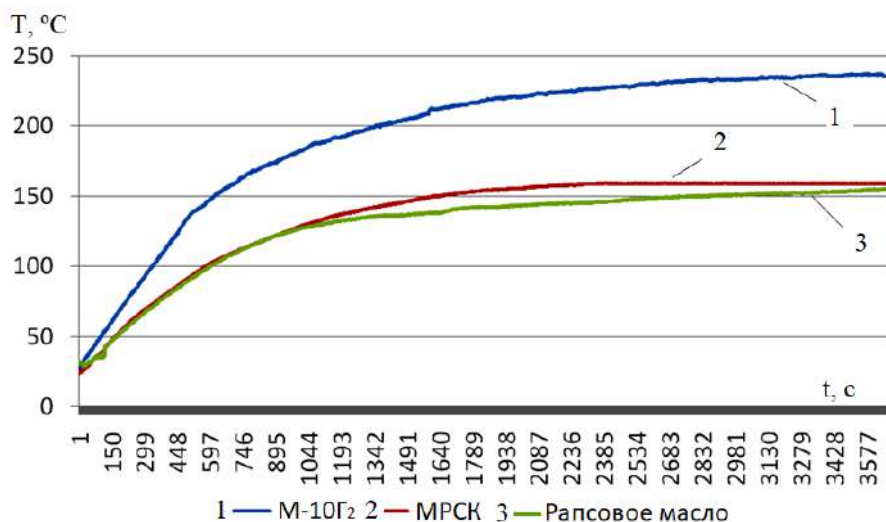


Рис. 2. Диаграмма температурного режима пары трения «кольцо-кольцо» в зависимости от состава смазочной среды у образцов с градиентом твердости сопряжения $\Gamma_T=0,95$

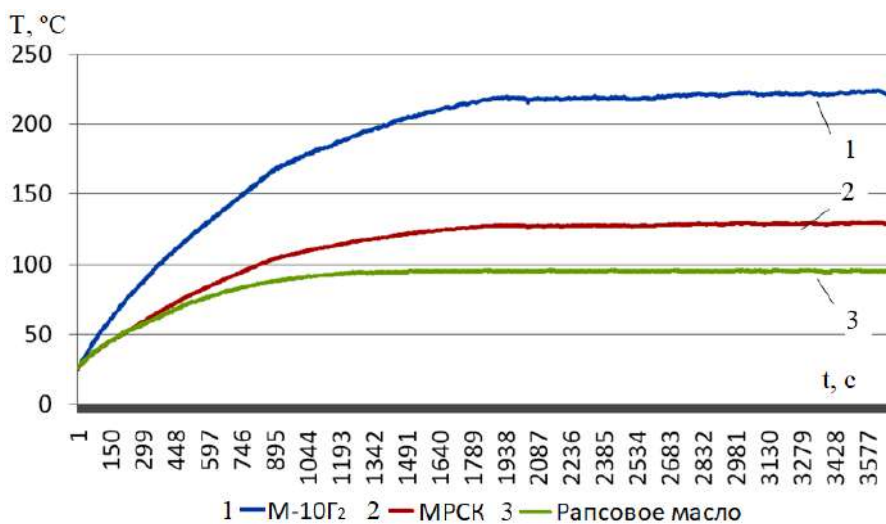


Рис. 3. Диаграмма температурного режима пары трения «кольцо-кольцо» в зависимости от состава смазочной среды у образцов с градиентом твердости сопряжения $\Gamma_T=0,91$

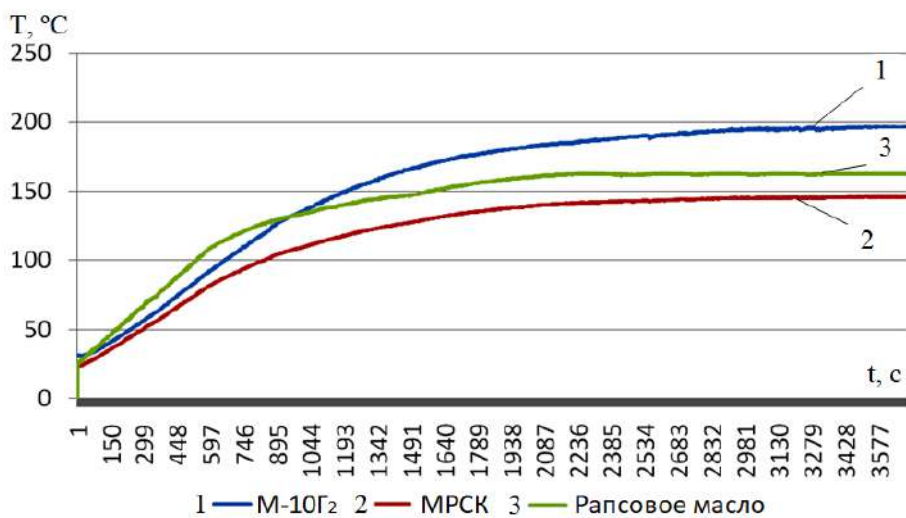


Рис. 4. Диаграмма температурного режима пары трения «кольцо-кольцо» в зависимости от состава смазочной среды у образцов с градиентом твердости сопряжения $\Gamma_T=0,87$

Анализируя представленные графические зависимости, нужно отметить следующее. Повышение концентрации рапсового масла в МРСК более 50% по объему не приводит к значительному улучшению режима работы сопряжения. Так при работе сопряжения в среде рапсового масла выявлено относительное снижение средней скорости изнашивания в 3,6 раза для образцов в заводском исполнении, и ее увеличение в 2,54 раза по отношению к сопряжению, работающему в среде МРСК. Таким образом, можно заключить, что рациональным является состав МРСК, включающей 50% по объему товарного моторного масла М-10Г₂ и 50% по объему рапсового масла. Такой состав позволяет заместить значительное количество невозобновимых минеральных ресурсов, и при этом повысить эксплуатационные свойства рабочей жидкости.

Проведенные трибологические исследования показали, что объемная температура (T) при трении предварительно необработанных образцов (без финишного покрытия) ($G_T=1$) в смазочной среде рекомендуемого заводом-изготовителем масла М-10Г₂ (рисунок 1) к моменту завершения испытания достигала 250 °С, при этом средняя скорость изнашивания составила 8 мкг/с (таблица 1). Данный цикл исследований был принят в качестве базового, и дальнейшая оценка полученных результатов производилась в сравнении с ним. При испытаниях в этой же смазочной среде температура в сопряжении с градиентом твердости $G_T=0,95$ (ведущий диск без покрытия, ведомый – с финишным покрытием) достигла 237 °С, а средняя скорость изнашивания снизилась до 1,181 мкг/с. Для сопряжений с градиентом твердости $G_T=0,91$ (ведущий диск с финишным покрытием, ведомый – без покрытия) и $G_T=0,87$ (оба диска с финишным покрытием) данные показатели составили 223 °С и 1,132 мкг/с и 196 °С и 0,806 мкг/с соответственно. То есть применение финишного покрытия поверхностей трения, обеспечивающего увеличение фактической площади контакта за счет пластической деформации контактирующих поверхностей, является эффективным способом снижения температурного режима в узле трения в целом.

Аналогичные испытания в смазочных средах МРСК и рапсового масла дали похожие результаты – уменьшение градиента твердости сопряжения во всех рабочих средах приводит к уменьшению температуры в сопряжении. При этом наилучший результат по снижению температуры в контакте получен в смазочной среде МРСК в паре трения с финишным покрытием трущихся поверхностей обоих образцов.

Таким образом, можно утверждать, что применение пар трения с положительным градиентом трения, а также использование в качестве смазочной среды МРСК на основе рапсового масла является эффективным способом снижения температуры в контакте и, как следствие, температуры смазочной среды, что, в свою очередь, ведет к снижению в ней интенсивности термоокислительных процессов. На основании полученных данных можно предположить, что внедрение предлагаемых решений в гидромеханических коробках передач тракторов типа «Кировец» позволит получить аналогичные результаты. Но для подтверждения данной гипотезы необходимо провести эксплуатационные испытания на образцах действующей техники.

Заключение. Установлено, что наилучший режим трения фрикционных дисков обеспечит применение финишного покрытия обеих поверхностей трения фрикционных дисков (и ведущего, и ведомого), т.е. соответственно при градиенте твердости сопряжения $G_T = 0,87$, а также МРСК в качестве рабочей жидкости. При таких заданных параметрах наблюдается снижение средней скорости изнашивания фрикционных дисков по отношению к базовому варианту, увеличение момента трения в 1,4 раза (с 0,308 до 0,430 Н·м) [6], что немаловажно ввиду бифункциональной роли смазочной среды в коробке передач с гидроподжимными муфтами, а также снижение температурного режима работы сопряжения в 1,712 (с 250 до 146 °С).

Список источников

1. Гришин П. Ф., Ермак А. А. Окислительная стабильность гидрокрекинговых базовых масел и способы ее повышения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2021. № 3. С. 80-85. EDN: [DDUWNN](#)
2. Ковальский Б. И., Афанасов В. И., Шрам В. Г., Безбородов Ю. Н. Метод контроля температурных параметров работоспособности смеси моторных масел // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 12. С. 423-427. EDN: [YNWHJZ](#)
3. Рябинин А. А., Гейль Н. В., Большаков К. А. Метод прогнозирования показателей термоокислительной стабильности моторных масел // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1(155). С. 42-51. DOI: [10.26730/1999-4125-2023-1-42-51](#) EDN: [VYTLIE](#)
4. Лысянникова Н. Н., Шрам В. Г., Безбородов Ю. Н., Лысянников А. В., Кравцова Е. Г., Плахотникова М. А., ... Шаршембиев Ж. С. Противоизносные свойства моторных масел при их термостатировании // Трение и износ. 2023. Т. 44, № 2. С. 185-192. DOI: [10.32864/0202-4977-2023-44-2-185-192](#) EDN: [ADQIOK](#)
5. Приказчиков М. С. Повышение ресурса гидроподжимных муфт коробок передач с гидроуправлением улучшением режима трения фрикционных дисков: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Приказчиков Максим Сергеевич. Пенза, 2013. 197 с. EDN: [SUUOTN](#)

6. Володько О. С., Быченин А. П., Едуков В. А. Обоснование рационального состава растительно-минеральной смазочной композиции для агрегатов трансмиссии энергетических средств // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 3(71). С. 197-205. DOI: [10.18286/1816-4501-2025-3-197-205](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2025-3-197-205) EDN: [QJHODB](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2025-3-197-205)
7. Володько О. С., Быченин А. П., Едуков В. А. Обоснование рационального размера частиц загущающей добавки для растительного смазочного материала на основе рапсового масла // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 55-64. DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64) EDN: [PDVJWN](https://www.edn.ru/10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64)
8. Хамидов, Б. Н., Убайдуллаев Б. Х., Мирзаева М. М. [и др.] Альтернативные смазочные материалы с повышенной биоразлагаемостью на основе сафлорового масла // Технологии нефти и газа. 2021. № 2(133). С. 19-21. DOI: [10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21](https://doi.org/10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21) EDN: [JIXFOV](https://www.edn.ru/10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21)
9. Bychenin A. P., Volodko O. S., Bazhutov D. N. Alternative rapeseed based oil fluid for hydraulic systems of tractors // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28-29 мая 2021 года. Vol. 37. Kazan: EDP Sciences, 2021. P. 00030. DOI: [10.1051/bioconf/20213700030](https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700030) EDN: [DDAEVO](https://www.edn.ru/10.1051/bioconf/20213700030)
10. Серкаев К. П., Хасанов А. Х. Изучение окислительной устойчивости и стабильности при хранении обогащённых купажированных растительных масел // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2024. №11(128). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18671>. EDN: [BDZDSS](https://www.edn.ru/18671)
11. Saka A., Abor T. K., Okafor A. C., Okoronkwo M. U. Thermo-rheological and tribological properties of low- and high-oleic vegetable oils as sustainable bio-based lubricants // RSC Sustainability. 2025. Vol. 3, No. 3. P. 1461-1476. DOI: [10.1039/d4su00605d](https://doi.org/10.1039/d4su00605d) EDN: [XGZUUY](https://www.edn.ru/10.1039/d4su00605d)
12. Приказчиков, М. С. Оценка влияния режима трения фрикционных дисков на ресурс гидродожимных муфт // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 57-62. EDN: [SFOUKR](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2014-3-57-62)

References

1. Hryshyn P. F., & Yermak A. A. (2021). Oxidative stability of hydrocracking base oils and ways to improve it. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promishlennost. Prikladnie nauki (Vestnik of Polotsk State University. Part B. Industry. Applied Sciences)*, 3, 80-85 EDN: [DDUWNN](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2021-3-80-85) (in Russian).
2. Kowalski B. I., Afanasov V. I., Shram V. G., & Bezborodov Yu. N. (2019). A method of controlling the temperature performance of the mixture of motor oils. *Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta (Izvestiya Tula State University)*, 12, 423-427. EDN: [YNWHJZ](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2019-12-423-427) (in Russian).
3. Ryabinin, A. A., Geil, N. V., & Bolshakov, K. A. (2023). Method of predicting indicators of thermal-oxidative stability of motor oils. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of the Kuzbass State Technical University journal)*, 1 (155), 42-51 DOI: [10.26730/1999-4125-2023-1-42-51](https://doi.org/10.26730/1999-4125-2023-1-42-51) EDN: [VYTLIE](https://www.edn.ru/10.26730/1999-4125-2023-1-42-51) (in Russian).
4. Lysyannikova, N. N., Shram, V. G., Bezborodov, Yu. N., Lysyannikov, A. V., Kravtsova, E. G., Plakhotnikova, M. A., ... & Sharshembiev, Zh. S. (2023). Anti-wear properties of engine oils during their thermostating. *Friction and Wear*, 44(2), 185-192. DOI: [10.32864/0202-4977-2023-44-2-185-192](https://doi.org/10.32864/0202-4977-2023-44-2-185-192) EDN: [ADQIOK](https://www.edn.ru/10.32864/0202-4977-2023-44-2-185-192) (in Russian).
5. Prikazchikov, M. S. (2013). Increasing the resource of hydraulic clutches of gearboxes with hydraulic control by improving the friction mode of friction discs. EDN: [SUJOTN](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2013-3-57-62) (in Russian).
6. Volodko, O. S., Bychenin, A. P., & Edukov, V. A. (2025). Justification of the liquid composition of a vegetable-mineral lubricant for transmissions of units. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 3 (71), 197-205 DOI: [10.18286/1816-4501-2025-3-197-205](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2025-3-197-205) EDN: [QJHODB](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2025-3-197-205) (in Russian).
7. Volodko, O. S., Bychenin, A. P., & Edukov, V. A. (2024). Justification of rational particle size of thickening additive for vegetable lubricant based on rapeseed oil. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 9, 4, 55-64 DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64) EDN: [PDVJWN](https://www.edn.ru/10.55170/1997-3225-2024-9-4-55-64) (in Russian).
8. Khamidov, B. N., Ubaydullaev, B. Kh., Mirzayeva, M. M., Ganieva, S. Kh., & Smanov, B. A. (2021). Alternative lubricants with increased biodegradability based on safflower oil. *Tekhnologii nefi i gaza – Oil and Gas Technologies*, 2 (133), 19-21 DOI: [10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21](https://doi.org/10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21) EDN: [JIXFOV](https://www.edn.ru/10.32935/1815-2600-2021-133-2-19-21) (in Russian).
9. Bychenin, A. P., Volodko, O. S., & Bazhutov, D. N. (2021). Alternative rapeseed-based oil fluid for hydraulic systems of tractors. *BIO Web of Conferences*. 37, 00030). EDP Sciences. DOI: [10.1051/bioconf/20213700030](https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700030) EDN: [DDAEVO](https://www.edn.ru/10.1051/bioconf/20213700030)
10. Serkayev K. P., & Khasanov A. Kh. (2024) Study of oxidative stability and stability during storage of enriched blended vegetable oils. *Universum: Technical Sciences: electronic scientific journal*, 11 (128), 1-6 URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18671>. EDN: [BDZDSS](https://www.edn.ru/18671) (in Russian).
11. Saka, A., Abor, T. K., Okafor, A. C., & Okoronkwo, M. U. (2025). Thermo-rheological and tribological properties of low- and high-oleic vegetable oils as sustainable bio-based lubricants. *RSC Sustainability*, 3 (3), 1461-1476. DOI: [10.1039/d4su00605d](https://doi.org/10.1039/d4su00605d) EDN: [XGZUUY](https://www.edn.ru/10.1039/d4su00605d)
12. Prikazchikov, M. S. (2014). Evaluation of the influence of the friction mode of friction disks on the hydraulic compression couplings. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 3, 57-62 EDN: [SFOUKR](https://www.edn.ru/10.18286/1816-4501-2014-3-57-62) (in Russian).

Информация об авторах:

Быченин Александр Павлович, кандидат технических наук, доцент;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8896-7547>; e-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Володько Олег Станиславович[✉], кандидат технических наук, доцент;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8478-1358>; e-mail: volodko-75@mail.ru

Приказчиков Максим Сергеевич, кандидат технических наук;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-6269-2549>; e-mail: prikazchicov_ms@rambler.ru

Хохлов Алексей Леонидович, доктор технических наук, профессор;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5420-0487>; e-mail: mobilemach-ulsau@mail.ru

Information about the authors:

Alexander P. Bychenin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8896-7547>; e-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Oleg S. Volodko[✉], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8478-1358>; e-mail: volodko-75@mail.ru

Maxim S. Prikazchikov, Candidate of Technical Sciences;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-6269-2549>; e-mail: prikazchicov_ms@rambler.ru

Aleksey L. Khokhlov, Doctor of Technical Sciences, Professor;
ID: <https://orcid.org/0000-0001-5420-0487>; e-mail: mobilemach-ulsau@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 27.05.2026; одобрена после рецензирования 19.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 27.05.2026; approved after reviewing 19.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 631.372:629.114.2

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-43-52>

СНИЖЕНИЕ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕДНИХ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЁС ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА НА ПОЧВУ ПРИ БОРОНОВАНИИ

С. В. Щитов¹, З. Ф. Кривуца², Е. С. Поликутина³, Д. В. Ермаков⁴, В. А. Щитова⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия.

Резюме. Цель исследований – провести экспериментальную проверку работоспособности бороновального агрегата с установленным устройством «Догрузочно-распределющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны» в крестьянско-фермерских хозяйствах, занимающихся возделыванием сельскохозяйственных культур. В настоящее время в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах, занимающихся выращиванием фирменной культуры сои, главной проблемой остаётся невозможность подготовить почву в осенний период (поздние сроки уборки, выпадение осадков в виде снега, наступление отрицательных температур). Это обуславливает необходимость выполнения этой работы в весенний период одновременно с посевными работами с соблюдением агротехнологических сроков. При этом необходимо учесть, что одним из основных машинно-тракторных агрегатов, занятых на этих работах в КФК, остаются энергонасыщенные тракторы семейства Беларусь классом тяги, как правило, 1,4...2 с бороной тяжёлой дисковой БДТ-3. Одной из существенных проблем при выполнении работ, связанных с использованием таких бороновальных агрегатов, является наличие мерзлотных очагов, особенно на поворотных полосах, из-за переуплотнения почвы в связи с многократными проходами по ним мобильных энергетических средств. Исследованиями установлено, что на таких участках сопротивляемость почвы внешним воздействиям со стороны опорных оснований энергетических средств недостаточная, что негативно сказывается на её техногенном состоянии (глубина колеи), особенно после прохода передних управляемых колёс. Одним из способов решения данной проблемы заключается в разработке технического устройства, способного при необходимости кратковременно уменьшать силовое воздействие на почву передних управляемых колёс, не снижая управляемость трактора. На основании проведенной производственной проверки в реальных условиях эксплуатации была установлена работоспособность предлагаемого технического решения, способного кратковременно снижать силовое воздействие передних колёс трактора на почву.

Ключевые слова: тяжёлая дисковая борона, силовая нагрузка, передний управляемый мост, трактор, энергетическое средство, почвы, управляемость

Для цитирования: Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Поликутина Е. С., Ермаков Д. В., Щитова В. А. Снижение силового воздействия передних управляемых колёс энергетического средства на почву при бороновании // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 43-52. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-43-52](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-43-52)

Original article

REDUCING THE FORCE IMPACT OF THE FRONT STEERABLE WHEELS OF A POWER VEHICLE ON THE SOIL DURING HARROWING

S. V. Shchitov¹, Z. F. Krivutsa², E. S. Polikutina³, D. V. Ermakov⁴, V. A. Shchitova⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia.

Abstracts. The purpose of the research is to conduct an experimental test of the efficiency of a harrowing unit with an installed device "Loading and distribution device for a trailer frame disc harrow" in the farms cultivating crops. Nowadays, in small farms cultivating soybeans, the main problem remains the inability to prepare the soil in the autumn period (late harvesting dates, precipitation in the form of snow, and freezing temperatures). This necessitates the need to carry out this work in the spring, simultaneously with sowing, in accordance with agrotechnological deadlines. It should be noted that one of the main machine-tractor units used for this work in private farms is the energy-intensive Belarus family tractors, which typically have a traction class of 1.4 to 2, equipped with the heavy disc harrow BDT-3. One of the significant problems in performing works related to the use of such harrowing units is the presence of permafrost pockets, especially on the turn lanes, because of the over-compaction of the soil due to multiple passes of mobile power vehicles. Research has shown that in such areas, the resistance of the soil to external influences from the support bases of power vehicles is insufficient, which negatively affects its technogenic condition (the depth of the track), especially after the passage of the front steerable wheels. One of the ways to solve this problem is to develop a technical device that can, if necessary, temporarily reduce the force on the soil by the tractor's front wheels without reducing the tractor handling. Based on the results of a production test in real conditions, the proposed technical solution was found to be effective in reducing the force exerted by the tractor's front wheels on the soil.

Keywords: heavy disc harrow, power load, front steer axle, tractor, power equipment, soils, controllability

For citation: Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Polikutina, E. S., Ermakov, D. V. & Shchitova, V. A. (2026). Reduction of the force effect of front steerable wheels of an energy vehicle on the soil during harrowing. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 43-52. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-43-52](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-43-52) (in Russian).

Введение. При выполнении любой операции в технологии возделывания сельскохозяйственных культур машинно-тракторным агрегатом (МТА) приходится совершать криволинейное движение (на поворотных полосах или при объезде каких-либо препятствий). Как известно, в случае движения энергетического средства с задними ведущими колёсами поворот осуществляется за счёт передних управляемых колёс [1-3]. Касательные силы тяги, образуемые в результате взаимодействия ведущих задних колёс через остов трактора, передаются на передний управляемый мост, в результате чего возникает толкающая сила. В пятне соприкосновения толкающая сила с почвой разлагается на две составляющие [4]:

- одна составляющая данной силы затрачивается на преодоление силы сопротивления качению колесного движителя;

- вторая, направленная к ней под углом девяносто градусов, направлена на создание поворачивающего момента при возникновении криволинейной траектории движения.

При возникновении криволинейной траектории движения поворот будет возможен только в том случае, если будет достаточен коэффициент сцепления движителей с почвой [5-7]. Иными словами, если сила сцепления управляемых колёсных движителей будет выше толкающего усилия. В случае движения трактора по опорному основанию, обладающему слабой сопротивляемостью силовому воздействию от передних управляемых колёс трактора, для снижения техногенного воздействия на почву (глубина колеи), необходима установка предлагаемых устройств [8-10].

Цель исследований – снижение силового воздействия передних управляемых колёс энергетического средства на почву с недостаточной несущей способностью.

Задачи исследований – выявить влияние конструктивно-технологических параметров предлагаемого устройства на распределение силовой нагрузки по опорным основаниям энергетического средства (трактора).

Материал и методы исследований. При решении поставленной цели и задачи исследования учитывались методики ГОСТ Р 58655-2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву», ГОСТ 7057-2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний», ГОСТ 20915-2011 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний», ГОСТ Р 54784-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров». В качестве объекта исследования был взят бороновальный машинно-тракторный агрегат, состоящий (Беларус 82.1 + БДТ-3 + догрузочно – распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны). Фрагменты проведения исследований представлены на рисунках 1-3.



Рис. 1. БДТ-3 + догрузочно-распределяющее устройство для прицепной рамной дисковой бороны



Рис. 2. Измерительный комплекс (весы платформенные электронные МВСК (В) + инклинометром Absoiute Digital Protractor)



Рис. 3. Производственные исследования

В процессе экспериментальной проверки измерялись следующие величины: при определении нагрузки, приходящейся на опорную поверхность (передний мост) трактора использовались весы платформенные электронные МВСК (В); угол наклона поверхности измерялся инклинометром Absoiute Digital Protractor; длину выхода штока гидроцилиндра определяли с помощью измерительной линейкой.

Снижение нагрузки на передний мост трактора обеспечивается установкой дополнительного гидроцилиндра в уголкового кронштейна. Регулировка длины его штока позволяет перераспределить вес на задний мост, тем самым разгружая переднюю ось [11, 12].

Результаты исследований. Как отмечалось ранее, для осуществления криволинейного перемещения МТА по полю сила сцепления управляемых колёсных движителей будет выше толкающего усилия. При этом необходимо отметить, что величина коэффициента сцепления зависит от ряда факторов:

- физико-механические характеристики опорного основания (почвы), по которому движется энергетическое средство;

- тип движителя;

- величина силового воздействия на управляемые колёса (вертикальная нагрузка);

- удельное давление в шинах;

- несущая способность почвы;

- площадь контакта колёс с почвой (пятно контакта);

- дополнительные силы и моменты (сила инерции, угол наклона поверхности, ускоренное или замедленное движение и т. д.). Для лучшей наглядности зависимость коэффициента сцепления движителей (колёс) с почвой от вышеприведённых факторов приведена на рисунке 4.



Рис. 4. Факторы влияющие на коэффициент сцепления движителей с почвой

Анализируя факторы, влияющие на коэффициент сцепления движителей с почвой (рис. 1), одним из основных регулируемых факторов является вертикальная нагрузка, приходящаяся на движитель. Чаще всего на практике в качестве регулятора силовой нагрузки на передний управляемый мост используется дополнительный балласт. Этот способ приемлем для почв с высокой несущей способностью опорного основания. Но в то же время он повышает величину силы сопротивления качению самого движителя, что вызывает дополнительные затраты мощности двигателя на это. Предлагаемый способ повышения нагрузки на передние движители энергетического средства (трактора) не всегда приемлем для почв, обладающих низкой несущей способностью при наличии твердого подстилающего основания. Особенно это присуще для зон с так называемым «рискованным земледелием», когда приходится готовить почву под посевные работы одновременно с их проведением. Чаще всего это обусловлено невозможностью выполнить эти работы в осенний период по ряду причин, не зависящих от производственных возможностей сельхозтоваропроизводителей (поздние сроки окончания работ, связанных с уборкой урожая, наступление заморозков, выпадение большого количества осадков, не позволяющих качественно подготовить почву под весенние работы и т. д.). В связи с тем, что использование дополнительных грузов увеличивает силу сопротивления качению колёс, но ухудшает техногенное состояние опорного основания после прохода энергетического средства в местах с низкой несущей способностью почвы (глубина колеи) [13, 14]. В условиях, когда приходится выполнять подготовку почвы под посевные операции в весенний период, чаще всего используют бороны тяжёлые дисковые, особенно в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах. В связи с тем, что в этот период времени почва имеет слабую опорную сопротивляемость из-за наличия твёрдого основания (мерзлота), основное техногенное воздействие на почву оказывает глубина колеи от прохода передних колёс, имеющих меньшую опорную поверхность по сравнению с задними колёсами (трактор Беларус 82.1). Особенно это наблюдается при прохождении мерзлотных очагов на поле вследствие неравномерного таяния по причине рельефных особенностей поверхности. Одним из вариантов решения данной проблемы является снижение силового воздействия на передний мост трактора путём использования дополнительно установленных устройств [13, 14]. Предлагаемое устройство позволяет кратковременно разгружать передний мост трактора, тем самым снижая силовое воздействие на опорную поверхность. Наряду с этим необходимо учитывать фактор управляемости энергетическим средством (трактором). Для удовлетворительной управляемости колёсного энергетического средства нормальное силовое воздействие опорной поверхности ($Y_{\text{нд}}$) на его передние движители должно составлять:

$$Y_{\text{нд}} > (0,15 \dots 0,20) G_{\text{эс}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{эс}}$ – силовая нагрузка, приходящаяся на передние опорные основания (передние колёса) энергетического средства (трактора), Н.

Результаты исследований по определению влияния предлагаемого устройства [11] представлены на графике (рис. 5).

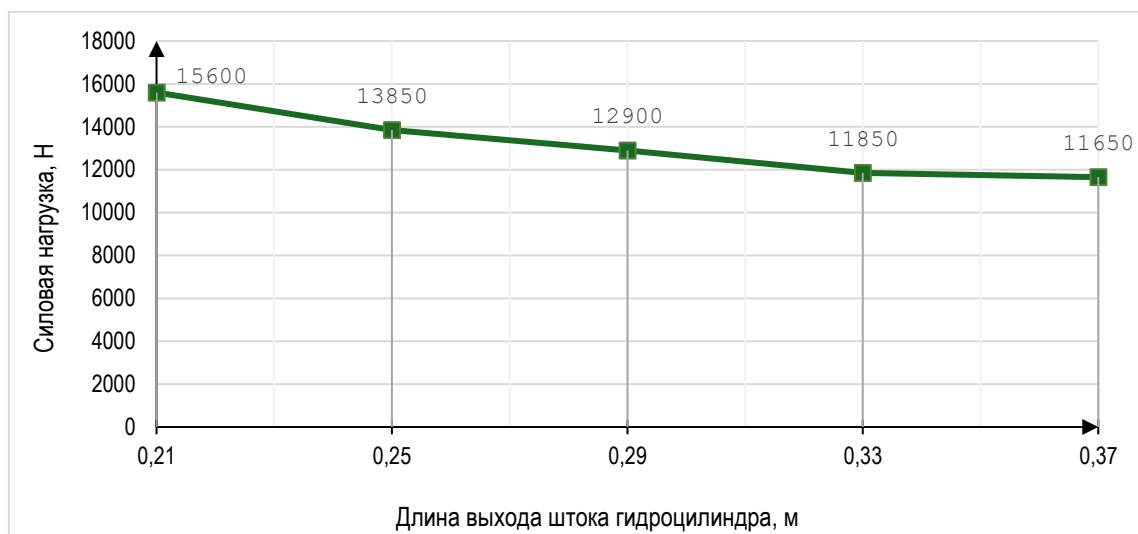


Рис. 5. Зависимость силовой нагрузки, приходящейся на передний мост трактора Беларус 82.1 от длины выхода штока дополнительно установленного гидроцилиндра

Как показали проведенные исследования при выдвигании штока гидроцилиндра с 0,21 м до 0,37 м произошло снижение силовой нагрузки на передний мост трактора с 15600 Н до 11650 Н. Нагрузка на передний мост трактора составила 0,35 $G_{эс}$, что не снижает его управляемость согласно выражению (1).

Для более детального анализа влияния конструктивно-технологических параметров на силовую нагрузку, приходящуюся на передний мост трактора, использовалась методика полного факторного эксперимента, подробно описанная в работе [8]. При проведении опытов установили влияние конструктивно-технологических факторов (табл. 1):

- x_1 — a — длина выхода штока гидроцилиндра, м;
- x_2 — v — скорость движения, м/с;
- x_3 — h — глубина обработки почвы, м.

Результирующей функцией:

Y_1 — P — силовая нагрузка на передние движители трактора, кН.

Таблица 1

Условия проведения опытов при ортогональном центральном композиционном эксперименте

Факторы	x_1	x_2	x_3
Верхний уровень (+1)	0,37	2,6	0,21
Основной уровень (0)	0,29	2,4	0,18
Нижний уровень (-1)	0,21	2,2	0,15

Однородность дисперсий подтверждена критерием Кохрена. На основе регрессионного анализа построена математическая модель:

$$f(X_1, X_2, X_3) = b'_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2. \quad (2)$$

Значимость регрессионных коэффициентов установлена по критерию Стьюдента, адекватность модели — по критерию Фишера. В результате статистической обработки данных рандомизированных опытов выведено уравнение регрессии:

$$f(X_1, X_2, X_3) = 13,71861 + 0,93882X_1 + 0,38233X_2 - 0,1456X_1^2 - 0,11175X_2^2 - 0,22458X_3^2. \quad (3)$$

В раскодированном виде:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{a - 0,29}{0,08} = 12,5a - 3,625; \\ X_2 &= \frac{v - 2,4}{0,2} = 5v - 12; \\ X_3 &= \frac{h - 0,18}{0,03} = 33,3h - 6. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$f(a, v, h) = 13,71861 + 0,93882(12,5a - 3,625) + 0,38233(5v - 12) - 0,1456(12,5a - 3,625)^2 - 0,11175(5v - 12)^2 - 0,22458(33,3h - 6)^2 \quad (5)$$

После выполнения соответствующих преобразований уравнение имеет вид:

$$f(a, v, h) = -22,75a^2 + 24,93025a - 2,79375v^2 + 15,32165v - 249,03452h^2 + 89,74217h - 20,36273. \quad (6)$$

Функциональная зависимость силовая нагрузка на передние движители трактора, от исследуемых факторов при постоянной скорости ($v=2,4$ м/с) представлена формулой:

$$f(a, h) = -22,75a^2 + 24,93025a - 249,03452h^2 + 89,74217h - 21,13308. \quad (7)$$

На рисунке 6 показано графическое представление уравнения (7) при фиксированной скорости движения трактора.

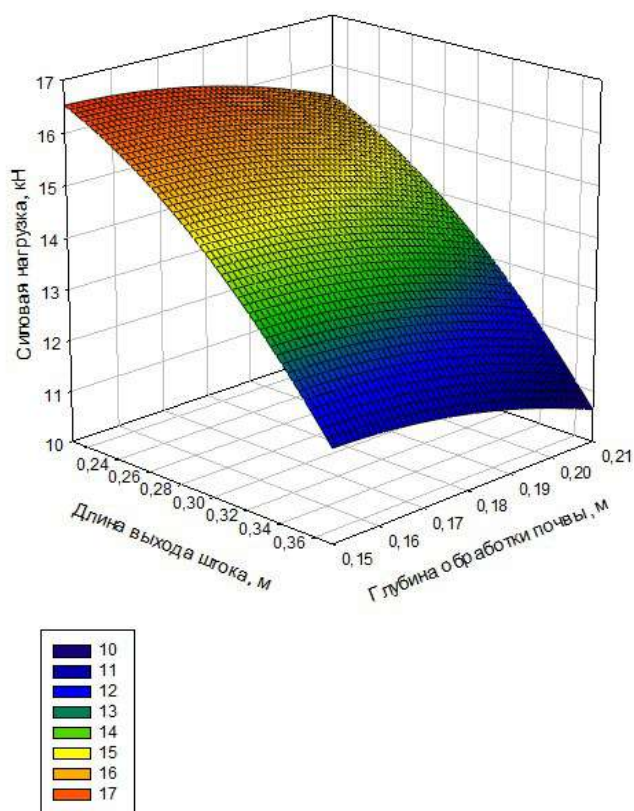


Рис. 6. Анализ изменения нагрузки на передние движители трактора в зависимости от глубины вспашки и степени выдвигания штока гидроцилиндра (скорость движения зафиксирована на уровне $v = 2,4$ м/с)

Согласно результатам экспериментов (рис. 6), максимальное снижение усилия на передние движители трактора наблюдается при длине выхода штока гидроцилиндра 0,36 м и достигает 37% относительно базовых показателей. Возможность регулирования глубины обработки почвы в заданных параметрах сохраняется при фиксированном значении этого показателя, при глубине обработки почвы в диапазоне от 0,15 м до 0,18 м фиксируется стабильная нагрузка на передние движители трактора.

При установленной длине выдвижения штока гидроцилиндра $a = 0,29$ м зависимость силовой нагрузки на передние движители трактора определяется выражением (8).

$$f(v, h) = -2,79375v^2 + 15,32165v - 249,03452h^2 + 89,74217h - 15,04603. \quad (8)$$

На рисунке 7 приведено визуальное отображение зависимости, описываемой уравнением (8)

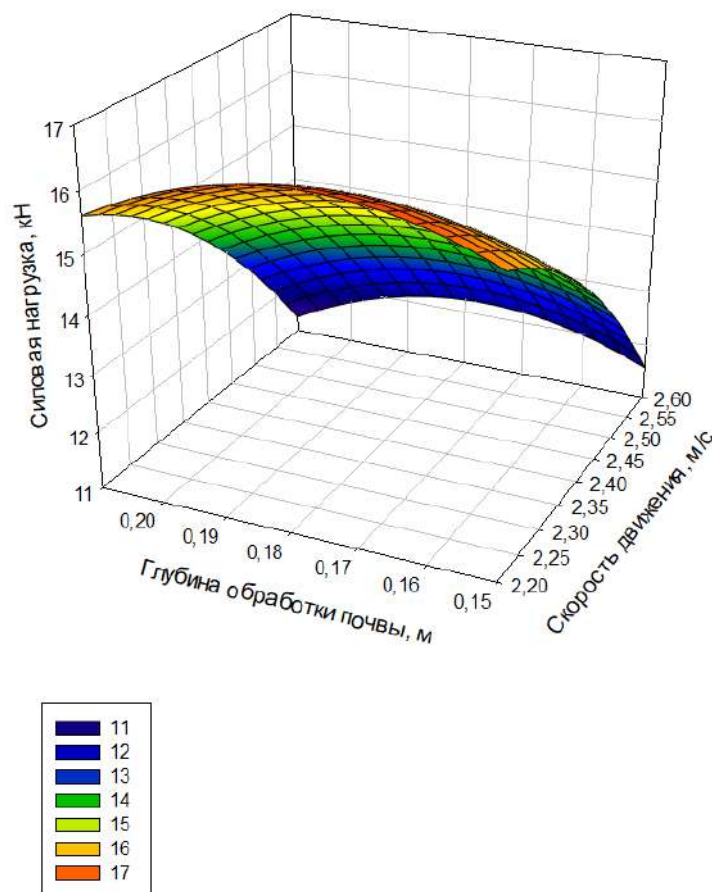


Рис. 7. Анализ изменения нагрузки на передние движители трактора в зависимости от глубины вспашки и скорости движения (степень выдвижения штока гидроцилиндра зафиксирована на уровне $a = 0,29$ м)

На основе проведенного анализа установлено, что при неизменной длине хода штока гидроцилиндра предлагаемого устройства повышение скорости движения трактора до 2,6 м/с способствует снижению нагрузки на передние движители трактора до 32% и обеспечивает возможность точной настройки глубины почвообработки в требуемых пределах.

Уравнение, аппроксимирующее влияние факторов на силовую нагрузку передних движителей трактора при неизменном значении глубины обработки почвы $h = 0,18$ м, записывается следующим образом:

$$f(a, v) = -22,75a^2 + 24,93025a - 2,79375v^2 + 15,32165v - 12,2744. \quad (9)$$

На рисунке 8 показано графическое представление уравнения (9) при фиксированной скорости движения трактора.

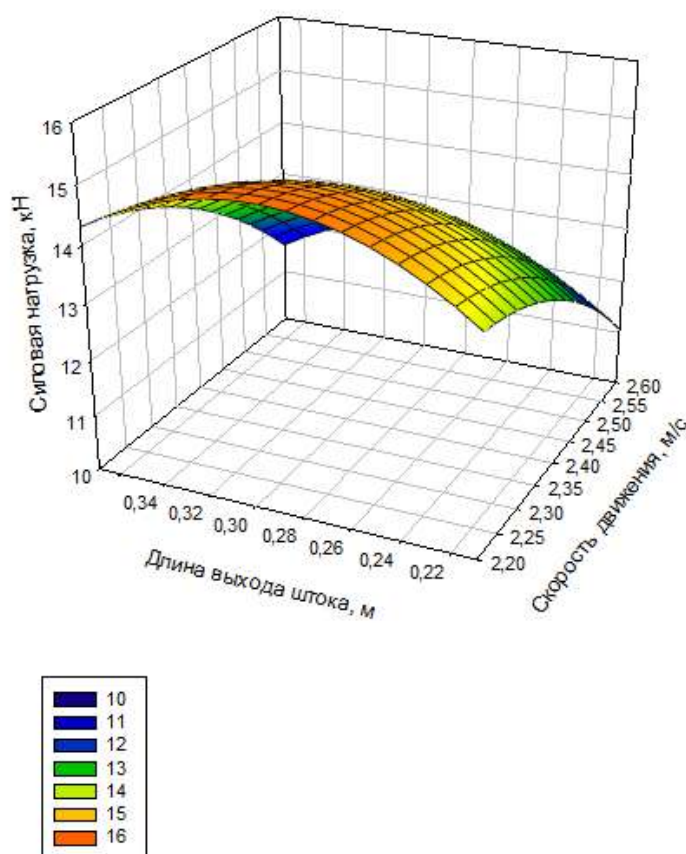


Рис. 8. Анализ изменения нагрузки на передние движители трактора в зависимости от степени выдвижения штока гидроцилиндра и скорости движения (глубина вспашки зафиксирована на уровне $h=0,18$ м)

Результаты исследования показывают: при неизменной глубине обработки увеличение скорости передвижения до 2,6 м/с даёт двоякий эффект – нагрузка на передние движители снижается на 18%, при этом сохраняется возможность регулирования глубины хода рабочих органов в заданном диапазоне. Увеличение степени выдвижения штока гидроцилиндра в исследуемом диапазоне дополнительно обеспечивает уменьшение нагрузки на передние движители трактора на 18%

Заключение. Результаты производственных испытаний бороновального агрегата с модернизированной бороной БДТ-3 подтвердили эффективность предложенного технического решения. Устройство обеспечивает перераспределение силовой нагрузки с рабочих органов бороновального агрегата с модернизированной бороной БДТ-3 на ведущие колеса трактора «Беларус» 82.1, что позволяет кратковременно снижать нагрузку на передние движители трактора с 15 800 Н до 11 250 Н. Предлагаемое устройство позволяет кратковременно разгружать передний мост трактора, тем самым снижая силовое воздействие на опорную поверхность до 37%, не снижая управляемость трактора.

Список источников

1. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Воякин С. Н., Поликутина Е. С., Леонов В. В. Влияние конструктивно-технологических параметров «Корректора-распределителя сцепного веса» на распределение нагрузки бороновального агрегата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 1. С. 34-39. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-1-34-39](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-1-34-39) EDN: [FDQWBL](#)
2. Поликутина Е. С., Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Школьников П. Н., Ермаков Д. В. Повышение производительности прицепных агрегатов почвообрабатывающих машин // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 3(51). С.71- 77. EDN: [YPCPOU](#)
3. Поликутина Е. С., Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Улучшение тяговых показателей колёсных энергетических средств при работе с прицепными агрегатами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 5 (109). С. 144-148. EDN: [FTUIYM](#)

4. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Марков С. Н., Поликутина Е. С., Епифанцев В. В., Щитова В. А. Особенности эксплуатации энергетических средств в условиях рискованного земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 6 (110). С. 99-103. EDN: [BDNKVZ](#)
5. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Поликутина Е. С., Бурмага А. В., Сурин Р. О. Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 4 (52). С. 80-89. EDN: [YGBDJM](#)
6. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Поликутина Е. С., Решетник Е. И., Леонов В. В. Исследование по оптимизации глубины обработки почвы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 204. С. 143-151. DOI: [10.21515/1990-4665-204-016](#) EDN: [LJQRQY](#)
7. Поликутина Е. С., Щитов С. В., Кривуца З. Ф. [и др.]. Снижение техногенного воздействия на почву при выполнении бороновальных работ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 2 (112). С. 119-123. EDN: [HPIBQT](#)
8. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Поликутина Е. С. [и др.]. Результаты исследований по использованию комбинированного почвообрабатывающего агрегата в зоне "рискованного" земледелия // Пермский аграрный вестник. 2025. №1 (49). С. 13-23. DOI: [10.47737/2307-2873_2025_49_13](#) EDN: [BDCBUI](#)
9. Соколов Н. М., Стрельцов С. Б., Покусаев П. А. Влияние конструктивных и режимных параметров рабочих органов на энергетические показатели почвообрабатывающего орудия // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 147-153. DOI: [10.28983/asj.y2024i5pp147-153](#) EDN: [NGFITJ](#)
10. Иванов В. В., Седов А. В., Ошурков М. В. Анализ факторов, характеризующих уровень технической эксплуатации // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 13-19. DOI: [10.24411/2307-2873-2020-10003](#) EDN: [UXCBIV](#)
11. Патент на полезную модель №2821900 С1 Российская Федерация А01В 21/00. Распределительно-догружающее устройство для прицепной рамной бороны, патент на изобретение: № 2023131290: заявка от 30.11.2023: опубл. 27.06.2024 / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный аграрный университет". EDN: [LCJSCM](#)
12. Патент на изобретение № 2812473 С1 Российская Федерация А01В 71/02. Догрузочно-распределительное устройство для прицепной рамной дисковой бороны, патент на изобретение: № 2023124750: заявка от 27.09.2023: опубл. 30.01.2024 / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный аграрный университет". EDN: [TEEFBC](#)
13. Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Тюрин И.Ю. [и др.]. Оптимальные параметры трактора и пахотного агрегата по различным критериям оптимизации // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 155-160. DOI: [10.28983/asj.y2023i1pp155-160](#) EDN: [ZIUWJV](#)
14. Лисунов О.В., Богиня М.В., Васильев А.А. [и др.]. Исследование влияния параметров рабочих органов и режимов работы культиватора модульного типа на качество поверхностной обработки почвы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1(61). С. 155-160. DOI: [10.18286/1816-4501-2023-1-190-196](#) EDN: [SCQIIN](#)

References

1. Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Voyakin, S. N., Polikutina, E. S. & Leonov, V. V. (2025). Influence of structural and process parameters of coupling weight corrector-distributor on boron unit load distribution. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 34-39. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-1-34-39](#) EDN: [FDQWBL](#) (in Russian).
2. Polikutina, E. S., Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Shkolnikov, P. N., & Ermakov, D. V. (2024). Increasing the Productivity of Tractor-Trailed Units of Soil-Tilling Machines. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 3(51). 71-77. EDN: [YPCPOU](#) (in Russian).
3. Polikutina, E. S., Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F. (2024). Improvement of the Traction Performance of Wheeled Power Vehicles When Working with Trailer Units. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 5 (109). 144-148. EDN: [FTUIYM](#) (in Russian).
4. Krivutsa, Z. F., Shchitov, S. V., Markov, S. N., Polikutina, E. S., Epifantsev, V. V., & Shchitova, V. A. (2024). Features of the Operation of Power Vehicles in the Conditions of Risky Agriculture. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 6 (110). 99-103. EDN: [BDNKVZ](#) (in Russian).
5. Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Polikutina, E. S. & [et al.]. (2024). Optimization of pre-sowing soil preparation processes in the Amur region. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 4 (52). 80-89. EDN: [YGBDJM](#) (in Russian).
6. Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Polikutina, E. S., Reshetnik, E. I., & Leonov, V. V. (2024). Research on optimization of soil tillage depth. *Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 204. 143-151. DOI: [10.21515/1990-4665-204-016](#) EDN: [LJQRQY](#) (in Russian).
7. Polikutina, E. S., Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F. & [et al.]. (2025). Reducing the technogenic impact on the soil during harrowing operations. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2 (112). 119-123. EDN: [HPIBQT](#) (in Russian).
8. Shchitov, S. V., Krivutsa, Z. F., Polikutina, E. S. & [et al.]. (2025). Results of studies on the use of a combined tillage unit in a "risky" farming zone. *Perm Agrarian Bulletin*. 1 (49). 13-23. DOI: [10.47737/2307-2873_2025_49_13](#) EDN: [BDCBUI](#) (in Russian).
9. Sokolov, N. M., Streltsov, S. B., & Pokusaev, P. A. (2024) Influence of design and operating parameters of working bodies on the energy indicators of tillage implements. *Agrarian Scientific Journal*. 5. 147-153. DOI: [10.28983/asj.y2024i5pp147-153](#) EDN: [NGFITJ](#) (in Russian).
10. Ivanov, V. V., Sedov, A. V., & Oshurkov, M. V. (2020). Analysis of factors characterizing the level of technical operation. *Perm Agrarian Bulletin*. 1 (29). 13-19. DOI: [10.24411/2307-2873-2020-10003](#) EDN: [UXCBIV](#) (in Russian).

11. Kuznetsov, E. E., Shchitov, S. V. & [et al]. Utility Model Patent 2821900 C1 Russian Federation A01B 21/00. Distributing and additional loading device for a trailed frame harrow, invention patent: 2023131290: application dated 30.11.2023: published 27.06.2024. Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Far Eastern Agrarian University. EDN: [LCJSCM](#) (in Russian).

12. Kuznetsov, E. E., Shchitov, S. V. & [et al]. Patent for Invention 2812473 C1 Russian Federation A01B 71/02. Additional Loading and Distribution Device for a Trailed Frame Disc Harrow, Patent for Invention: No. 2023124750: Application dated September 27, 2023: Published January 30, 2024 / Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Far Eastern Agrarian University. EDN: [TEEFBC](#) (in Russian).

13. Khafizov, K. A., Khafizov, R. N., Tyurin, I. Yu. & [et al]. (2023). Optimum parameters of a tractor and a plowing unit based on various optimization criteria. *Agrarian Scientific Journal*. 1. 155–160. DOI: [10.28983/asj.y2023i1pp155-160](#) EDN: [ZIUWJV](#) (in Russian).

14. Lisunov, O. V., Boginya, M. V., Vasiliev, A. A. & [et al]. (2023). Study of the Influence of the Parameters of Working Bodies and Operating Modes of a Modular Cultivator on the Quality of Surface Soil Tillage. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 1(61). 155-160. DOI: [10.18286/1816-4501-2023-1-190-196](#) EDN: [SCQIIN](#) (in Russian).

Информация об авторах:

Сергей Васильевич Щитов, доктор технических наук, профессор;

ID: <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

Зоя Фёдоровна Кривуца , доктор технических наук, профессор;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-5345-1732>, e-mail: zfk20091@mail.ru

Елена Сергеевна Поликутина, кандидат технических наук, доцент;

ID: <http://orcid.org/0000-0001-9726-5176>, e-mail: e.polikytina@mail.ru

Денис Владимирович Ермаков, аспирант;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-1374-4055>, e-mail: denermakov00@gmail.com

Виктория Андреевна Щитова, студент;

ID: <http://orcid.org/0009-0001-3390-2743>, e-mail: vikasitova814@gmail.com

Information about the authors:

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor;

ID: <https://orcid.org/0000-0003-2409-450X>, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

Zoya F. Krivutsa , Doctor of Technical Sciences, Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-5345-1732>, e-mail: zfk20091@mail.ru

Elena S. Polikutina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0001-9726-5176>, e-mail: e.polikytina@mail.ru

Denis V. Ermakov, postgraduate student;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-1374-4055>, e-mail: denermakov00@gmail.com

Victoria A. Shchitova, student;

ID: <http://orcid.org/0009-0001-3390-2743>, e-mail: vikasitova814@gmail.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2026; одобрена после рецензирования 23.05.2026; принята к публикации 30.06.2026.

The article was submitted 30.04.2026; approved after reviewing 23.05.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 619:001.891.53:615.281:636.028

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-53-59>

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА КРОВИ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС ПРИ ДОКЛИНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ НОВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ

Е. М. Ишмухаметова¹, А. В. Савинков^{2✉}, Ю. А. Курлыкова³^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. В задачи исследования входило изучение динамики биохимических показателей крови в рамках оценки параметров хронической токсичности испытуемого препарата при использовании его на лабораторных крысах. Для проведения токсикологического исследования было использовано три группы экспериментальных крыс породы Wistar, которым перорально вводили разные дозы кормовой добавки «Рахибор» индивидуально на каждую голову: первая группа получала обычные болюсы на основе муки и воды каждый день без кормовой добавки, вторая – с добавлением 1 г на 1 кг кормовой добавки в день, третья – с добавлением 5 г на 1 кг кормовой добавки в день. Сведения, полученные при анализе результатов биохимического исследования сыворотки крови через 90 суток эксперимента, позволили установить отсутствие негативного влияния испытуемой кормовой добавки при длительном ее применении на организм подопытных крыс в рекомендуемой терапевтической дозировке и при ее пятикратном превышении. При этом было выявлено положительное действие данного средства на поддержание уровня кальция в крови подопытных животных обеих групп. В конце эксперимента значение уровня кальция снизилось в контрольной группе подопытных крыс на 20,0%, тогда как во 2-й и 3-й группах снижение было незначительным, оно составило 5% и 1,7% соответственно. Таким образом, в опытных группах достигается сохранение физиологического уровня фосфорно-кальциевого соотношения. Отмечено стабилизирующее действие добавки на аминотрансферазы, что указывает на ее цитопротекторное действие. Также установлено стабилизирующее влияние испытуемого средства на уровень глюкозы в крови подопытных животных.

Ключевые слова: доклинические исследования, хроническая токсичность, кормовая добавка, лабораторные крысы, биохимическое исследование сыворотки крови

Для цитирования: Ишмухаметова Е. М., Савинков А. В., Курлыкова Ю. А. Оценка биохимического статуса крови лабораторных крыс при доклинических испытаниях новой комплексной белково-минеральной добавки // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 53-59 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-53-59](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-53-59)

Original article

ASSESSMENT OF THE BIOCHEMICAL STATUS OF LABORATORY RAT BLOOD DURING PRECLINICAL TRIALS OF A NEW COMPLEX PROTEIN-MINERAL SUPPLEMENT

E. M. Ishmukhametova¹, A. V. Savinkov^{2✉}, Y. A. Kurlykova³^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia.

Abstract. The objectives of the study included studying the dynamics of blood biochemical parameters as a part of assessing the parameters of chronic toxicity of the test drug when used on laboratory rats. To conduct a toxicological study, three groups of experimental Wistar rats were used, which were orally given different doses of the feed additive "Rahibor" individually for each head: the first group received conventional boluses based on flour and water every day without a feed additive, the second – with the addition of 1 g per 1 kg of feed additive per day, the third – with the addition of 5 g per 1 kg of feed additive per day. The information obtained by analyzing the results of a biochemical study of blood serum after 90 days of the experiment made it possible to establish the absence of a negative effect of the test feed additive with prolonged use on the body of experimental rats at the recommended therapeutic dosage and when it was exceeded five times. At the same time, the positive effect of this drug on maintaining calcium levels in the blood of experimental animals of both groups was revealed. At the end of the experiment, the calcium level decreased by 20.0% in the control group of experimental rats, whereas in the 2nd and 3rd groups the decrease was insignificant, it amounted to 5% and 1.7%, respectively. Thus, in the experimental groups, the preservation of the physiological level of the phosphorus-calcium ratio is achieved. The stabilizing effect of the additive on aminotransferases was noted, which indicates its cytoprotective effect. The stabilizing effect of the test agent on the blood glucose level of experimental animals has also been established.

Keywords: preclinical studies, chronic toxicity, feed additive, laboratory rats, biochemical study of blood serum

For citation: Ishmukhametova, E. M., Savinkov, A. V. & Kurlykova, Yu. A. (2026). Assessment of the biochemical status of laboratory rat blood during preclinical trials of a new complex protein-mineral supplement. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3, 53-59. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-53-59](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-53-59) (in Russian).

Введение. В интенсивном промышленном животноводстве вопросам питания животных уделяется особое внимание. Особенно это относится к ее кормовой базе. Она должна обеспечить поступление питательных белковых и минеральных веществ, витаминных элементов в организм животных в достаточном количестве и в правильном их соотношении [1]. Успешное внедрение новых минеральных и лекарственных препаратов в ветеринарную практику требует тщательного подтверждения их эффективности и безопасности для сельскохозяйственных животных. При этом важнейшим этапом является доклиническая оценка безопасности лекарства на основе международных и российских стандартов [2, 3].

В настоящее время доклинические исследования безопасности ЛС проводятся на различных видах животных, включая крыс, мышей, кроликов и свиней. Они направлены на оценку потенциальных рисков и побочных эффектов препаратов, предотвращение негативных последствий использования лекарств у целевых видов сельскохозяйственных животных в ходе клинических испытаний [4, 5]. Токсикологические исследования в основном делятся на два основных типа: общетоксичное действие и исследование специфических видов токсичности. Первая включает в себя оценку острой и хронической токсичности. Острая токсичность исследует потенциальные риски при однократном или краткосрочном воздействии препарата, тогда как хроническая токсичность изучает возможные долгосрочные последствия длительного использования лекарства. Вторые виды включают в себя исследования генотоксичности, канцерогенности, репродуктивной токсичности, нейротоксичности и других видов специфической токсичности, которые могут возникнуть при определенных условиях или у определенных групп опытных животных [6]. Целью таких экспериментов является определение диапазона безопасных доз, а также выявление возможных побочных эффектов при высокой концентрации. При этом акцент делается на изучении доз, вызывающих минимальные признаки токсичности, но не приводящих к гибели животных [7, 8, 9, 10].

Обмен веществ, или метаболизм, является сложным процессом, состоящим из множества биохимических реакций, которые обеспечивают жизнедеятельность организма животных. Кровь животных, будучи важнейшей интегрирующей средой, отражает все происходящие в организме изменения, поэтому анализ и оценка вариабельности морфологических и биохимических показателей имеет первостепенное значение при оценке безопасности лекарственных кормовых добавок в рационе сельскохозяйственных животных.

Цель исследований – фармако-токсикологическая оценка комплексного средства для коррекции минерального обмена у молодняка продуктивных животных – «Рахибор».

Задачи исследований – изучение динамики биохимических показателей крови в рамках оценки параметров хронической токсичности испытуемого препарата при использовании его на лабораторных крысах.

Материалы и методы исследований. Разработку программы и экспериментальную работу проводили в соответствии с методической базой доклинических исследований новых препаратов. Испытуемая кормовая добавка содержит в своем составе комплекс ископаемых минеральных компонентов с высоким содержанием кальция, фосфора и серы, а также используется белковый компонент органического происхождения.

Экспериментальные испытания осуществляли согласно действующим правилам [11], Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ [12], а также на основе биохимического анализа крови животных [13, 14, 15].

Изучение оценки хронической токсичности препарата при его внутрижелудочном введении проводилась на лабораторных крысах. Для этого было создано 3 группы по 10 крыс-самок породы Wistar, масса тела каждой из которых составляла 200,0-220,0 г.

Для внутрижелудочного введения использовался ненасильственный метод. Каждая крыса на голодный желудок утром каждого дня индивидуально получала болюс в виде шарика, который добровольно съедался как корм. В основе каждого болюса была мука, вода и небольшое количество нерафинированного подсолнечного масла для вкуса.

Животным первой группы (контроль) давали обычные болюсы без кормовой добавки. Во второй опытной группе животные получали те же болюсы, но с добавлением 1 г на 1 кг кормовой добавки в день. В третьей опытной группе крысам задавали те же болюсы из муки, но с добавлением 5 г на 1 кг кормовой добавки в день. Общая продолжительность экспериментальных наблюдений составил три месяца исследований.

Для биохимического анализа производилось взятие крови из полости сердца в начале и в конце эксперимента. Биохимическое исследование сыворотки крови производилось на биохимическом анализаторе Statfax (США) с использованием коммерческих наборов реактивов.

В ходе эксперимента оценивали функциональную активность систем организма подопытных животных посредством следующих биохимических показателей: по активности аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) определяли токсическое действие препарата на внутренние органы сердце, печень и почки; по содержанию креатинина и мочевины изменение показателей функции почек и белкового метаболизма; по уровню глюкозы – состояние углеводного обмена; по активности щелочной фосфатазы (ЩФ) – оценка состояния печени, костной системы, желчевыводящих путей и почек; по содержанию общего белка – определяли состояние белкового обмена; по содержанию кальция и фосфора – определяли активность фосфорно-кальциевого обмена организма.

Статистический анализ полученных данных был выполнен в программе MS Excel, с помощью методов стандартной вариационной статистики.

Результаты исследований. Результаты биохимического исследования сыворотки крови экспериментальных крыс за данный период времени представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты биохимического исследования крови крыс

Показатель	3 месяца исследований						Референс- ные значения
	Группа животных (фон)			Группа животных (контроль)			
	1 группа (контроль)	2 группа	3 группа	1 группа (контроль)	2 группа	3 группа	
Общий белок, г/л	62,56±5,227	67,10±4,411	68,90±3,342	55,0±1,482	58,20±4,055	55,28±2,009^	50-72
Мочевина, ммоль/л	6,35±0,262	5,18±0,307	5,62±0,428	5,86±1,191	7,70±0,727^	6,86±0,279^	3-8,6
Глюкоза, ммоль/л	4,42±0,154	4,51±0,076	4,48±0,216	1,96±0,280^^	2,92±0,487^	2,68±0,439^	3,7-13
АСТ, ед/л	53,06±18,711	51,18±15,401	53,32±4,842	106,40±12,764^	69,72±6,897*	58,46±6,090*	81-224
АЛТ, ед/л	62,70±4,527	55,36±8,067	60,70±5,464	72,18±23,269	65,04±2,609	42,98±7,699	34-81
Билирубин, мкмоль/л	1,05±0,141	1,43±0,491	1,26±0,175	2,53±0,473^	1,23±0,173*	1,65±0,347	1,1-3,7
Щелочная фосфатаза, ед/л	291,20±50,464	248,54±30,809	303,82±3,149	96,26±9,648^	85,76±7,711^	81,96±5,770^	79-287
Кальций, ммоль/л	2,40±0,187	2,42±0,074	2,36±0,075	1,92±0,119	2,30±0,117*	2,32±0,074*	2,3-2,8
Фосфор, ммоль/л	1,45±0,115	1,33±0,111	1,07±0,053	1,22±0,138	1,16±0,027	1,08±0,064	1,0-2,6

Примечание: [^] – $P \leq 0,05$; ^{^^} – $P \leq 0,01$; ^{^^^} – $P \leq 0,001$ – по отношению к фоновым значениям;

^{*} – $P \leq 0,05$; ^{**} – $P \leq 0,01$; ^{***} – $P \leq 0,001$ – по отношению к контрольным значениям.

Как видно из полученных данных уровень общего белка во всех исследуемых группах в начале экспериментального исследования находится в пределах референсных значений. Если уровни общего белка в исследуемых группах совпадают с уровнями в контрольных группах, то это подтверждает отсутствие патологических изменений. Полученные данные конца исследований указывают на статистически значимое снижение уровня общего белка в каждой из групп по сравнению с начальными значениями – 12,1%, 13,2% и 19,8% ($P \leq 0,05$) в контрольной, 2-й и 3-й опытных группах соответственно. Несмотря на значительное снижение уровня общего белка относительно начальных условий (19,8%), в конце эксперимента различия между показателями третьей опытной группы и контрольными значениями оказались незначительными. Это означает, что используемый препарат не оказал выраженного влияния на данный показатель.

При анализе мочевины в начале исследования было установлено, что во всех подопытных группах не наблюдалось отклонений от референсных значений. В конце исследования контрольные значения снизились по отношению к фоновым показателям на 7,8%. А во 2-й и 3-й опытных группах происходило увеличение этого параметра на 48,5% ($P \leq 0,05$) и 21,9% ($P \leq 0,05$). Исходя из данной ситуации, в контрольной группе в конце эксперимента значения показателя были меньше на 31,4% и 17,1% по отношению к показателям 1-й и 2-й групп соответственно. Исходя из полученных сведений видно, что уровень белковых метаболитов в группах, где животные употребляли препарат, был выше. Из чего следует, что уровень метаболизма белка был у этих животных более интенсивным.

Перед началом эксперимента уровень глюкозы у всех подопытных животных находился в пределах нормы, то есть соответствовал референсным значениям, установленным для данного вида животных. Отсутствие отклонений позволяет сделать вывод о том, что исходный уровень глюкозы был одинаковым во всех группах, что является важным условием для корректного проведения эксперимента.

В ходе эксперимента значение показателя глюкозы значительно снизилось во всех группах по сравнению с начальными уровнями. Оно наиболее выражено в контрольной группе и составило 55,6% по сравнению с первоначальными значениями. Уменьшение уровня глюкозы во 2-й и 3-й группах ниже на 35,2% ($P \leq 0,05$) и 40,2% ($P \leq 0,05$) соответственно.

Уровень глюкозы у контрольной группы в конце исследования имеет значительно более низкие значения по сравнению с опытными группами – на 49% ниже, чем во второй опытной группе и на 36,7% ниже, чем в третьей опытной группе. Различия в степени снижения данного показателя указывают на позитивное метаболическое действие исследуемого препарата, оказывающее комплексное влияние на биохимические процессы, что способствует поддержанию гомеостаза содержания глюкозы в крови.

Уровень АСТ во всех исследуемых группах в начале эксперимента соответствует референсным значениям, то есть показатели активности фермента АСТ находились в норме во всех группах, что позволило обеспечить однородность начальных условий для всех подопытных групп. Если уровни АСТ в исследуемых группах совпадают с уровнями в контрольной группе, то это указывает на отсутствие негативных процессов, приводящих к цитолизу.

В конце эксперимента полученные результаты указывают на статистически значимое ($P \leq 0,05$) увеличение уровня АСТ в два раза в контрольной группе и во 2-й – на 36,2%, а также снижение на 19,3% ($P \leq 0,05$) в 3-й группе по сравнению с начальными значениями.

Двукратное увеличение уровня АСТ указывает на возможное повреждение клеток печени и сердца, так как АСТ высвобождается в кровь при разрушении этих клеток. Уровень АСТ в контрольной группе превысила на 34,5% ($P \leq 0,05$) и 59,6% ($P \leq 0,05$) по сравнению со значениями 2-й и 3-й подопытных групп, соответственно в конце эксперимента. Отсутствие значимых изменений в активности АСТ в группах, где животные получали испытуемый препарат указывает на то, что применяемое лечение оказывает цитопротекторное действие, т.е. способствует сохранению целостности клеток печени и сердца животных.

Активность фермента АЛТ у подопытных животных всех групп до начала исследования была в пределах нормы. Таким образом, все исследуемые группы имели одинаковый стартовый уровень этого показателя, что могло исключить влияние изначального состояния на конечные результаты эксперимента. Уровень АЛТ в контрольной группе в конце исследования увеличился на 15,1%. Во 2-й группе уровень АЛТ вырос еще больше – на 17,4%. В 3-й группе наблюдается небольшое снижение уровня АЛТ на 3,7%. При этом во 2-й опытной группе данный показатель был меньше значений контроля на 9,9%, а в 3-й – на 19,0%. Все изменения происходили в рамках референсных границ, однако на уровне тенденции это может свидетельствовать о протекторном действии данного препарата.

Уровень билирубина у всех групп начала эксперимента находился в пределах нормы, установленной для данного показателя. В конце эксперимента значения показателя билирубина для контрольной группы увеличились в 2,4 раза ($P \leq 0,05$) по сравнению с исходными данными. Что может быть связано с нарушением преобразования и конъюгации билирубина в печени. Во 2-й опытной группе произошло снижение уровня билирубина на 13,9% по отношению к изначальным значениям. В 3-й опытной группе, напротив, произошло увеличение концентрации билирубина на 30,7%. При этом по отношению к контрольным значениям отмечается уменьшение данного показателя во 2-й группе на 51,3% ($P \leq 0,05$), в 3-й опытной группе на 34,9%. Полученные результаты можно интерпретировать как положительный эффект лечения или воздействия препарата, которое было применено в опытных группах. Снижение уровня билирубина ассоциируется с улучшением функционального состояния печени и ее билиарной системы у подопытных животных.

Анализ уровня ЩФ является одним из ключевых показателей при оценке состояния печени и обмена в костной ткани у подопытных животных. Щелочная фосфатаза – это фермент, который участвует в гидролизе фосфорных эфиров и высвобождении неорганического фосфора. Он присутствует в различных тканях организма животных, включая печень, кости, кишечник и плаценту. Значительное понижение уровня ЩФ указывает на восстановление клеток печени, очистку желчных протоков и восстановление твердости костей и костной ткани. В начале исследования уровень ЩФ во всех подопытных группах находился в пределах референсных значений. Экспериментальные данные на конец исследований указывают на статистически значимое ($P \leq 0,05$) снижение уровня ЩФ по сравнению с начальными значениями – в 3 раза ($P \leq 0,05$) в контрольной, во 2-й опытной группе – в 2,89 раза и 3-й опытной группе – в 3,7 раза ($P \leq 0,05$). Поскольку снижение произошло во всех группах, включая контрольную, то это свидетельствует об отсутствии влияния испытуемого препарата на функциональную активность данного фермента.

Установленный нормальный уровень кальция у подопытных животных перед началом эксперимента является важным показателем, подтверждающим, что на момент старта исследования их физиологическое состояние было стабильным. Кальций играет критическую роль в ряде биологических процессов в организме животных, включая сокращение мышц, передачу нервных импульсов, свертываемость крови и минерализацию костей. Нормальный уровень кальция в крови животных отражает сбалансированное функционирование этих систем.

В конце эксперимента значение уровня кальция снизилось в контрольной группе подопытных крыс на 20,0%, тогда как во 2-й и 3-й группах снижение было несущественным, оно составило 5% и 1,7% соответственно. Снижение уровня кальция у животных контрольной группы по сравнению с первоначальными значениями указывает на изменения в минеральном обмене, которое связано с тем, что животные контрольной группы не получали в процессе опыта минеральных добавок. Показатели концентрации общего кальция в крови у животных 2-й и 3-й групп, сопоставимые с изначальными значениями свидетельствуют о положительном фармакологическом эффекте исследуемого препарата.

Уровень фосфора у всех групп в начале эксперимента находился в пределах нормы. Фосфор играет важную роль в организме животных, участвуя в образовании АТФ (аденозинтрифосфата), который является основным источником энергии для клеток организма, а также входит в состав нуклеиновых кислот, мембран клеток и костей. Нормальный уровень фосфора указывает на правильное функционирование печени и других органов животных, участвующих в его обмене.

В конце исследования произошло снижение уровня фосфора на 16,0% в контрольной группе в конце эксперимента по сравнению с исходными данными. Во второй опытной группе снижение уровня фосфора меньше, чем в контрольной группе (12,8%). Третья опытная группа демонстрировала стабильность уровня фосфора, что указывает на положительный эффект исследуемого препарата. Различия в динамике уровня фосфора между группами обусловлены разными дозами или концентрациями исследуемого препарата. В конце эксперимента уровень фосфора во 2-й и 3-й группах был ниже контрольных значений на 4,6% и 11,0% соответственно.

При анализе кальций-фосфорного отношения в начале эксперимента были установлены следующие значения 1,66, 1,81 и 2,2 в 1-й, 2-й и 3-й группах соответственно. Данные показатели свидетельствуют об отсутствии явных нарушений в минеральном обмене. В конце эксперимента кальций-фосфорное отношение составило в 1-й группе – 1,57, во 2-й группе – 1,98 и в 3-й группе – 2,12. Данные коэффициенты находятся в пределах оптимальных значений, однако в контрольной группе наметились незначительные отклонения в интенсивности минерального обмена за счет снижения значений уровня общего кальция ниже референсных границ.

Заключение. Таким образом, сведения, полученные при анализе результатов биохимического исследования сыворотки крови в конце эксперимента, позволили установить отсутствие негативного влияния испытуемой кормовой добавки при длительном ее применении на организм подопытных крыс в рекомендуемой терапевтической дозировке и при ее пятикратном превышении. При этом было выявлено положительное действие данного средства на показатели белкового, углеводного и минерального обмена, а также положительная тенденция изменения печеночных маркеров, указывающая на протекторное действие. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что данная многокомпонентная препарат заслуживает более глубокого изучения его терапевтического действия. В частности, он рассматривается как потенциальное средство для профилактики и коррекции нарушения минерального обмена у продуктивных животных, в частности, при рахите молодняка продуктивных животных.

Список источников

1. Николаева Н. А. Эффективность витаминно-минеральной кормовой добавки в форме болюса для сухостойных коров в условиях Севера // Зоотехния. 2024. № 2. С. 15-19. DOI 10.25708/ZT.2024.39.91.005. DOI: [10.25708/ZT.2024.39.91.005](https://doi.org/10.25708/ZT.2024.39.91.005) EDN: [MAJGNNR](#)
2. Панин А. Н., Сергеева Т. Н., Душук В. В. Совершенствование национальной стандартизации лекарственных средств для животных // Ветеринария. 2007. № 2. С. 3-5. EDN: [HYPEYZ](#)
3. Самуйленко А. Я., Скотникова Т. А., Неминущая Л. А. и др. Нормативные и информационные справочные документы по вопросам обеспечения безопасности и качества лекарственных средств для животных // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т.13. №5(3). С. 181-184. EDN: [PFLHNT](#)
4. Кудрин М. Р., Селезнева Н. В., Королева Е. А. Условия выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота и их продуктивность // Развитие животноводства – основа продовольственной безопасности: сборник научных трудов, 2017. С. 31-35. EDN: [TCPMUB](#)
5. Малков С. В., Красноперов А. С., Опарина О. Ю. и др. Токсикологические исследования добавки кормовой Эндофорс Мульти на лабораторных животных // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 2(67). С. 220-228. DOI: [10.31677/2072-6724-2023-67-2-220-228](https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-220-228) EDN: [ODADTH](#)
6. ГОСТ 31674-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности. М. : Стандартинформ, 2012. 72 с.
7. Combes, R.D., Gaunt I., Balls M. A Scientific and Animal Welfare Assessment of the OECD Health Effects Test Guidelines for the Safety Testing of Chemicals under the European Union REACH System // ATLA. 2004. № 32. p. 163-208. DOI: [10.1177/026119290403200304](https://doi.org/10.1177/026119290403200304)

8. Draft consultant's proposal OECD TG // Draft OECD guideline for the testing of chemicals. Acute Oral Toxicity Fixed Dose Procedure. 2008. № 13, Vol. 8, November. p. 452.
9. EEC Council Directive 86/609/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes // Official Journal. 1986. № 29, 18th December. p.358.
10. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986.
11. Ишмухаметова Е. М., Шарымова Н. М. Исследование хронической токсичности комплексного средства "Рахибор" при пероральном введении лабораторным крысам // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов. Кинель, 2025. С. 146-153. EDN: [NXFYR](#)
12. Западнюк И. П., Западнюк В. И., Захария Е. А., Западнюк Б. В. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте: учебное пособие / 3-е изд., перераб. доп. Киев : Вища школа, 1983. 383 с.
13. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под общ. ред. чл.-корр. РАМН, проф. Р.У. Хабриева. 2-изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 2005. 832 с.
14. Донник И. М., Шкуратова И.А. Молекулярно-генетические и иммунно-биохимические маркеры оценки здоровья сельскохозяйственных животных // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87, № 4. С. 362-366. DOI: [10.7868/S0869587317040132](#) EDN: [YSECUB](#)
15. Дорожкин В. И., Бирюкова Н. П., Бахмутова Т. В. Современные требования к изучению общетоксического действия фармакологических веществ // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии № 2(30), 2019. С. 205-215. DOI: [10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902015](#) EDN: [UUQGLC](#)
16. Shayne Cox Gad. Pilot toxicity testing in drug safety evaluation: MTD and DRF // Drug Safety Evaluation, Third Edition, 2017. P. 129-157. DOI: [10.1002/9781119097440.ch7](#)

References

1. Nikolaeva, N. A. (2024). Effectiveness of a vitamin-mineral feed additive in the form of a bolus for dry cows in the North Zootechnics. 2. 15-19. DOI: [10.25708/ZT.2024.39.91.005](#) EDN: [MAJGNR](#)
2. Panin, A. N., Sergeeva, T. N. & Dushuk, V. V. (2007). Improvement of National Standardization of Medicines for Animals. Veterinariya. 2. 3-5. EDN: [HYPEYZ](#)
3. Samuylenko, A. Ya., Skotnikova T.A., Neminushchaya L.A. & et al. (2011). Regulatory and informational reference documents on ensuring the safety and quality of medicines for animals. Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 13. 5(3). 181-184. EDN: [PFLHHT](#)
4. Kudrin, M. R., Selezneva, N. V. & Koroleva, E. A. (2017). Conditions of growing repair young cattle and their productivity. Development of animal husbandry – the basis of food security. collection of scientific papers. 31-35. EDN: [TCPMUB](#)
5. Malkov, S. V., Krasnoperov, A. S., Oparina, O. Yu. & [et al]. (2023). Toxicological studies of the feed additive Endoforce Multi on laboratory animals. Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2(67). 220-228. DOI: [10.31677/2072-6724-2023-67-2-220-228](#) EDN: [ODADTH](#)
6. GOST 31674-2012 Feeds, compound feeds, and feed raw materials. Methods for Determining General Toxicity. Moscow: Standartinform, 2012. 72.
7. Combes, R. D., Gaunt I. & Balls, M. A (2004). Scientific and Animal Welfare Assessment of the OECD Health Effects Test Guidelines for the Safety Testing of Chemicals under the European Union REACH System ATLA. 32. 163-208. DOI: [10.1177/026119290403200304](#)
8. Draft consultant's proposal OECD TG. (2008). Draft OECD guideline for the testing of chemicals. Acute Oral Toxicity Fixed Dose Procedure. 13, 8, November. 452.
9. EEC Council Directive 86/609/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes. (1986). Official Journal. 29, 18th December. 358.
10. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986.
11. Ishmukhametova, E. M., & Sharymova N. M. (2025). Investigation of the chronic toxicity of the complex agent "Rahibor" when administered orally to laboratory rats. Innovative achievements of science and technology of the agroindustrial complex : collection of scientific papers. 146-153. EDN: [NXFYR](#)
12. Zapadnyuk, I. P., Zapadnyuk, V. I., Zakharia, E. A. & Zapadnyuk B. V. (1983). Laboratory Animals. Breeding, Keeping, and Using in Experiments. A textbook. 3rd Edition, Revised and Expanded. Kiev: Vyshcha Shkola. 383.
13. Guidelines for the Experimental (Preclinical) Study of New Pharmacological Substances (2005). Edited by R.U. Khabriev, Corresponding Member of the Russian Academy of Medical Sciences, Professor. 2nd edition, revised and expanded. Moscow: Meditsina. 832.
14. Donnik, I. M. & Shkuratova, I. A. (2017). Molecular-Genetic and Immuno-Biochemical Markers for Assessing the Health of Farm Animals. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 87, 4. 362-366. DOI: [10.7868/S0869587317040132](#) EDN: [YSECUB](#)

15. Dorozhkin, V. I., Biryukova, N. P. & Bakhmutova, T. V. (2019). Modern Requirements for Studying the General Toxic Effects of Pharmacological Substances. *Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene, and Ecology*. 2(30). 205-215. DOI: [10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902015](https://doi.org/10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902015) EDN: UUQGLC

16. Shayne Cox Gad. (2017). Pilot toxicity testing in drug safety evaluation: MTD and DRF // *Drug Safety Evaluation, Third Edition*. 129-157. DOI: [10.1002/9781119097440.ch7](https://doi.org/10.1002/9781119097440.ch7)

Информация об авторах:

Елена Михайловна Ишмухаметова, соискатель;

<https://orcid.org/0009-0009-2322-7914>; e-mail: nagovitsyna.alenka@yandex.ru

Алексей Владимирович Савинков[✉], доктор ветеринарных наук, профессор;

ID: <http://orcid.org/0000-0001-9280-1400>, e-mail: a_v_sav@mail.ru

Юлия Александровна Курлыкова, кандидат биологических наук, доцент;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-0752-7388>, e-mail: kurlykovau81@mail.ru

Information about the authors:

Elena M. Ishmukhametova, Applicant;

<https://orcid.org/0009-0009-2322-7914>; e-mail: nagovitsyna.alenka@yandex.ru

Alexey V. Savinkov[✉], Doctor of Veterinary Sciences, Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0001-9280-1400>, e-mail: a_v_sav@mail.ru

Yulia A. Kurlikova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-0752-7388>, e-mail: kurlykovau81@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 27.04.2026; одобрена после рецензирования 25.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.

The article was submitted 27.04.2026; approved after reviewing 25.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 639.3.05

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-60-66>

ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ В КАЧЕСТВЕ ДОНОРОВ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИХ ЭМБРИОПРОДУКТИВНОСТИ

Д. В. Иванова¹, А. В. Игнатъев², А. В. Бригида³, Д. Г. Галимуллин⁴, Н. Е. Земскова⁵^{1,2} Центр репродуктивных технологий, Сырейка, Самарская область, Россия.³ Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Лесные поляны, Московская область, Россия.⁴ Агроком, Сырейка, Самарская область, Россия.⁵ Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. Цель исследований – определить возможную кратность использования коров в качестве доноров и оценить изменчивость эмбриопродуктивности в разрезе пород. Экспериментальной базой послужило ООО «Центр репродуктивных технологий», а все практические исследования были проведены на поголовье крупного рогатого скота животноводческого хозяйства ООО «Агроком». В качестве доноров эмбрионов было отобрано 142 коровы в возрасте преимущественно от 3 до 7 лет, из которых 85 животных – абердин ангусской, 24 – монбельярдской и 33 – голштинизированной черно-пестрой пород. Все животные подверглись гормональной стимуляции согласно протоколу основанного на введении препаратов «Синэстрол» (Россия) в дозе 2,5 мл/гол, «Плюсет» (Испания) в дозе 650 МЕ, «Клопровет» (Республика Беларусь) в дозе 2,0 мл/гол, а также прогестеронового интравагинального имплантата «CIDR». Искусственное осеменение коров-доноров осуществляли двухкратно с интервалом 12 часов с использованием 2 штук спермадоз (1; 1). Вымывание эмбрионов осуществляли методом дробного шприцевания на седьмой день индуцированного полового цикла животного. В результате проведенных исследований установлено, что основополагающим при выборе коров в качестве доноров эмбрионов является порода животных. Коровы абердин ангусской породы продемонстрировали большее число положительных реакций на вводимые гонадотропины, в результате которых были получены биологически полноценные эмбрионы. Так же в результате эксперимента определено, что несмотря на хорошую полиовуляторную реакцию яичников у коров-доноров монбельярдской и черно-пестрой пород наблюдается после шестой обработки резкое снижение выхода биологически полноценных эмбрионов. У абердин ангусской породы коров резкое снижение биологически полноценных эмбрионов наблюдается после семнадцатой обработки. В этой связи, можно постановить, что у коров-доноров абердин ангусской породы репродуктивный потенциал выше в отличие от коров-доноров монбельярдской и черно-пестрой пород.

Ключевые слова: трансплантация эмбрионов, корова-донор, абердин ангусская порода, прогестероновый интравагинальный имплантат, биологически полноценный эмбрион, эмбриосбор

Финансирование: Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания регистрационный номер – 126022417944-0; тема №082-00066-26-00 «Усовершенствование технологии трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота».

Для цитирования: Иванова Д. В., Игнатъев А. В., Бригида А. В., Галимуллин Д. Г., Земскова Н. Е. Влияние многократного использования коров в качестве доноров на изменчивость их эмбриопродуктивности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 60-66. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-60-66](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-60-66)

Original article

THE INFLUENCE OF MULTIPLE USE OF COWS AS DONORS ON THE VARIABILITY OF THEIR EMBRYO PRODUCTIVITY

D. V. Ivanova¹, A. V. Ignatiev², A. V. Brigida³, D. G. Galimullin⁴, N. E. Zemskova⁵^{1,2} All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany, Moscow Region, Russia.³ Center for Reproductive Technologies, Syreika, Samara Region, Russia.⁴ Agrokom, Syreika, Samara Region, Russia.⁵ Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia.

Abstract. The aim of the study was to determine the potential frequency of using cows as donors and to evaluate the variability of embryo productivity across breeds. The Center for Reproductive Technologies, LLC served as the experimental base, and all practical studies were conducted on cattle from the Agrokom livestock farm. A total of 142 cows, primarily aged 3 to 7 years, were selected as embryo donors. Of these, 85 were Aberdeen Angus, 24 were Montbéliarde, and 33 were Holsteinized Black and White. All animals underwent hormonal stimulation according to a protocol based on the administration of Sinestrol (Russia) at a dose of 2.5 ml/head, Pluset (Spain) at

a dose of 650 IU, Kloprovet (Republic of Belarus) at a dose of 2.0 ml/head, as well as the progesterone intravaginal implant CIDR. Artificial insemination of donor cows was performed twice at an interval of 12 hours using 2 sperm doses (1; 1). Embryo flushing was performed by fractional syringe injection on the seventh day of the animal's induced estrous cycle. The conducted studies proved that the breed of animals is the fundamental factor in the selection of cows as embryo donors. Aberdeen Angus cows demonstrated a higher number of positive reactions to the administered gonadotropins, resulting in the production of biologically sound embryos. The experiment also revealed that, despite a good polyovulatory response from the ovaries of Montbilliard and Black-and-White donor cows, a sharp decline in the yield of biologically viable embryos was observed after the sixth treatment. Among Aberdeen Angosa cows, a sharp decline in the yield of biologically viable embryos was observed after the seventeenth treatment. Therefore, it can be concluded that Aberdeen Angosa donor cows have a higher reproductive potential than Montbilliard and Black-and-White donor cows.

Keywords: embryo transfer, donor cow, Aberdeen Angus breed, progesterone intravaginal implant, biologically normal embryo, embryo collection

Acknowledgements: The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment registration number - 126022417944-0; topic No. 082-00066-26-00 "Improvement of cattle embryo transplantation technology".

For citation: Ivanova, D. V., Ignatiev, A. V., Brigida, A. V., Galimullin, D. G. & Zemskova, N. E. (2026). The influence of multiple use of cows as donors on the variability of their embryo productivity. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii* (Bulletin Samara State Agricultural Academy). 11, 3. 60-66. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-60-66](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-60-66) (in Russian).

Введение. Эффективность метода множественной овуляции и эмбриотрансплантации (МОЭТ) напрямую зависит от количества получаемых биологически полноценных эмбрионов пригодных к дальнейшей пересадке [1, 2]. К сожалению, только 40,0% коров, отобранных в качестве доноров эмбрионов позволяют получать качественные эмбрионы в количестве более двух штук за одну сессию гормональной стимуляции. При этом, 60,0% коров либо совсем не реагируют на вводимые гонадотропины имея к ним резистентность, либо дают очень слабую полиовуляторную реакцию яичников, при которой количество желтых тел не превышает 1-2 штук из расчета на одного обработанного донора [3-6].

На основании этого, главной задачей специалистов является поиск животных, положительно реагирующих на экзогенные гонадотропины. Используя в качестве доноров высокопродуктивных коров, открывается реальная возможность максимально раскрыть их генеративный потенциал [7]. В связи с этим, формирование постоянного эффективного донорского стада, подвергающегося многократным гормональным стимуляциям, имеет колоссальное значение при долгосрочном планировании работ по воспроизводству стада, так как появляется реальная возможность ускорить генетический прогресс в короткие сроки.

Создание высокорепродуктивного стада коров-доноров является трудоемким мероприятием, и основано на отборе лучших животных, не только по зоотехническим и селекционным признакам, но и по их конечной эмбриопродуктивности.

Согласно данным Кидае Х. А. (2019) главным критерием для многократного использования коров в качестве доноров является способность животных производить большое количество биологически полноценных эмбрионов [8], которых по сведениям Бабуря М. Д. (2021) можно получать до 20 штук за одно вымывания, а в редких случаях и до 50 штук [9].

Аини М. Н. с соавторами (2025), подтверждает данное утверждение, однако добавляет еще один важный фактор – возраст животного. По мнению авторов, у коров старше 8 лет наблюдается значительное снижение числа доминантных и овулировавших фолликулов. При этом начинает снижаться реакционный ответ яичников на вводимые гонадотропины по причине уменьшения общего фолликулярного запаса, растраченного за предыдущие годы жизни животного [10].

Наранджо-Чаконэ Ф. с соавторами (2019) напротив считает, что у коров в возрасте 8-12 лет эмбриопродуктивность по биологически полноценным эмбрионам выше, в отличие от коров-доноров в возрасте 4-6 лет [11]. Хан С. с соавторами (2023) отмечает, что яичники у животных более старшего возраста отвечают на вводимые гормоны эффективнее по причине своей лучшей функциональности [12]. Однако постоянное использование коров в качестве доноров эмбрионов в программе МОЭТ, подразумевает постоянное применение гормональных препаратов, стимулирующих рост большего числа фолликулов, следовательно, фолликулярный запас животных растрачивается быстрее. В этой связи определяющим критерием больше является не возраст животного, а количество гормональных стимуляций, которому оно было подвержено.

Проведя ретроспективный анализ нами, не было найдено литературы, которая бы дала четкое представление о количестве допустимых гормональных обработок доноров, позволяющих получать биологически полноценные эмбрионы у коров разных пород.

Цель исследований – определить возможную кратность использования коров в качестве доноров и оценить изменчивость эмбриопродуктивности в разрезе пород. Для решения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- отобрать коров в качестве потенциальных доноров эмбрионов трех пород, таких как абердин-ангусская, монбельярдская и черно-пестрая голштинизированная;
- оценить изменчивость эмбриопродуктивности коров-доноров в разрезе пород в зависимости от количества гормональных стимуляций;
- определить возможную кратность эффективного использования коров в качестве доноров эмбрионов.

Материал и методы исследований. Экспериментальные исследования проведены в период с 2017 по 2025 год на базе ООО «Центр репродуктивных технологий» на поголовье крупного рогатого скота в животноводческом хозяйстве ООО «Агроком» (с. Сырейка, Кинельский район, Самарская область). В процессе исследования нами был проведен отбор коров, в качестве доноров эмбрионов в количестве 142 животных, из которых 85 голов были абердин-ангусской, 24 монбельярдской и 33 голштинизированной черно-пестрой пород.

В качестве доноров эмбрионов мы отбирали высокопродуктивных коров, оцененных по селекционно-зоотехническим признакам как элита и элита-рекорд. Основная масса коров, используемая в качестве доноров, была в возрасте от 3 до 7 лет. Максимальный возраст коровы, участвующей в эксперименте по получению эмбрионов после многократных обработок, составлял 19 лет.

Коровы, отобранные в качестве доноров эмбрионов, были гормонально обработаны, согласно нижеописанной схемы. В первый день начала гормональной стимуляции всем коровам в группе был внутримышечно введен препарат «Синэстрол» (Россия) в дозе 2,5 мл/гол и непосредственно после этого был установлен прогестероновый интравагинальный имплантат «CIDR». На четвертый день установки имплантата начиная с вечера (20:00), на протяжении четырех дней, аналогично первой группе с интервалом в 12 часов восьмикратно вводили препарат «Плюсет» (Испания) в дозе 650 МЕ на одно животное в убывающих дозах (2,5; 2,5; 2; 2; 1,5; 1,5; 1; 1 мл/гол). Вечером на седьмой день гормональной схемы внутримышечно вводили препарат - «Клопровет» (Республика Беларусь) в дозе 2,0 мл/гол. Утром на восьмой день проводили извлечение интравагинального имплантата. По факту прихода животного повторно в половую охоту коровы были искусственно осеменены дважды с промежутком в 12 часов с использованием 2 штук сперматозоидов (1; 1).

Извлечение эмбрионов у всех коров-доноров проводили методом дробного шприцевания на седьмой день индуцированного полового цикла животного. В качестве промывочной жидкости применяли сбалансированный солевой буферный раствор Дюльбекко с добавлением 10% сыворотки крови в общем объеме от 300 до 500 мл на один рог матки в зависимости от полиовуляторной реакции яичников коров-доноров эмбрионов. Морфологическую оценку эмбрионов проводили под бинокулярными микроскопами МБС-10.

Результаты исследований. Полученные результаты исследования по оценке эффективности коров-доноров при многократных гормональных обработках для индукции полиовуляции яичников отражены в трех таблицах, каждая из которых посвящена одной из исследуемых пород, участвующих в настоящем эксперименте.

При анализе данных таблицы 1, можно обратить внимание, что из 85 коров абердин-ангусской породы только 57,7% обработанных животных были выбраны для повторной процедуры индукции полиовуляции, а 42,3% были исключены из дальнейшей работы по получению эмбрионов в связи с низкой полиовуляторной реакцией яичников или полным отсутствием ответной реакции на вводимые гипофизарные гонадотропины. При этом, среднее число фолликулов, зафиксированных непосредственно перед искусственным осеменением, достигало 25,3 штук из расчета на одного положительно отреагировавшего донора. Однако желтых тел, зафиксированных при помощи ректопальпаторных манипуляций и ультразвукового сканирования яичников, было немного меньше и составляло 90,1% от предварительно зафиксированных фолликулов и составило 22,8 штук в среднем на донора. При оценке показателя «получено в среднем зародышей» было установлено, что всего было получено 14,1 зародыш из расчета на одного обработанного донора, что составило 55,7% и 61,8% от общей овуляторной реакции яичников и сформировавшихся на них желтых тел. Проведя оценку эмбриосборов нами было установлено, что только 50,4% полученных в процессе вымывания эмбрионов были биологически полноценными и являлись пригодными для дальнейшей трансплантации реципиентам.

Второй сессии гормональной стимуляции были подвержены 49 коров, у которых в процессе индукции полиовуляции было получено 21,8 фолликулов из расчета на одного донора, при этом желтых тел было зафиксировано немногим меньше – 20,4 штуки (93,6%). Необходимо отметить, количество полученных зародышей из расчета на одного донора было на 21,2% больше в отличии от аналогичного показателя при первой гормональной

стимуляции коров и составило 17,9 штук зародышей в среднем на одно обработанное животное. Схожая тенденция была отмечена и при оценке показателя «полученные качественные зародыши» где при втором извлечении было собрано качественных эмбрионов на 31,1% больше, чем при первой сессии стимуляции и составило 10,3 качественных эмбрионов из расчета на одного обработанного донора.

Таблица 1

Уровень суперовуляции и качество эмбрионов при многократном использовании коров-доноров абердин-ангусской породы

Кратность обработки	Обработано голов, п	Количество фолликулов при ио, п	Количество желтых тел при извлечении зародышей в среднем на донора, п	% овуляций	Получено в среднем зародышей, п	Получено качественных эмбрионов в среднем на донора, п	Выход качественных эмбрионов, %
1	85	25,3	22,8	90,1	14,1	7,1	50,4
2	49	21,8	20,4	93,6	17,9	10,3	57,5
3	28	24,0	21,6	90,0	18,4	9,6	52,2
4	18	24,8	22,8	91,9	16,8	10,1	60,1
5	16	21,1	20,9	99,1	19,9	10,6	53,3
6	11	28,3	26,4	93,3	25,7	10,1	39,3
7	10	33,0	25,6	77,6	28,9	10,0	34,6
8	8	25,1	20,3	80,9	21,8	7,9	36,2
9	8	26,5	19,1	72,1	14,3	4,1	28,7
10	7	32,4	24,4	75,3	22,4	10,4	46,4
11	6	32,8	20,7	63,1	24,2	12,7	52,5
12	3	20,7	14,7	71,0	10,0	5,7	57,0
13	3	27,0	23,3	86,3	21,3	6,7	31,5
14	3	34,0	30,7	90,0	30,3	16,7	53,0
15	3	28,3	28,3	100,0	25,3	10,0	40,0
16	3	30,0	27,5	92,0	25,0	13,0	52,0
17	2	24,5	20,0	82,0	17,0	6,0	35,0
18	2	23,0	21,0	91,0	19,5	0,5	3,0
19	1	6,0	2,0	33,0	1,0	0,0	0,0
20	1	30,0	15,0	50,0	11,0	1,0	9,1

После второй гормональной стимуляции из 49 коров, было выбраковано 21 животное, которое в свою очередь не удовлетворяли требования, предъявляемые для дальнейшей работы с ними. В связи с этим, третьей сессии гормональной стимуляции подверглись 28 коров, составляющие лишь 32,9% от первоначального сформированного донорского стада отобранных для индуцирования полиовуляторной реакции яичников. Уменьшение числа доноров происходило практически во всех случаях после начала подготовки животных к новой сессии гормональной стимуляции. Стоит отметить, что несмотря на уменьшение числа коров-доноров при каждой последующей сессии индукции полиовуляции вплоть до 17 обработки, среднее число качественных эмбрионов было на достаточно высоком уровне и составляло 9,6 штук на одного положительно отреагировавшего донора, при этом полученные показатели варьировали от 4,1 до 16,7 штук в зависимости от кратности обработки каждого из животных.

Коровы-доноры прежде дававшие хорошие результаты по показателю качественные эмбрионы, уже после семнадцатой обработки практически переставали выдавать биологически полноценные зародыши (0-1 шт), при этом ответ яичников на гипофизарные гонадотропины в трех заключительных сессиях составлял 23,6 и 30,0 фолликулов в среднем на одного донора эмбрионов. И как можно видеть на таблице 1 в предыдущих семнадцати сессиях стимуляции показатель среднего количества получаемых фолликулов варьировал от 20,7 до 32,8 штук на одного обработанного донора. Из этого можно сделать вывод, что с возрастом и количеством гормональных стимуляций овуляторный запас фолликулов у коров абердин-ангусской породы если и уменьшается, то не значительно, но вот качество яйцеклеток, заметно снижается приводя к нулевым результатам в получении биологически полноценных эмбрионов после их оплодотворения.

Проведя аналогичную оценку полученных результатов, отраженных в таблице 2, где представлены данные, описывающие уровень полиовуляторной реакции яичников и эмбриопродуктивности коров-доноров монбельярдской породы после многократной гормональной стимуляции видно следующее.

Таблица 2

**Уровень суперовуляции и качество эмбрионов при многократном использовании
коров-доноров монбельярдской породы**

Кратность обработки	Обработано голов, п	Количество фолликулов при ио, п	Количество желтых тел при извлечении зародышей в среднем на донора, п	% овуляций	Получено в среднем зародышей, п	Получено качественных эмбрионов в среднем на донора, п	Выход качественных эмбрионов, %
1	24	15,3	11,5	75,2	8,9	2,9	32,6
2	18	19,7	13,7	69,5	11,1	4,7	42,3
3	13	25,1	2,0	8,0	17,7	8,5	48,0
4	9	22,2	19,8	89,2	15,8	5,4	34,2
5	7	26,4	21,7	82,2	17,3	6,9	39,9
6	6	27,6	24,8	89,9	23,2	6,3	27,2
7	6	27,2	18,0	66,2	14,3	2,0	14,0
8	4	27,0	21,8	80,7	17,3	4,0	23,1
9	4	23,0	13,8	60,0	11,3	3,0	26,5
10	3	32,7	23,3	71,3	14,7	3,0	20,4
11	3	28,7	17,0	59,2	10,3	1,3	12,6
12	2	28,5	21,0	73,7	17,0	2,5	14,7

Несмотря на хорошую полиовуляторную реакцию яичников на введенные гипоталамические гонадотропины и обилие желтых тел, сформировавшихся на яичниках при первой сессии гормональной стимуляции количество качественных эмбрионов, было довольно низким и составило 2,9 штук из расчета на одного донора. Полученные результаты привели к исключению из стада доноров 6 животных, практически не отреагировавших на экзогенные гонадотропины. Вторая сессия стимуляции позволила выявить еще пять животных, дающих не стабильные результаты по показателю количества качественных эмбрионов. Последующие четыре сессии индуцирования полиовуляции позволили получить 6 и более качественных эмбрионов одновременно от разных животных, отобранных в качестве доноров. Схожая закономерность отмечалась у коров черно-пестрой породы, где первые шесть обработок позволили получать более 5 эмбрионов в среднем на одного обработанного донора (таблица 3). Седьмая и последующие обработки были малоэффективны для животных обеих пород за исключением индивидуумов, результаты которых будут описаны далее в последующем исследовании.

Таблица 3

**Уровень суперовуляции и качество эмбрионов при многократном использовании
коров-доноров голштинизированной черно-пестрой породы**

Кратность обработки	Обработано голов, п	Количество фолликулов при ио, п	Количество желтых тел при извлечении зародышей в среднем на донора, п	% овуляций	Получено в среднем зародышей, п	Получено качественных эмбрионов в среднем на донора, п	Выход качественных эмбрионов, %
1	33	17,7	13,3	75,0	10,3	5,3	51,0
2	31	18,1	12,3	68,0	10,8	6,2	57,4
3	22	19,2	15,1	78,6	10,7	6,5	60,7
4	18	19,0	13,4	70,5	11,1	6,3	56,8
5	14	22,5	16,5	73,3	14,4	5,4	37,5
6	11	22,1	18,8	85,1	13,2	5,1	38,6
7	9	21,3	15,4	72,0	9,3	2,7	29,0
8	7	19,7	15,6	79,0	9,3	2,3	19,0
9	3	23,0	18,0	78,3	12,1	1,7	14,2
10	1	6,0	6,0	100,0	12,0	5,0	100,0
11	1	8,0	7,0	87,5	5,0	6,0	85,7
12	1	21,0	21,0	100,0	7,0	0,0	0,0

Необходимо отметить, что, как и у коров абердин-ангусской породы, у коров монбельярдской и черно-пестрой пород на протяжении всех сессий гормональных стимуляций полиовуляторная реакция яичников была на высоком уровне. Отличительной особенностью является то, что качество яйцеклеток неспособных после оплодотворения преобразовываться в биологически полноценные эмбрионы у коров монбельярдской и черно-пестрой пород происходит максимум после шестой сессии гормональной стимуляции, а не после семнадцатой, как в случае абердин-ангусских коров-доноров.

Заключение. На основании проведенных нами исследований установлено, что порода коровы, имеет важное значение при определении максимальной кратности использования ее в качестве донора эмбрионов и получения от нее биологически полноценных эмбрионов пригодных к дальнейшим пересадкам в репродуктивные органы реципиентов.

Список источников

1. Кнуров Д. А., Бригида А. В., Иванова Д. В., Игнатъев А. В. Анализ эффективности применения аналогов ГнРГ в протоколе суперовуляции коров-доноров // Ветеринария и кормление. 2022. № 5. С. 21-23. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6) EDN: [SZOGLK](https://www.edn.ru/SZOGLK)
2. Bo G. A., Maplettoft R. J. Superstimulation of ovarian follicles in cattle: gonadotropin treatment protocols and FSH profiles // Theriogenology 2020. Vol. 150. P. 353-359. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.02.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.001) EDN: [KUNRZN](https://www.edn.ru/KUNRZN)
3. Скачкова О. А., Бригида А. В., Ковальчук С. Н. Проблемные вопросы результативности технологии трансплантации эмбрионов при применении у крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление 2020. №3. С. 46-49. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13) EDN: [FKATKF](https://www.edn.ru/FKATKF)
4. Bekele T., Mekuriaw E., Walelegn B. Bovine Embryo Transfer and Its Application: Arwiew // Journal of Health, Medicine and Nursing. 2016. Vol. 26. P. 48-60.
5. Cirit Ü., Özmen M. F., Küçükaslan İ., Köse M., Kutsal H. G., Çınar E. M. Effect of the interval from follicle aspiration to initiation of lengthened FSH treatment on follicular superstimulatory and superovulatory responses and embryo production in lactating Simmental cows // Theriogenology. 2019. Vol. 128. P. 218-224. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2019.02.008](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.008)
6. Wohlfres-Viana S., Arashiro E. K. N., Minare T. P. Differential expression of LHCGR and its isoforms is associated to the variability in superovulation responses of Gir cattle // Theriogenology. 2019. Vol. 26. P. 68-74. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2018.12.004](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.004)
7. Игнатъев А. В., Иванова Д. В., Бригида А. В., Кнуров Д. А. Сравнительная оценка эффективности приживляемости эмбрионов крупного рогатого скота в зависимости от направления продуктивности реципиентов // Вестник КрасГАУ. 2024. №2. С. 186-190. DOI: [10.36718/1819-4036-2024-2-186-190](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-186-190) EDN: [XMMDND](https://www.edn.ru/XMMDND)
8. Arega H. K. Review on growth and development of multiple ovulation and ET technology in cattle // World Scientific News. 2019. P. 191-211.
9. Babura M. D. Review on Bovine Embryo Transfer and its Contribution for Genetic Improvement of Dairy Cattle // Journal of Reproduction and Infertility. 2021. Vol. 12 (2). P. 09-21. DOI: [10.5829/idosi.jri.2021.09.21](https://doi.org/10.5829/idosi.jri.2021.09.21)
10. Aini M. N., Kinanti O. N. P., Ningtias P. I., et al. Bovine In-Vivo Embryo Production Utilizing Two Distinct Superovulation Techniques and the Impact of Age on the Enhancement of Embryo Quality // KeAi: Reproduction & Breeding/ 2025. P. 19. DOI: [10.2139/ssm.5131002](https://doi.org/10.2139/ssm.5131002)
11. Khan S., Jamal M. A., Khan I. M., Ullah I., Jabbar A., Khan N M., Liu Y. Factors affecting superovulation induction in goats (Capra hircus): An analysis of various approaches / Frontiers in Veterinary Science. 2023. Vol. 10. P. 1152103. DOI: [10.3389/fvets.2023.1152103](https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1152103) EDN: [BLSTMS](https://www.edn.ru/BLSTMS)
12. Naranjo-Chacón, F. Montiel-Palacios F., Canseco-Sedano R., Ahuja Aguirre C. Embryo production in mid-dle-aged and mature Bos taurus × Bos indicus cows induced to multiple ovulation in a tropical environment // Tropical Animal Health and Production. 2019. Vol. 51 (8). P. 2641-2644. DOI: [10.1007/s11250-019-01975-2](https://doi.org/10.1007/s11250-019-01975-2)

References

1. Knurov, D. A., Brigida, A. V., Ivanova, D. V. & Ignatiev, A. V. (2022). Analysis of the Efficiency of Using GnRH Analogues in the Superovulation Protocol for Donor Cows. *Veterinaria I kormlenie* 5. 21-23. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6) EDN: [SZOGLK](https://www.edn.ru/SZOGLK) (in Russian).
2. Bo G. A., & Maplettoft R. J. (2020). Superstimulation of ovarian follicles in cattle: gonadotropin treatment protocols and FSH profiles. *Theriogenology*. 150. 353-359. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.02.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.001) EDN: [KUNRZN](https://www.edn.ru/KUNRZN)
3. Skachkova O. A., Brigida A. V. & Kovalchuk S. N. (2020). Problematic issues of the effectiveness of embryo transplantation technology when used in cattle. *Veterinaria I kormlenie*, 3. С. 46-49. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13) EDN: [FKATKF](https://www.edn.ru/FKATKF) (in Russian).
4. Bekele, T., Mekuriaw, E., & Walelegn, B. (2016). Bovine embryo transfer and its application: arwiew. *Journal of Health, Medicine and Nursing*, 26, 48-60.
5. Cirit Ü., Özmen M. F., Küçükaslan İ., Köse M., Kutsal H. G. & Çınar E. M. (2019). Effect of the interval from follicle aspiration to initiation of lengthened FSH treatment on follicular superstimulatory and superovulatory responses and embryo production in lactating Simmental cows. *Theriogenology*. 128. 218-224. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2019.02.008](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.02.008)
6. Wohlfres-Viana S., Arashiro E. K. N., & Minare T. P. (2019). Differential expression of LHCGR and its isoforms is associated to the variability in superovulation responses of Gir cattle. *Theriogenology*. 26. 68-74. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2018.12.004](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.004)
7. Ignatiev A.V., Ivanova D.V., Brigida A.V. & Knurov, D.A. (2024). Comparative assessment of the efficiency of cattle embryo engraftment depending on the direction of recipient productivity. *Veterinaria I kormlenie*, 2. 186-190. DOI: [10.36718/1819-4036-2024-2-186-190](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-186-190) EDN: [XMMDND](https://www.edn.ru/XMMDND) (in Russian).
8. Arega H. K. (2019). Review on growth and development of multiple ovulation and ET technology in cattle. *World Scientific News*. 191-211.

9. Babura M. D. (2021). Review on Bovine Embryo Transfer and its Contribution for Genetic Improvement of Dairy Cattle. *Journal of Reproduction and Infertility*. 12 (2). 09-21. DOI: 10.5829/idosi.jri.2021.09.21
10. Aini M. N., Kinanti O. N. P., Ningtias P. I. & et al. (2025). Bovine In-Vivo Embryo Production Utilizing Two Distinct Superovulation Techniques and the Impact of Age on the Enhancement of Embryo Quality. *KeAi: Reproduction & Breeding*. 19. DOI: [10.2139/ssm.5131002](https://doi.org/10.2139/ssm.5131002)
11. Khan S., Jamal M. A., Khan I. M., Ullah I., Jabbar A., Khan N M. & Liu Y. (2023). Factors affecting superovulation induction in goats (*Capra hircus*): An analysis of various approaches. *Frontiers in Veterinary Science*. 10. 1152103. DOI: [10.3389/fvets.2023.1152103](https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1152103) EDN: BLSTMS
12. Naranjo-Chacón, F. Montiel-Palacios F., Canseco-Sedano R. & Ahuja Aguirre C. Embryo production in middle-aged and mature *Bos Taurus* × *Bos indicus* cows induced to multiple ovulation in a tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*. 51 (8). 2641-2644. DOI: [10.1007/s11250-019-01975-2](https://doi.org/10.1007/s11250-019-01975-2)

Информация об авторах:

Дарья Викторовна Иванова, главный зоотехник селекционер;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-3011>; e-mail: dariena.ivanova@mail.ru

Андрей Владимирович Игнатьев, директор;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-5084>; e-mail: ignatyev-a.v@yandex.ru

Артём Владимирович Бригида[✉], кандидат ветеринарных наук;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0139-8087>; e-mail: brigida_86@mail.ru

Дамир Газинурович Галимуллин – директор;
ID: <https://orcid.org/0009-0002-6642-3754>; e-mail: crt-lab@yandex.ru

Наталья Евгеньевна Земскова – доктор биологических наук, доцент
ID: <https://orcid.org/0000-0002-5296-0674>, e-mail: zemskowa.nat@yandex.ru

Information about the authors:

Daria V. Ivanova, Chief Zootechnician and Breeder;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-3011>; e-mail: dariena.ivanova@mail.ru

Andrey V. Ignatiev, Director;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-5084>; e-mail: ignatyev-a.v@yandex.ru

Artyom V. Brigida[✉], Candidate of Veterinary Sciences;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0139-8087>; e-mail: brigida_86@mail.ru

Damir G. Galimullin, Director;
ID: <https://orcid.org/0009-0002-6642-3754>; e-mail: crt-lab@yandex.ru.

Natalia E. Zemskova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-5296-0674>, e-mail: zemskowa.nat@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 14.05.2026; одобрена после рецензирования 25.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 14.05.2026; approved after reviewing 25.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 619:615.9:547.2:615.454.1

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73>

ИЗУЧЕНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ СВОЙСТВ НОВОЙ ПРОТИВОАКАРИЦИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ АЗОМЕТИНА НА КРЫСАХ

Р. Р. Гиззатуллин^{1✉}, Р. Р. Гиззатуллина², О. Т. Муллакаев³, Г. М. Низамова⁴, Г. С. Фролов⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

Резюме. Целью работы явилась токсикологическая оценка кумулятивных свойств новой фармацевтической композиции «А-14» (мазь), синтезированной под руководством профессора И. В. Галкиной. Основным действующим веществом композиции выступает азометин, а в качестве вспомогательных компонентов использованы диоксометилтетрагидропиримидин и метилурацил. Эксперимент выполнен на лабораторных крысах, рандомизированных на опытную и контрольную группы. В опытной группе применялся режим ступенчатого увеличения дозы: стартовая доза составляла 580 мг/кг (1/10 от максимально переносимой дозы, установленной в остром эксперименте), с последующим ее повышением в 1,5 раза каждые 96 часов (4 суток). Животные контрольной группы получали эквивалентный объем дистиллированной воды. В результате проведенного исследования установлено, что многократное введение композиции «А-14» в кумулятивной дозе 4406 мг/кг приводило к 100%-ной летальности в опытной группе. Патоморфологический анализ выявил у павших животных комплекс патологических изменений, включающий гиперемии паренхиматозных органов, зернистую и жировую дистрофию, а также множественные кровоизлияния. Общая суммарная доза, полученная животными за весь период эксперимента, достигла 74660 мг/кг. На основании полученных данных рассчитан коэффициент кумуляции по формуле ($K_{\text{кум}} = LD_{50 \text{ на к}} / LD_{50 \text{ одн}}$), составивший 12,9, что в соответствии с классификацией Л. И. Медведя свидетельствует о низком кумулятивном потенциале исследуемой фармацевтической композиции.

Ключевые слова: кумулятивный эффект, токсикология, фармацевтическая композиция «А-14», азометин, ступенчатая дозировка, коэффициент кумуляции, лабораторные крысы

Для цитирования: Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Муллакаев О. Т., Низамова Г. М., Фролов Г. С. Изучение кумулятивных свойств новой противоакарицидной композиции азометина на крысах // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 67-73 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73)

Original article

STUDY OF THE CUMULATIVE PROPERTIES OF A NEW AZOMETHINE ANTI-ACARICIDE COMPOSITION IN RATS

R. R. Gizzatullin^{1✉}, R. R. Gizzatullina², O. T. Mullakaev³, G. M. Nizamova⁴, G. S. Frolov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Abstract. The aim of the study was a toxicological assessment of the cumulative properties of a new pharmaceutical composition "A-14" (ointment), synthesized under the guidance of Professor I.V. Galkina. The active pharmaceutical ingredient of the composition is azomethine, with dioxomethyltetrahydropyrimidine and methyluracil used as excipients. The experiment was conducted on laboratory rats, randomized into test and control groups. The test group was subjected to a step dose escalation regimen: the starting dose was 580 mg/kg (1/10 of the maximum tolerated dose established in an acute experiment), with a subsequent 1.5-fold increase every 96 hours (4 days). Animals in the control group received an equivalent volume of distilled water. As a result of the study, it was found that repeated administration of the "A-14" composition at a cumulative dose of 4406 mg/kg resulted in 100% lethality in the test group. Pathomorphological analysis revealed a complex of pathological changes in deceased animals, including hyperemia of parenchymal organs, granular and fatty degeneration, as well as multiple hemorrhages. The total cumulative dose administered to the animals over the entire experimental period reached 74660 mg/kg. Based on the data obtained, the cumulative coefficient ($K_{\text{cum}} = LD_{50 \text{ cumulative}} / LD_{50 \text{ single}}$) was calculated and amounted to 12.9, which, according to the classification of L.I. Medved, indicates a low cumulative potential of the studied pharmaceutical composition.

Keywords: cumulative effect, toxicology, pharmaceutical composition "A-14", azomethine, step dose, cumulative coefficient, laboratory rats

For citation: Gizzatullin, R. R., Gizzatullina, R. R., Mullakaev, O. T., Nizamova, G. M. & Frolov, G. S. (2026). Study of cumulative properties of a new azomethine anti-acaricide composition in rats. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 67-73 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73) (in Russian).

Введение. Применение химиотерапевтических средств для борьбы с паразитами требует внимательного контроля их безопасности в реальных условиях, чтобы предотвратить возможные долгосрочные негативные последствия у животных. Для этого проводят токсикологические исследования [2], учитывающие накопительный эффект препаратов, особенно при длительном использовании. При регулярном ежедневном приеме такие лекарства могут накапливаться в организме, что называется кумуляцией [4, 13]. Кумулятивный эффект отражает усиление токсичности при повторном введении вещества и измеряется с помощью специального коэффициента. Многие существующие противопаразитарные и акарицидные препараты имеют общие недостатки, включая высокие терапевтические дозы, токсичные побочные эффекты и ограниченную эффективность против различных стадий развития паразитов [5, 9, 11], таких как яйца, личинки, цисты и взрослые особи. В связи с этим сегодня особенно актуальна разработка новых средств, которые будут одновременно безопасными, эффективными, обладать широким спектром действия и высокой активностью против паразитов [1, 3, 6]. Внедрение современных антигельминтных, антипротозойных и инсектицидно-акарицидных препаратов в ветеринарную практику возможно лишь после тщательного изучения их фармакологических свойств и безопасности на доклиническом этапе. Такие исследования необходимы для определения характера и степени возможного вредного воздействия лекарств на организм лабораторных животных, а также для оценки их общей безопасности.

В Казанском (Приволжском) федеральном университете (КФУ) доктор химических наук, профессор И.В. Галкина разработала новую композицию азометина в форме мази для лечения животных с заболеваниями кожи туловища, головы и ушей, вызванных чесоточными клещами – *Psoroptes cuniculi* (у кроликов), *Psoroptes ovis* (у овец), *Otodectes cynotis* (у крыс) и *Notoedres cati* (у кошек). Предварительное название нового продукта – соединение «А-14». При оценке его острой токсичности установили, что он относится к 4 классу опасности. В качестве активного вещества используют азометин, а вспомогательных – диоксометилтетрагидропиримидин и метилурацил, растворителем служит полиэтиленоксида-400.

Цель исследования – оценка кумулятивного действия нового лекарственного средства «А-14» в соответствии с Федеральным законом от 12 апреля 2010 г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» – важный этап доклинических испытаний, направленных на подтверждение безопасности новых лекарственных препаратов.

Материалы и методы исследований. Эксперимент проводили в условиях вивария ФГБОУ ВО Казанский ГАУ Институт «Казанская академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана» в соответствии с установленными нормами содержания лабораторных животных и санитарными правилами. Все манипуляции соответствовали установленным правилам проведения доклинических испытаний новых лекарственных средств, описанным в методических рекомендациях Р.У. Хабриева (2005) [12].

В исследовании использовали 20 белых крыс-аутбредов обоего пола со средней массой тела 220 г. Животных разделили на две группы: опытную (n=10) и интактный контроль (n=10).

Исследуемое соединение «А-14» растворяли в дистиллированной воде. Водный раствор в объеме до 3,0 мл вводили интрагастрально с использованием желудочного зонда. Режим дозирования в опытной группе был основан на ступенчатом увеличении дозы: стартовая доза составляла 580 мг/кг (1/10 от максимально переносимой дозы, установленной в эксперименте по острой токсичности) с последующим повышением в 1,5 раза каждые 96 часов. Общая продолжительность эксперимента составила 28 суток. Животным контрольной группы вводили эквивалентный объем (3 мл) дистиллированной воды. Кормление осуществляли через 5 часов после введения препарата, доступ к воде был свободным.

В течение всего экспериментального периода проводили ежедневный клинический мониторинг, включавший оценку поведенческих реакций, сохранности аппетита, двигательной активности и координации, состояния шерстного покрова, а также реакции на внешние раздражители (акустические, тактильные, зрительные). Также в ходе опыта кроме кумулятивных свойств композиции азометина «А-14» на основе мази провели патологоанатомические исследование павших животных, которые погибли на 28 сутки.

Для количественной оценки кумулятивных свойств применяли классический метод, основанный на регистрации летальности при повторном введении соединения (тест субхронической токсичности) в соответствии с «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ». Определение коэффициента кумуляции (Ккум) проводили по стандартной формуле: $K_{кум} = \frac{LD_{50} \text{ суммарная}}{LD_{50} \text{ однократная}}$, где LD_{50} суммарная – средняя летальная доза при многократном введении, а LD_{50} однократная – средняя летальная доза при однократном введении.

Все исследования проведены с учетом требований Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях [14] и Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях [15].

Результаты исследований. Согласно данным, представленным в таблице 1, в первые 10-15 минут после интрагастрального введения композиции «А-14» у животных обеих групп наблюдались неспецифические признаки беспокойства, включающие склонность к группированию, состояние оцепенения и тахипноэ. Указанные поведенческие реакции носили транзиторный характер и регрессировали в течение последующих двух часов, после чего у животных регистрировались физиологические поведенческие паттерны и сохраненный интерес к воде и пище.

Таблица 1

Определение субхронической пероральной токсичности соединения «А-14» на крысах

Продолжительность введения, дней	Ежедневно вводимая доза, мг/кг	Суммарная доза за 4 дня введения, мг/кг	Суммарная доза по периодам введения, мг/кг	Число павших крыс	Число выживших крыс
1-4	580	2320	2320	0	10
5-8	870	3480	5800	0	10
9-12	1305	5220	11020	0	10
13-16	1958	7832	18852	0	10
17-20	2937	11748	30600	0	10
21-24	4406	17624	48224	4	6
25-28	6609	26436	74660	6	0

В течение начального этапа эксперимента (1-4 сутки) при введении суточной дозы 580 мг/кг (суммарная доза за период – 2320 мг/кг) признаков интоксикации и летальных исходов не отмечалось. Поведение животных оставалось активным, с сохранением естественных социальных взаимодействий.

На этапе с 5 по 20 сутки эксперимента, при ступенчатом увеличении суточной дозы от 870 до 2937 мг/кг, также не было зафиксировано гибели животных. Суммарная доза, введенная за 20 суток исследования, составила 11748 мг/кг. На протяжении всего указанного периода клинические признаки отравления у животных отсутствовали [8].

На 22-е сутки эксперимента при достижении суммарной кумулятивной дозы 48224 мг/кг и разовой суточной дозы 4406 мг/кг была зарегистрирована гибель 4 животных в опытной группе. Клинические проявления токсичности характеризовались социальной изоляцией особи от группы, выраженным общим угнетением и признаками респираторной недостаточности (одышка). В терминальной стадии наблюдалось лежачее положение животного с прижатием брюшной стенки к дну клетки.

Патологоанатомическое исследование выявило комплекс характерных изменений. Внешний осмотр показал цианоз слизистых оболочек и кожных покровов. При внутреннем исследовании желудочно-кишечного тракта была обнаружена диффузная гиперемия слизистой оболочки с очаговыми усилениями (рис. 1, 2), сопровождающаяся воспалительной инфильтрацией и полнокровием сосудов серозных оболочек.

Со стороны сердечно-сосудистой системы при патологоанатомическом вскрытии стало наличие темной жидкой крови с фибринозными хлопьями во всех камерах сердца, что морфологически соответствует признакам гемолиза и диссеминированного внутрисосудистого свертывания [10]. Данные изменения свидетельствуют о развитии острой токсической реакции с выраженным поражением сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта.

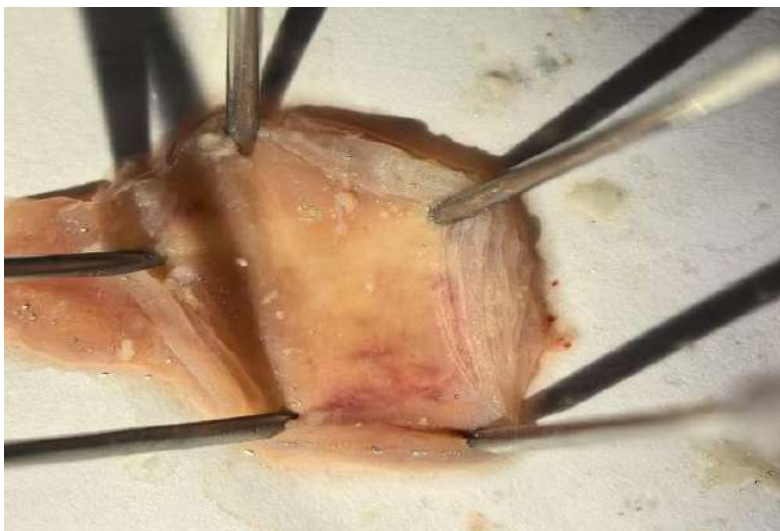


Рис. 1. Гиперемия желудка после введения соединения «А -14» в дозе 6609 мг/кг крысам на 28 день

В грудной полости визуализировалось незначительное скопление серозного экссудата. Легкие имели консистенцию повышенной плотности и тестоватости, демонстрируя при гидростатической пробе полное погружение (положительный признак отека легких). Печень была окрашена в красно-коричневый цвет с множественными субкапсулярными петехиальными кровоизлияниями; на сагиттальном разрезе определялась слабовыраженная зернистая дистрофия паренхимы. При этом печень слегка увеличена, дряблой консистенции, паренхима тусклая (рис. 3). Почки сохраняли макроскопическую бобовидную конфигурацию, отличались диффузной темно-красной окраской, свидетельствующей о выраженной гиперемии, и дряблой консистенцией (рис. 4).

У сохранивших жизнеспособность особей регистрировалось персистирующее угнетение общего состояния. Клиническая картина включала выраженную полидипсию, значительную редукцию пищевого и локомоторного поведения. Со стороны желудочно-кишечного тракта отмечалась диспепсия, манифестирующая выделением неоформленных фекалий.



Рис. 2. Гиперемизированный участок тонкого кишечника на 28-й день после введения лекарственного средства «А14»



Рис. 3. Патоморфологические изменения в печени при применении соединения «А-14» в дозе 6609 мг/кг



Рис. 4. Патоморфологические изменения почек на 28-й день после введения соединения «А-14»

Летальный исход последней подгруппы животных ($n=6$) был зафиксирован на 28-е сутки исследования спустя 5 часов после введения финальной суточной дозы 6609 мг/кг. Суммарная кумулятивная доза на этом этапе достигла 74660 мг/кг. При патологоанатомическом вскрытии трупов были обнаружены: признаки истощения и обезвоживания, шерстный покров матового цвета, плохое удержание волосяного покрова в луковицах, выделения из носа, синюшные слизистые оболочки и кожный покров. В желудке, кишечнике, печени, легких и почках наблюдались те же изменения, как в предыдущих дозах. Селезенка была увеличена в размерах, соскоб обильный, на разрезе стекала кровь [11, 12].

Общая продолжительность эксперимента по оценке кумулятивной токсичности составила 28 суток, что соответствует стандартному протоколу субхронического токсикологического тестирования. На протяжении этого периода была прослежена четкая корреляция между нарастанием суммарной дозы и прогрессированием полиорганных нарушений, завершившихся 100% летальностью в опытной группе. Исходя из данных таблицы 1 видно, что LD_{50} субхроническая доза составляет 580 - $(0/10) = 580$ мг/кг.

Для определения коэффициента кумуляции использовали формулу Ю.С. Кагана и В.В. Станкевича:

K (кумуляции) = LD_{50} субхроническая / LD_{50} острая

K (кумуляции) = $74660 / 5800 = 12,9$.

В соответствии с принятой классификацией композиция «А-14» относится к группе веществ, обладающих слабовыраженными кумулятивными свойствами, так как коэффициент кумуляции равен 12,9. Вещества с величиной $K_{кум} > 5,5$ относятся к IV группе токсичности, степень кумуляции слабовыраженная. Согласно гигиенической классификации Медведя Л.И. (1986), композиция «А-14» относится к веществам со слабовыраженной кумуляцией ($K_{кум} > 5$), что свидетельствует о его низком потенциале к материальной аккумуляции в организме гомойотермных животных [7].

Обсуждение. На основании проведенных исследований установлено, что при длительном введении лекарственного средства «А-14» в дозе 6609 мг/кг в течение 28 дней у крыс наблюдалась 100% летальность. При вскрытии животных были выявлены патологические изменения в желудке, тонком отделе кишечника, печени и почках. Коэффициент кумуляции препарата составил 12,9, что соответствует к 4 классу опасности и указывает на наличие слабовыраженных кумулятивных свойств.

Заключение. В результате проведенного исследования кумулятивного потенциала новой противоакрицидной фармацевтической композиции «А-14» при интрагастральном введении был рассчитан интегральный токсикологический показатель – коэффициент кумуляции ($K_{кум}$), представляющий собой отношение суммарной среднесмертельной дозы (LD_{50}) при пролонгированной экспозиции к аналогичному параметру при однократном введении. Полученное значение $K_{кум}$ составило 12,9. Согласно общепринятой токсикологической классификации [7], при значении коэффициента кумуляции, превышающем 5,5, вещество идентифицируется как с низким кумулятивным потенциалом. Таким образом, композиция «А-14», демонстрирующая $K_{кум} = 12,9$, относится к IV группе токсичности, для которой характерны слабовыраженные кумулятивные свойства. Следовательно, на основании проведенного анализа можно констатировать, что исследуемая фармацевтическая композиция «А-14» не обладает значительным накопительным токсическим действием в условиях моделируемого субхронического эксперимента.

Список источников

1. Абрамов В. Е., Квичко Л. И., Архипов И. А., Сафарова М. И. К фармакотоксикологии цифлунита // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2013. № 14. С. 14-16. EDN: [ZQPJEF](#)
2. Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Муллакаев О. Т., Трубкин А. И., Низамова Г. М. Определение параметров острой токсичности новой акарицидной композиции азометина «А-14» на основе мази // Ветеринария. 2026, № 2. С. 37-40. DOI: [10.30896/0042-4846.2026.29.02.37-40](#) EDN: [JRQCEX](#)
3. Арисова Г. Б. Фармако-токсикологическая оценка противопаразитарного препарата для собак и кошек «Гельминтал Мини Сироп» // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 3. С. 90-98. DOI: [10.31016/1998-8435-2020-14-3-90-98](#) EDN: [ZMUJGY](#)
4. Боляхина С. А., Ефремова Е. А., Насартдинова Г. Ф., Марченко В. А. Исследование острой и субхронической токсичности противопаразитарных кормовых гранул для собак // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 9-10 (222). С. 95-103. EDN: [OHSAIH](#)
5. Lim R. K., Rink K. G., Glass H. G., Soaje-Echague E. A. Method for the evaluation of cumulation and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses // Arch. Int. Pharmacodyn. Ther. 1961; 130 (1): 336-353.
6. Защепкина В. В. Изучение кумулятивных свойств супрамолекулярного комплекса ивермектина // Российский паразитологический журнал. 2019. Т. 13. № 4. С. 72-76. DOI: [10.31016/1998-8435-2019-13-4-72-76](#) EDN: [DRUCMA](#)
7. Медведь Л. И., Каган Ю. С., Спыну Е. И. Пестициды и проблемы здравоохранения // Вестник Всесоюзного химического общества им. Менделеева. 1968. Т. 13, № 3. С. 263-271.
8. Мухаммадиева А. С. Фармако-токсикологическая оценка соединения «К-55» и его эффективность при гетеракидозе индоуток: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Мухаммадиева Алина Сергеевна, 2024. 148 с. EDN: [DMFHNP](#)
9. Nielsen M.K. Anthelmintic Resistance in Equine Nematodes: Current Status and Emerging Trends // International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance. 2022; 20: P.76-88. DOI: [10.1016/j.ijpddr.2022.10.005](#) EDN: [NNLLTJ](#)
10. Ravilov R. K., Lutfullin M.H., Mingaleev D.N., [et al.] Studying of toxicological properties of the "NB" connection possessing antiparasitic action // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, No. 6. P. 1502-1506. EDN: [FIRRC](#)
11. Safiullin R. T., Safiullin R. R., & Kachanova E. O., [et al.]. Effect of an integrated fly control programme in farrowing houses in Russia on milk yield of sows and growth performance of offspring // Bulgarian Journal of Veterinary Medicine, 2022. No. 3, 469-479. DOI: [10.15547/bjvm.2328](#) EDN: [QTATYR](#)
12. Хабриев, Р.У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М., 2005. С. 501-514. ISBN: 5-225-04219-8 EDN: [QCIIOB](#)
13. Шангараев Р. И., Лутфуллин М. Х., Тимербаева Р. Р., Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р. Токсикологическая оценка азометина «С-18» и изучение антигельминтной эффективности его различных доз при нематодирозе крупного рогатого скота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 22. № 1. С. 104-118. DOI: [10.30766/2072-9081.2021.22.1.104-118](#) EDN: [BGKGRN](#)
14. Директива 2010/63/ЕС Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых в научных целях (текст, имеющий отношение к ЕЗ3) / Европейская комиссия: Брюссель, Бельгия, 2010.
15. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях // Серия Европейских договоров. Европейский союз, 1986. 11 с.

References

1. Abramov, V. E., Kvichko, L. I., Arkhipov, I. A. & Safarova, M. I. (2013). On the Pharmacotoxicology of Diflunite. *Theory and Practice of Parasitic Diseases Control*. 14. 14-16. EDN: [ZQPJEF](#) (in Russian).
2. Gizzattullin, R. R., Galyautdinova, R. R. & Lutfullin, M. Kh. (2020). Acute Toxicity and Irritant Effects of the New Drug "Azometin". *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 242, 2. 44-46. DOI: [10.30896/0042-4846.2026.29.02.37-40](#) EDN: [JRQCEX](#) (in Russian).
3. Arisova, G. B. (2020). Pharmacotoxicological evaluation of the anthelmintic drug for dogs and cats "Gelmintal Mini Syrup". *Russian Parasitological Journal*. 14. 3. 90-98. DOI: [10.31016/1998-8435-2020-14-3-90-98](#) EDN: [ZMUJGY](#) (in Russian).
4. Bolyakhina, S. A., Efremova, E. A., Nasartdinova, G. F. & Marchenko, V. A. (2011). Study of the Acute and Subchronic Toxicity of Antiparasitic Feed Pellets for Dogs. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 9-10 (222). 95-103. EDN: [OHSAIH](#) (in Russian).
5. Lim, R. K., Rink, K. G., Glass, H. G. & Soaje-Echague, E. A. (1961). Method for the evaluation of cumulation and tolerance by the determination of acute and subchronic median effective doses. *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*; 130 (1): 336-353.
6. Zashchepkina, V. V. (2019). Study of the cumulative properties of the ivermectin supramolecular complex. *Russian Parasitological Journal*, 13(4), 72-76. DOI: [10.31016/1998-8435-2019-13-4-72-76](#) EDN: [DRUCMA](#) (in Russian).
7. Medved, L. I., Kagan, Yu. S., & Spynu, E. I. (1968). Pesticides and Health Problems. *Bulletin of the All-Union Chemical Society named after Mendeleev*. (3), 263-271. (in Russian).
8. Mukhammadieva, A. S. (2024). Pharmacotoxicological evaluation of the compound "K-55" and its effectiveness in the treatment of heterakidosis in Muscovy ducks: dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences / Mukhammadieva Alina Sergeevna. 148. EDN: [DMFHNP](#) (in Russian).
9. Nielsen M.K. Anthelmintic Resistance in Equine Nematodes: Current Status and Emerging Trends. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 2022; 20: P.76-88. DOI: [10.1016/j.ijpddr.2022.10.005](#) EDN: [NNLLTJ](#) (in Russian).

10. Ravirov, R. K., Lutfullin, M. H., Mingaleev, D. N. & [et al.] (2018). Studying of toxicological properties of the "NB" connection possessing antiparasitic action. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 9, 6. 1502-1506. EDN: FIRRCC (in Russian).
11. Safiullin, R. T., Safiullin, R. R., & Kachanova, E. O., [et al.]. (2022). Effect of an integrated fly control programme in farrowing houses in Russia on milk yield of sows and growth performance of offspring. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 3, 469-479. DOI: [10.15547/bjvm.2328](https://doi.org/10.15547/bjvm.2328) EDN: QTATYR
12. Khabriev, R. U. (2005). Guide to Experimental (Preclinical) Study of New Pharmacological Substances. Moscow, 2005, 501-514. ISBN: 5-225-04219-8 EDN: QCIIOB (in Russian).
13. Shangaraev, R. I., Lutfullin, M. H., Timerbayeva, R. R., Gizzatullin, R. R. & Gizzatullina, R. R. (2020). Toxicological assessment of azomethine "S-18" and the study of the anthelmintic efficacy of its various doses in nematodiosis of cattle. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 22. 1. 104-118. DOI: [10.30766/2072-9081.2021.22.1.104-118](https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.104-118) EDN: BGKGRN (in Russian).
14. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (text relevant to the EEA) / European Commission: Brussels, Belgium, 2010.
15. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes. *Series of European Treaties*. European Union, 1986. 11 p.

Информация об авторах:

Рамис Разяпович Гиззатуллин✉, кандидат ветеринарных наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-6525-7075>, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Рамия Разяповна Гиззатуллина, кандидат ветеринарных наук;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-5408-8229>, e-mail: gizzatullina.miya@bk.ru

Оразали Турманович Муллакаев, доктор ветеринарных наук, профессор;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-9829-6660>, e-mail: orazali.mullakaev@mail.ru

Гульнар Мидахатовна Низамова, кандидат биологических наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-5718-3050>, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Геннадий Сергеевич Фролов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0003-0042-5693>, e-mail: gena_cbx@mail.ru

Information about the authors:

Ramis R. Gizzatullin✉, Candidate of Veterinary Sciences, Associate docent;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-6525-7075>, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Ramiya R. Gizzatullina, Candidate of Veterinary Sciences;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-5408-8229>, e-mail: gizzatullina.miya@bk.ru

Orazali T. Mullakaev, Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-9829-6660>, e-mail: orazali.mullakaev@mail.ru

Gulnar M. Nizamova, Candidate of Biological Sciences, Associate docent;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-5718-3050>, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Gennady S. Frolov, Candidate of Agricultural Sciences and an Associate docent;
ID: <http://orcid.org/0000-0003-0042-5693>, e-mail: gena_cbx@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 9.04.2026; одобрена после рецензирования 22.05.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 9.04.2026; approved after reviewing 22.05.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 591.471.4:639.371.7

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-74-80>

МОРФОЛОГИЯ МОЗГОВОГО ОТДЕЛА ЧЕРЕПА КЛАРИЕВОГО СОМА

Г. М. Низамова^{1✉}, А. И. Гирфанов², О. Т. Муллакаев³, Р. Р. Гиззатуллин⁴, А. З. Каримова⁵^{1, 2, 3, 4} Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.⁵ Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Резюме: Африканский клариевый сом является перспективным объектом разведения аквакультуры, так как отличается неприхотливостью, быстрым темпом роста, устойчивостью к неблагоприятным факторам, обладает качественным мясом с высоким содержанием белка и микроэлементов. На сегодняшний день мало информации по морфологии клариевого сома. Поэтому наша статья по морфологии черепа сома, является актуальной. Для проведения исследований изготовили черепа девяти клариевых сомов, используя метод, включающий препарирование, очистку, обезжиривание, отбеливание и сушку. После проводили краниометрию и краниоскопию, с дальнейшим фотографированием и редактированием изображений. Череп африканского клариевого сома представлен двумя отделами: мозговым (нейрокраниум) и лицевым (спланхнокраниум). Мозговой отдел состоял из решетчатой, глазничной, ушной и затылочной областей. Лицевой отдел представлен верхнечелюстной, нижнечелюстной областями, подъязычной и нижнечелюстной дугами и оперкулярным аппаратом. Нейрокраниум сома имел прочную структуру. Тогда как области глазницы, подъязычной дуги и оперкулярного аппарата были развиты недостаточно. В результате проведенных исследований выявили, что условия обитания сомов оказывает влияние на строение их черепа. Сом в основном обитает в придонном слое и на его голову оказывается сильное давление воды. Поэтому требуется толстая и прочная структура нейрокраниума, с выступами на спинной части, чтобы уменьшить давление воды. Сомы активно добывают пищу ночью, больше полагаясь на обонятельную систему. Поэтому у них глазничные области слабо развиты, а решетчатая область, связанная с обонятельной системой, более развита. Результаты наших исследований имеют важное значение для ихтиологии и сравнительной анатомии, так как череп сомов отражает их уникальную адаптацию к донной жизни, позволяет понять эволюцию сомообразных и диагностировать болезни.

Ключевые слова: анатомия, морфология, сом, череп, мозговой отдел

Для цитирования: Низамова Г. М., Гирфанов А. И., Муллакаев О. Т., Гиззатуллин Р. Р., Каримова А. З. Морфология мозгового отдела черепа клариевого сома // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, №3. 74-80. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-74-80](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-74-80)

Original article

MORPHOLOGY OF THE NEUROCRANIUM OF AFRICAN CATFISH

G. M. Nizamova^{1✉}, A. I. Girfanov², O. T. Mullakaev³, R. R. Gizzatullin⁴, A. Z. Karimova⁵^{1, 2, 3, 4} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.⁵ Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.

Abstract. African catfish is a promising object of aquaculture breeding, as it is characterized by its unpretentiousness, rapid growth rate, resistance to adverse factors, and has high-quality meat with a high content of protein and microelements. To date, there is little information on the morphology of African catfish. Therefore, our article on the morphology of the catfish cranium is relevant. For the research, the cranium of nine catfish were made using a method including preparation, cleaning, degreasing, bleaching and drying. Next craniometry and cranoscopy were performed, with further photographing and image editing. The cranium of the African catfish is represented by two divisions: the cerebral (neurocranium) and the facial (splanchnocranium). The neurocranium consisted of the latticed, orbital, auricular, and occipital regions. The facial region is represented by the maxillary, mandibular areas, sublingual and mandibular arches and the opercular apparatus. Catfish neurocranium had a solid structure. Whereas the areas of the orbit, the hyoid arch and the opercular apparatus were insufficiently developed. As a result of the conducted research, it was found that the living conditions of catfish have an impact on the structure of their cranium. The catfish mainly lives in the bottom layer and strong water pressure is exerted on its head. Therefore, they require a thick and durable neurocranium structure, with protrusions on the dorsal part to reduce water pressure. Catfish actively forage for food at night, relying more on the olfactory system. Therefore, their orbital regions are poorly developed, and the latticed area associated with the olfactory system is more developed. The results of our research are important for ichthyology and comparative anatomy, as the cranium of catfish reflects their unique adaptation to bottom life, allows to understand the evolution of catfish and diagnose diseases.

Keywords: anatomy, morphology, catfish, cranium, neurocranium

For citation: Nizamova, G. M., Girfanov, A. I., Mullakaev, O. T., Gizzatullin, R. R. & Karimova, A. Z. (2026). Morphology of the neurocranium of African catfish. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 74-80. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-74-80](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-74-80) (in Russian).

Введение. Африканский клариевый сом является одним из важных видов культивируемой рыбы, широко употребляемый в пищу. В настоящее время для рыбоводческих предприятий большой интерес представляет африканский клариевый сом. Он известен как высокими вкусовыми показателями, так и содержанием полноценного минеральновитаминного комплекса [1]. Африканский клариевый сом обладает высокими темпами роста. Эмбриональный период проходит в среднем за 48 часов, а товарного вида представитель этого класса достигает к одному году [2].

Данный вид рыб имеет некоторые видовые анатомические особенности строения [3]. Клариевый сом имеет гладкое, удлинённое, цилиндрическое, угревидной формы тело с длинными анальным и спинным плавниками, достигающими до хвостового. Чешуя на теле полностью отсутствует [4, 5]. Плоская голова сома несёт четыре пары неразветвленных усов: одна – назальная, одна – максиллярная (самая длинная и наиболее подвижная) на сошнике, и две мандибулярные – внутренняя и наружная, выполняют функцию органов осязания. На передней части головы имеются парные ноздри. У них развивается специальный орган для дыхания атмосферным кислородом. От жаберной полости отходит древовидно разветвленный наджаберный орган кларий, стенки которого пронизаны множеством кровеносных сосудов и имеют очень большую поверхность. Иными словами, это настоящее «лёгкое», заменяющее жабры, когда рыба находится вне воды [4].

Клариевый сом является перспективным объектом индустриального рыбоводства. Данный вид сома неприхотлив в разведении, а также лёгок в выращивании относительно других видов рыб, так как способен существовать даже в неблагоприятных условиях внешней среды [6, 7].

Несмотря на широкое распространение данного вида аквакультуры в рыбоводных хозяйствах мира, данные по его морфологическим особенностям носят фрагментарный характер и недостаточно изучены. На сегодняшний день исследования, связанные с клариевыми сомами, больше затрагивают аспекты кормления [2, 6, 8, 9] и генетических улучшений [10, 11, 12]. Исходя из этого, проведение исследований данной тематики является актуальным. Ведь изучение черепа даёт ключ к пониманию уникальной биологии сома, его образа жизни и эволюционного пути.

Цель исследования – описание морфологии мозгового отдела черепа клариевого сома.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на кафедре анатомии и гистологии ФГБОУ ВО Казанского государственного аграрного университета. Для изготовления скелета использовали 9 особей клариевых сомов. Этапы исследования включали подготовку образцов, препарирование черепа, фотографирование, редактирование изображений и определение номенклатуры черепа [13]. Для изготовления черепа применялся классический анатомический метод, включающий вываривание, очистку, отбеливание и высушивание [13, 14]. Далее проводили фотографирование черепа при помощи фотоаппарата Canon SE200. Полученные изображения были отредактированы при помощи программы Adobe Photoshop CS6.

Результаты исследований. Скелет рыбы играет важнейшую роль в обеспечении здоровья и благополучной жизни рыбы. Череп же выполняет ещё и защитную функцию для мозга и чувствительных центров, расположенных в нём. Череп африканского клариевого сома был разделен на две основные части: нейрокраниум и спланхнокраниум. Нейрокраниум – это часть черепа, которая защищает мозг и некоторые органы чувств, в то время как спланхнокраниум связан с пищеварительной и дыхательной системами.

Поверхность свода черепа африканского клариевого сома неровная: на ней располагается множество мелких бугорков и шипов, создающих в совокупности шершавую поверхность. Такое строение обеспечивает лучшее прикрепление мягких тканей к кости.

Череп уплощен в дорсовентральном направлении. Такую особенность африканский клариевый сом имеет в связи с несколькими факторами. В естественной среде эти рыбы обитают в водоёмах с илистым или песчаным дном, где есть возможность охотиться и укрыться в случае опасности. Следовательно, уплощенная форма черепа, а также наличие бугорков и шипов на его дорсальной поверхности может быть приспособлением к повышенному давлению толщи воды. Кроме того, клариевый сом обитает во временных, часто пересыхающих водоёмах. В таких условиях рыба вынуждена периодически искать себе новое место обитания. Сом способен мигрировать по суше в поисках водоёма благодаря особенностям строения дыхательной системы. Можно сделать вывод, что уплощенный череп может способствовать передвижению рыбы по суше «лёжа» на брюхе.

Нейрокраниум африканского клариевого сома поделён на четыре области: глазничная, решетчатая (обонятельная), ушная, затылочная (рис. 1). Все они сосредоточены на дорсальной части черепа. Мозговая часть черепа – достаточно прочная структура с крепкими суставами и шиповидными выступами на спинной части.

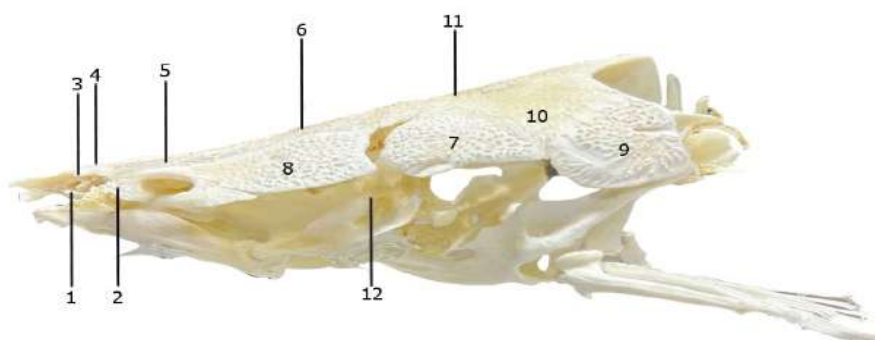


Рис. 1. Череп клариевого сома (латеральная поверхность):

1 – os lacrimale; 2 – os infraorbitale; 3 – os nasale; 4 – os mesethmoidale; 5 – os ethmoidale lateralis; 6 – os frontale; 7 – os pteroticum; 8 – os sphenoticum; 9 – os epioticum; 10 – os posttemporale; 11 – os supraoccipitale; 12 – os hyomandibulare

Решетчатая (обонятельная) область расположена в краниодорсальной части мозгового отдела и наиболее хорошо развита. Это объясняется тем, что сомы добывают корм, опираясь на обонятельную систему. Данная область состоит из четырёх покровных костей: межрешётчатой (os mesethmoidale), латеральных решетчатых (os ethmoideum laterale), носовых костей (os nasale) и сошника (os vomer) (рис. 2). Межрешетчатая кость сильно растянута спереди. Боковые решетчатые кости широкие, хорошо выражены.

Глазничная область расположена в центральной части мозгового отдела. Она состоит из десяти костей: лобной (os frontale), клиновидноглазничной (os orbitosphenoidale), крылоклиновидной (os pterosphenoidale), окологлиновидной (os parasphenoidale), предклиновидной (os suprasphenoidale), слёзной (os lacrimale) и подглазничных (os infraorbitale). Лобная кость образует крышу черепа, тогда как слёзная – переднюю часть глазницы (рис. 2). Глазничная область слабо развита, так как сом обитает в мутной воде и добывает корм ночью.

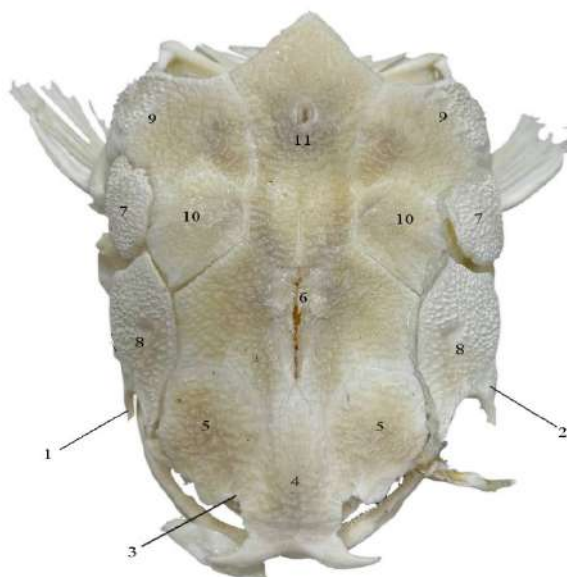


Рис. 2. Череп клариевого сома (дорсальная поверхность):

1 – os lacrimale; 2 – os infraorbitale; 3 – os nasale; 4 – os mesethmoidale; 5 – os ethmoidale lateralis; 6 – os frontale; 7 – os pteroticum; 8 – os sphenoticum; 9 – os epioticum; 10 – os posttemporale; 11 – os supraoccipitale

Ушная область расположена по боковым сторонам мозгового отдела, прикрепляясь к оперкулярному аппарату. Подъязычнонижнечелюстная кость (*os hyomandibulares*) соединена с челюстным суставом. Область состоит из пяти костей: клиновидноушной (*os sphenoticum*), крыловидноушной (*os pteroticum*), переднеушной (*os prooticum*), верхнеушной (*os epioticum*) и задневисочной (*os posttemporale*). Переднеушная кость спереди соединена с околкиновидной костью, латерально – с клиновидно- и крыловидноушными костями, каудально – с боковой затылочной костью. Верхнеушная кость соединена с боковой затылочной костью, предзатылочной и крыловидноушной через вентральную область. Крыловидноушная кость соединена суставом с клиновидноушной костью спереди, задневисочной – дорсально, с переднеушной – каудодорсально, и с боковой затылочной костью – вентрально. Клиновидноушная кость соединена с крыловидноушной сзади, с задневисочной – дорсокаудально, с лобной костью – дорсально, с переднеушной – вентрально. Латероventральная часть ушной области больше развита, чем остальные и это напрямую связано со вспомогательным дыхательным органом (рис. 2).

Затылочная область расположена в заднем отделе нейрокраниума и напрямую соединена с позвоночным столбом. Эта область состоит из пяти костей: надзатылочной (*os supraoccipitale*), боковой затылочной (*os exoccipitale*), верхней затылочной (*os epioccipitale*), основной затылочной (*os basioccipitale*) и экстраскапулярной (*os extrascapulare*). Надзатылочная кость формирует крышу черепа. Краниально она сочленена с лобной костью, в каудальной части – с боковой затылочной, по бокам – с задневисочной и верхней затылочной костями. Основная затылочная кость спереди соединена с околкиновидной и латерально – с боковой затылочной и переднеушной костями (рис. 2, 3).



Рис. 3. Череп клариевого сома (вентральная поверхность):

1 – *os basioccipitale*; 2 – *os exoccipitale*; 3 – *os epioccipitale*; 4 – *os extrascapulare*; 5 – *os epioticum*; 6 – *os prooticum*; 7 – *os pterooticum*; 8 – *os parasphenoidale*; 9 – *os dentale*; 10 – *os premaxillare*; 11 – *os hypohyalia*; 12 – *os ceratohyale anterior*; 13 – *os vomer*

Заключение. В результате проведённых исследований выявили, что череп клариевых сомов состоял из двух отделов: мозгового и лицевого. Это разделение характерно для таких видов рыб, как карповые [15] и подземные сомы [16]. Нейрокраниум состоял из толстых, прочных костей, которые были снабжены шиповидными выступами в спинной части. Это связано с различными характеристиками среды обитания рыбы. Сом обитает в основном, в придонном слое воды. Также на голову сома в течение долгого времени оказывается сильное давление воды. Поэтому им требуется прочная и толстая структура нейрокраниума, с небольшими выпуклостями на спинной части, чтобы уменьшить давление воды. Форма мозгового отдела черепа клариевого сома схожа с рыбами из семейства Пимелодовые, представителем которого является краснотелый сом [17]. Однако есть различия с рыбами из семейства Цихловые, у которых не жёсткая, тонкая кожа с гладкой поверхностью [14].

Решетчатая область играет хемосенсорную роль, так как непосредственно связана с обонятельной системой. Межрешетчатая кость у африканских сомов более развита, чем у рыб из семейства карповых [18], и имеет растянутую переднюю часть. Сомы добывают корм, полагаясь на обонятельную систему, и обладают более развитыми сенсорными обонятельными клетками. Поэтому для поддержания работы обонятельной системы необходима большая решетчатая область. Такого же мнения придерживались и Sarkar S. и De S. [19].

Морфология глазничной и слуховой областей африканского сома была сходна с китоподобными сомами и кошачьими сомами из семейства Иctalуровые [17]. Для африканского сома характерны условия окружающей среды с высоким уровнем мутности. Кроме того, сомы активно добывают пищу ночью. Это привело к тому, что глазничные области у них менее развиты.

Ввиду малоизученности африканский клариевых сомов, полученные результаты имеют важное значение для ихтиологии и сравнительной анатомии, а также могут быть использованы в качестве основы для исследований в области филогении и таксономии рыб. Также результаты исследований позволяют оценить состояние популяций по патологиям в строении черепа (травмы, опухоли); в судебной экспертизе – идентифицировать видовую принадлежность рыбы по остаткам кости; в промысловой обработке – оптимизировать разделку.

Список источников

1. Мкртчян М. Э., Гринюк Е. С. Влияние сапролегниоза на кожный покров *Clarias gariepinus* // Актуальные вопросы и пути их решения в ветеринарной медицине и животноводстве : сб. материалов Международной научно-практической конференции. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. С. 243-249. EDN: [AUWWLG](#)
2. Гринюк Е. С. Влияние абиотических факторов на рост и развитие *Clarias gariepinus* в ранний период онтогенеза. Актуальные проблемы экологии и природопользования : материалы национальной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. С. 15-17. EDN: [URTGFC](#)
3. Мкртчян М. Э., Саронов Д. И., Гринюк Е. С. Морфологические особенности строения кожных покровов рыб *Cyprinus carpio* и *Clarias gariepinus* // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2021. № 2. С. 136-138. DOI: [10.17238/issn2072-6023.2021.2.136](#)
4. Ярмош В. В., Цвирко Л. С., Таразевич Е. В., Астренков А. В., Козырь А. В. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства. Пинск: Полесский государственный университет, 2020. 203 с. ISBN 978-985-516-648-2. EDN: [EXSGKD](#)
5. Iswanto B., Imron I., Suprpto R., Marnis H. Morphological characterization of the African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) strains introduced to Indonesia // *Indones Aquac.* 2015. № 10 (2). С. 91-99. DOI: [10.15578/iaj.10.2.2015.91-99](#)
6. Бойкова Т. С. Выращивание африканского клариевого сома *Clarias gariepinus*, Burchell, 1822, в установках замкнутого водоснабжения : Рос. гос. гидромет. ун-т., 2023.
7. Суликов Р. Х., Шленкин А. К. Морфометрические показатели клариевого сома, выращенного в бассейновой аквакультуре. В мире научных открытий : материалы II Международной студенческой научной конференции. Том VI. Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2018. С. 73-75. EDN: [YNTKMH](#)
8. Ekasari J., Setiawati R., Ritonga F. R., Setiawati M., Suprayudi M. A. Growth and health performance of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juvenile fed with graded levels of biofloc meal // *Aquac Res.* 2019. № 50 (7). P. 1802-1811. DOI: [10.1111/are.14059](#)
9. Siagian E., Nugroho R. Growth performance and carcass composition of African catfish, *Clarias gariepinus* fed different protein and energy levels // *Iran J Fish Sci.* 2020. № 19(4). P. 1828-1839. DOI: [10.22092/ijfs.2018.117179](#)
10. Романов В. В., Романова Е. М., Любомирова В. Н., Мухитова М. Э. Конструирование функционального рыбного продукта в условиях индустриальной аквакультуры // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (41). С. 151-156. DOI: [10.18286/1816-4501-2018-1-151-156](#)
11. Романова Е. М., Любомирова В. Н., Мухитова М. Э., Романов В. В., Шадыева Л. А., Шленкина Т. М. и др. Репродуктивная биотехнология африканского клариевого сома. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2017. 12 (143). С. 49-57. EDN: [YNUTIK](#)
12. Sunarma A., Carman O., Zairin M., Alimuddin A. Interpopulation crossbreeding of farmed and wild African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in Indonesia at the nursing stage // *Aquat Living Resour.* 2016. № 29 (3). P. 303. DOI: [10.1051/ALR/2016026](#)
13. Анисимова А. А., Низамова Г. М. Сравнение морфофункциональных особенностей строения черепа Щуки Обыкновенной и Карпа Обыкновенного. Неделя молодежной науки : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Москва: Издательство МБА им. К. И. Скрябина, 2024. С. 31-34. EDN: [DAYKIM](#)
14. Dierickx, K., Wouters, W., Van Neer, W. (2017). Comparative osteological study of three species of distinct genera of Haplotilapiini (Cichlidae). *Cybium*. 2017. № 41 (3). P. 223-235. DOI: [10.26028/CYBIUM/2017-413-001](#)
15. Akmal Y., Zulfahmi I., Rahardjo M.F. Morphology of appendicular skeleton of the Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854) // *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 2018. № 18 (3). P. 261-274. DOI: [10.32491/jii.v18i3.443](#)
16. Lundberg J. G., Luckenbill K. R., Babu K. S., Ng H. H. A tomographic osteology of the taxonomically puzzling catfish *Kryptoglanis shajii* (Siluriformes, Siluroidei, incertae sedis): Description and a first phylogenetic interpretation // *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 2014. № 163 (1). P. 1-41. DOI: [10.1635/053.163.0101](#)
17. Lundberg J. G., Aguilera O. The late Miocene Phractocephalus catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Urumaco, Venezuela: Additional specimens and reinterpretation as a distinct species. *Neotrop Ichthyol.* 2003. № 1 (2). С. 97-109. DOI: [10.1590/S1679-62252003000200004](#)
18. Akmal Y., Zulfahmi I., Dhamayanti Y., Paujiah E. Osteocranium of *Tor tambroides* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Tangse River, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*. 2020. № 21 (2). С. 442-450. DOI: [10.13057/biodiv/d210203](#)

19. Sarkar S., De S. A study on olfactory neuroepithelium of *Pseudapocryptes lanceolatus* (Bloch and Schneider): Medical analog x-ray-based anatomy and transmission electron microscopical interpretations // *Int J Sci Nat*. 2011. № 2 (2). P. 186-191. <https://www.researchgate.net/publication/270565993>
20. Rojo A. *Osteological atlas of the Brown Bullhead (Ameiurus nebulosus) from Nova Scotia Waters: A morphological and biometric study*. Holland : Nova Scotia Museum, 2013. 151 p.

References

1. Mkrtchyan, M. E. & Grinyuk, E. S. (2021). The effect of saprolegniosis on the skin of *Clarias gariepinus* : *Collection of materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor Yu.F. Yudichev "Actual issues and ways of their solution in veterinary medicine and animal husbandry"*. 243-249. Tyumen. EDN: [AUWWLG](#) (in Russian).
2. Grinyuk, E. S. (2022). The influence of abiotic factors on the growth and development of *Clarias gariepinus* in the early period of ontogenesis : *Proceedings of the national scientific and practical conference of students, postgraduates, young scientists and specialists "Actual problems of ecology and nature management"*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 15-17. St. Petersburg. EDN: [URTGFC](#) (in Russian).
3. Mkrtchyan, M. E., Saronov, D. I. & Grinyuk, E. S. (2021). Morphological Features of the Skin Coverings of *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* Fish : *Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine*, 2, 136-138 DOI: [10.17238/issn2072-6023.2021.2.136](#) (in Russian).
4. Yarmosh, V. V., Tsvirko, L. S., Tarazevich, E. V., Astrenkov, A. V. & Kozyr, A. V. (2020). *Clarias batrachus* – a promising object of industrial fish farming. *Pinsk: Polessky State University*. ISBN 978-985-516-648-2. EDN: [EXSGKD](#) (in Russian).
5. Iswanto, B., Imron, I., Suprpto, R. & Marnis, H. (2015). Morphological characterization of the African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) strains introduced to Indonesia : *Indones Aquac.*, 10, 2. 91-99. DOI: [10.15578/iaj.10.2.2015.91-99](#)
6. Boikova T. S. (2023). Cultivation of the African *Clarias gariepinus*, Burchell, 1822, in closed-loop water supply systems : Russian State Hydrometeorological University. (in Russian).
7. Sulikov, R. Kh. & Shlenkin, A. K. (2018). Morphometric indicators of the *Clarias batrachus* grown in pool aquaculture. *In the World of Scientific Discoveries : collection of scientific papers*. 73-75. EDN: [YNTKMH](#) (in Russian).
8. Ekasari, J., Setiawati, R., Ritonga, F. R., Setiawati, M. & Suprayudi, M. A. (2019). Growth and health performance of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juvenile fed with graded levels of biofloc meal. *Aquac Res*. 50 (7). 1802-1811. DOI: [10.1111/are.14059](#)
9. Siagian, E. & Nugroho, R. (2020). Growth performance and carcass composition of African catfish, *Clarias gariepinus* fed different protein and energy levels. *Iran J Fish Sci*. 19(4). 1828-1839. DOI: [10.22092/ijfs.2018.117179](#)
10. Romanov, V. V., Romanova, E. M., Lyubomirova, V. N. & Mukhitova, M. E. (2018). Designing a Functional Fish Product in Industrial Aquaculture. *Vestnik Ulyanovskoi Gosudarstvennoi Sel'skokhoziaistvennoi Akademii*. 1 (41). 151-156. DOI: [10.18286/1816-4501-2018-1-151-156](#) (in Russian).
11. Romanova, E. M., Lyubomirova, V. N., Mukhitova, M. E., Romanov, V. V., Shadyeva, L. A. & Shlenkina, T. M. (2017). Reproductive Biotechnology of the African *Clarias Catfish*. *Fish Farming and Fisheries*. 12 (143). 49-57. EDN: [YNUTIK](#) (in Russian).
12. Sunarma, A., Carman, O., Zairin, M. & Alimuddin, A. (2016). Interpopulation crossbreeding of farmed and wild African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in Indonesia at the nursing stage. *Aquat Living Resour*. 29 (3). 303. DOI: [10.1051/ALR/2016026](#)
13. Anisimova, A. A. & Nizamova, G. M. (2024). Comparison of the Morphofunctional Features of the Skull Structure of the Common Pike and the Common Carp. *Week of Youth Science: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. 31-34. EDN: [DAYKIM](#) (in Russian).
14. Dierckx, K., Wouters, W. & Van Neer, W. (2017). Comparative osteological study of three species of distinct genera of Haplotilapiini (Cichlidae). *Cybum*. 41 (3). 223-235. DOI: [10.26028/CYBIUM/2017-413-001](#)
15. Akmal, Y., Zulfahmi, I. & Rahardjo, M. F. (2018). Morphology of appendicular skeleton of the Thai mahseer's *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 18 (3). 261-274. DOI: [10.32491/jji.v18i3.443](#)
16. Lundberg, J. G., Luckenbill, K. R., Babu, K. S. & Ng, H. H. (2014). A tomographic osteology of the taxonomically puzzling catfish *Kryptoglanis shajii* (Siluriformes, Siluroidei, incertae sedis): Description and a first phylogenetic interpretation. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 163 (1). 1-41. DOI: [10.1635/053.163.0101](#)
17. Lundberg, J. G. & Aguilera, O. (2003). The late Miocene Phractocephalus catfish (Siluriformes: Pimelodidae) from Urumaco, Venezuela: Additional specimens and reinterpretation as a distinct species. *Neotrop Ichthyol*. 1 (2). 97-109. DOI: [10.1590/S1679-62252003000200004](#)
18. Akmal, Y., Zulfahmi, I., Dhamayanti, Y. & Paujiah, E. (2020). Osteocranium of *Tor tambroides* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Tangse River, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*. 21 (2). 442-450. DOI: [10.13057/biodiv/d210203](#)
19. Sarkar, S. & De, S. (2011). A study on olfactory neuroepithelium of *Pseudapocryptes lanceolatus* (Bloch and Schneider): Medical analog x-ray-based anatomy and transmission electron microscopical interpretations. *Int. J. Sci. Nat*. 2 (2). 186-191. <https://www.researchgate.net/publication/270565993>
20. Rojo, A. *Osteological atlas of the Brown Bullhead (Ameiurus nebulosus) from Nova Scotia Waters: A morphological and biometric study* (2013). Holland : Nova Scotia Museum.

Информация об авторах:

Гульнар Мидахатовна Низамова[✉], кандидат биологических наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-5718-3050>, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Айдар Ильдарович Гирфанов, кандидат ветеринарных наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-3846-3962>, e-mail: aidar-girfanov@mail.ru

Оразали Турманович Муллакаев, доктор ветеринарных наук, профессор;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-9829-6660>, e-mail: orazali.mullakaev@mail.ru

Рамис Разяпович Гиззатуллин, кандидат ветеринарных наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-6525-7075>, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Айгуль Зуфаровна Каримова, кандидат биологических наук, доцент;
ID: <http://orcid.org/0000-0003-0298-3461>, e-mail: ajgul.08@mail.ru

Information about the authors:

Gulnar M. Nizamova[✉], Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-5718-3050>, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Aidar I. Girfanov, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0002-3846-3962>, e-mail: aidar-girfanov@mail.ru

Orazali T. Mullakaev, Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-9829-6660>, e-mail: orazali.mullakaev@mail.ru

Ramis R. Gizzatullin, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0001-6525-7075>, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Aigul Z. Karimova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: <http://orcid.org/0000-0003-0298-3461>, e-mail: ajgul.08@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.04.2026; одобрена после рецензирования 23.05.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 20.04.2026; approved after reviewing 23.05.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 639.3.05

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-81-86>

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГЕСТЕРОНОВЫХ ИНТРОВАГИНАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ В ГОРМОНАЛЬНЫХ СХЕМАХ ИНДУКЦИИ СУПЕРОВУЛЯЦИИ У КОРОВ-ДОНОРОВ

А. В. Бригида¹, А. В. Игнатъев², Д. В. Иванова³, Д. Г. Галимуллин⁴, А. Г. Мещеряков⁵¹ Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Лесные поляны, Московская область Россия.^{2,3} Центр репродуктивных технологий, Сырейка, Самарская область, Россия.⁴ Агроком, Сырейка, Самарская область, Россия.⁵ Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. Цель исследований – сравнительная оценка эффективности применения прогестероновых интравaginaльных имплантатов в гормональных схемах индукции суперовуляции у коров-доноров эмбрионов. Экспериментальной базой послужило ООО «Центр репродуктивных технологий», а все исследования были проведены на поголовье крупного рогатого скота животноводческого хозяйства ООО «Агроком». Для проведения исследования в качестве доноров эмбрионов было отобрано 48 коров абердин ангусской породы, у которых было проведено 129 процедур гормональной стимуляции по трем разным схемам. В группе I (n = 50) протокол стимуляции был основан на введении препаратов «Синхровет» в дозе 2,5 мл/гол, «Клопровет» в дозе 2,0 мл/гол. «Плюсет» (Испания) в дозе 650 МЕ из расчета на одного животного без применения прогестеронового интравaginaльного имплантата. В группах II (n = 41) и III (n = 38) комбинация препаратов для внутримышечного введения была идентичной группе I, однако при подготовке коров-доноров были применены прогестероновые интравaginaльные имплантаты «PRID Delta» и «CIDR». В результате проведенных исследований установлено, что общепринятая классическая схема гормональной стимуляции коров-доноров без применения прогестеронового интравaginaльного имплантата позволяет получить 6,6 биологически полноценных эмбриона. Гормональные схемы, включающие в свой состав прогестероновые интравaginaльные имплантаты, позволили в результате исследования получить в группе III – 14,3 биологически полноценных эмбриона, а в группе II – 15,0 штук из расчета на одного обработанного донора. Исследование показало, что применение прогестероновых интравaginaльных имплантатов в схемах индукции суперовуляции у коров-доноров позволяет получить достоверно ($P \leq 0,01$) в 2,1-2,2 раза больше биологически полноценных эмбрионов за одну серию гормональной стимуляции животных.

Ключевые слова: трансплантация эмбрионов, корова-донор, абердин ангусская порода, прогестероновый интравaginaльный имплантат, биологически полноценный эмбрион, эмбриосбор

Финансирование: Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания регистрационный номер – 126022417944-0; тема № 082-00066-26-00 «Усовершенствование технологии трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота».

Для цитирования: Бригида А. В., Игнатъев А. В., Иванова Д. В., Галимуллин Д. Г., Мещеряков А. Г. Опыт применения прогестероновых интравaginaльных имплантатов в гормональных схемах индукции суперовуляции у коров-доноров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 81-86. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-81-86](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-81-86)

Original article

EXPERIENCE OF USING PROGESTERONE INTRAVAGINAL IMPLANTS IN HORMONAL REGIMEN FOR SUPEROVULATION INDUCTION IN DONOR COWS

A. V. Brigida¹, A. V. Ignatiev², D. V. Ivanova³, D. G. Galimullin⁴, A. G. Meshcheryakov⁵¹ All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany, Moscow Region, Russia.^{2,3} Center for Reproductive Technologies, Syreika, Samara Region, Russia.⁴ Agrokom, Syreika, Samara Region, Russia.⁵ Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia.

Abstract. The aim of the study was to comparatively evaluate the effectiveness of progesterone intravaginal implants in hormonal regimen for superovulation induction in cows used as embryo donors. The Center for Reproductive Technologies, LLC served as the experimental site, and all studies were conducted on the cattle from the Agrokom livestock farm. Forty-eight Aberdeen Angus cows were selected as embryo donors, and 129 hormonal stimulation sessions were performed using three different regimens. In Group I (n = 50), the stimulation protocol consisted of Synchrovet at a dose of 2.5 ml/head, Kloprovet at a dose of 2.0 ml/head, and Pluset (Spain) at a dose of 650 IU per animal, without the use of a progesterone intravaginal implant. In groups II (n = 41) and III (n = 38), the combination of drugs for intramuscular administration was identical to that in group I; however, the donor cows were prepared using the PRID Delta and CIDR progesterone intravaginal implants. The studies revealed that the generally accepted classical hormonal

stimulation regimen for donor cows without the use of a progesterone intravaginal implant resulted in the production of 6.6 biologically viable embryos. Hormonal regimen including progesterone intravaginal implants resulted in the production of 14.3 biologically viable embryos in group III and 15.0 embryos in group II per treated donor. The study showed that the use of progesterone intravaginal implants in superovulation induction schemes in donor cows allows for the reliable ($P \leq 0.01$) production of 2.1-2.2 times more biologically complete embryos in one series of hormonal stimulation of animals.

Keywords: embryo transfer, donor cow, Aberdeen Angus breed, progesterone intravaginal implant, biologically complete embryo, embryo collection

Acknowledgements: The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment registration number – 126022417944-0; topic No 082-00066-26-00 "Improvement of cattle embryo transplantation technology".

For citation: Brigida, A. V., Ignatiev, A. V., Ivanova, D. V., Galimullin, D. G., & Meshcheryakov, A. G. (2026). Experience of using of progesterone intravaginal implants in hormonal regimen for superovulation induction in donor cows. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 81-86. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-81-86](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-81-86) (in Russian).

Введение. Технология трансплантации эмбрионов является одним из ведущих и высокоэффективных биотехнологических методов ускоренного воспроизводства крупного рогатого скота во всем мире [1-5]. Применение на практике данной технологии создает возможность для специалистов-трансплантологов в кратчайшие сроки раскрыть и реализовать биологические ресурсы высокопродуктивных животных [6-9]. Подтверждением этого служит статистика, которая свидетельствует о том, что 95% всех биологически полноценных эмбрионов в мире получают от крупного рогатого скота, а оставшиеся 5% от остальных видов сельскохозяйственных животных (мелкого рогатого скота – 2%; лошади, козы, олени, буйволы, верблюдовые и свиньи – 3%) соответственно [10].

Технология включает в себя ряд последовательно проводимых этапов, главным из которых является индукция суперовуляции у коров-доноров, которая входит в технологическую цепочку МОЭТ (множественная овуляция и эмбриотрансплантация) [11, 12]. В этой связи, получение наибольшего числа биологически полноценных эмбрионов становится для специалиста-трансплантолога приоритетным направлением в работе [13, 14]. Однако полиовуляторная реакция яичников коров на вводимые гонадотропины характеризуется высокой степенью вариативности [15-17]. При этом, вариативность данного показателя составляет от 0 до 50 желтых тел на одну корову-донора [18]. Согласно данным Сандерсена Н. и др. (2020), реакционный ответ яичников, у коров-доноров преимущественно зависит от применяемых схем индукции суперовуляции [19]. Следовательно, и выход биологически полноценных яйцеклеток должен быть сопоставимым. Но несмотря на это, по данным Мадисона В.В. и Мадисон Л.В. (2026), средний выход биологически полноценных эмбрионов за одну сессию гормональной стимуляции у коров составляет всего 5,7 штук из расчета на одного обработанного донора [20]. Данный показатель является среднемировым при использовании технологии МОЭТ, однако учитывая репродуктивный потенциал коров, он однозначно может быть выше, при использовании новых современных схем гормональной стимуляции животных.

Цель исследований – сравнительная оценка эффективности применения прогестероновых интравагинальных имплантатов в гормональных схемах индукции суперовуляции у коров-доноров эмбрионов. Для решения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- изучить эмбриопродуктивность коров-доноров при различных схемах гормональной стимуляции;
- определить эффективность применения прогестероновых интравагинальных имплантатов в гормональных схемах стимуляции коров-доноров;
- дать научно-практическое обоснование применения прогестероновых интравагинальных имплантатов в гормональных схемах стимуляции коров-доноров.

Материал и методы исследований. Экспериментальные исследования проведены в период с 2020 по 2024 год на базе ООО «Центр репродуктивных технологий» на поголовье крупного рогатого скота в животноводческом хозяйстве ООО «Агроком» (с. Сырейка, Кинельский район, Самарская область). Для этого нами были выбраны два наиболее известных прогестероновых интравагинальных имплантата: 1) «CIDR» (Новая Зеландия), содержащий 1,94 г прогестерона и имеющий Т-образную форму; 2) интравагинальный имплантат «PRID Delta» (Франция), содержащий 1,55 г прогестерона и имеющий треугольную форму.

В качестве экспериментальных животных нами было отобрано 48 коров абердин ангусской породы, имеющих от 2 до 4 отёлов. Все животные, отобранные в качестве доноров эмбрионов, ранее уже были проверены на положительный реакционный ответ в результате введения им гипофизарных гонадотропинов. Всего за период исследования на отобранных животных было проведено 129 процедур индукции суперовуляции и как следствие аналогичное число процедур по извлечению эмбрионов. Следовательно, большинство животных подверглось гормональной стимуляции и процедуре вымывания от двух до трех раз. Для определения стабильности результата

конкретного животного по его эмбриопродуктивности практически каждое из них подвергалось гормональной обработке поочередно каждой из трех схем. Группа I ($n = 50$) являлась контрольной. В ней была применена общепринятая схема, включающая в себя введение препарата «Синхровет» в дозе 2,5 мл/гол, а спустя семь дней после первой инъекции всем животным внутримышечно вводили препарат «Клопровет» в дозе 2,0 мл/гол. По истечению 48-72 часов все животные приходили в половую охоту. Первый день проявления признаков половой охоты считался нулевым днем индуцированного полового цикла. На 10 день индуцированного полового цикла вводили препарат «Плюсет» (Испания) в дозе 650 МЕ на одно животное. Введение данного препарата осуществлялось восьмикратно с интервалом 12 ч. (утро – вечер) на 10-13 день индуцированного полового цикла в убывающих дозах (2,5; 2,5; 2; 2; 1,5; 1,5; 1; 1 мл/гол). На 12 день индуцированного полового цикла повторно вводился препарат «Клопровет» в дозе 2,0 мл/гол. По факту прихода животного повторно в половую охоту коровы были искусственно осеменены дважды с промежутком в 12 часов с использованием 2 штук спермадоз (1; 1).

В группе II ($n = 41$), которая являлась опытной, все животные, отобранные в качестве потенциальных доноров эмбрионов, были простимулированы согласно нижеописанной схемы. В первый день начала гормональной стимуляции всем коровам в группе был внутримышечно введен препарат «Синэстрол» (Россия) в дозе 2,5 мл/гол и непосредственно после этого был установлен прогестероновый интравагинальный имплантат «PRID Delta». На четвертый день установки имплантата начиная с вечера (20:00), на протяжении четырех дней, аналогично первой группе с интервалом в 12 часов восьмикратно вводили препарат «Плюсет» (Испания) в дозе 650 МЕ на одно животное в убывающих дозах (2,5; 2,5; 2; 2; 1,5; 1,5; 1; 1 мл/гол). Вечером на седьмой день гормональной схемы внутримышечно вводили препарат - «Клопровет» (Республика Беларусь) в дозе 2,0 мл/гол. Утром на восьмой день проводили извлечение интравагинального имплантата. По факту прихода животного в индуцированную половую охоту процедуру искусственного осеменения и в последующем вымывание эмбрионов проводили аналогично группе I.

В группе III ($n = 38$) подготовка коров к индукции суперовуляции с последующим извлечением эмбрионов проводили аналогично схеме, использованной в группе II, за исключением выбранного имплантата. В данной группе был использован прогестероновый интравагинальный имплантат «CIDR». Извлечение эмбрионов у всех коров-доноров проводили методом дробного шприцевания на седьмой день индуцированного полового цикла животного. В качестве промывочной жидкости применяли сбалансированный солевой буферный раствор Дюльбекко с добавлением 10% сыворотки крови в общем объеме от 300 до 500 мл на один рог матки в зависимости от полиовуляторной реакции яичников коров-доноров эмбрионов. Морфологическую оценку эмбрионов проводили под бинокулярными микроскопами МБС-10.

Статистическая обработка полученных результатов выполнена с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2019. Достоверность различий сравниваемых показателей оценивали по t-критерию Стьюдента, считая их статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований. Полученные результаты проведенного настоящего исследования представлены в таблице, с учетом ряда показателей, характеризующих эффективность применяемых препаратов и схем их введения (таблица).

Таблица

Количественные показатели результатов индукции суперовуляции у коров-доноров

Группа, n (наличие имплантата)	Количество желтых тел образовавшихся после введения гипофизарных гонадотропинов		Показатели эмбриосборов (качественные, дегенерированные эмбрионы, неоплодотворенные яйцеклетки)		Получено биологически полноценных эмбрионов	
	всего, n	на донора, n	всего n/%	на донора, n	всего n/%	на донора, n
I, n=50 (без имплантата)	655	13,1±0,66	546/83,4	10,9±0,33	329/60,3	6,6±0,28
II, n=41 (PRID Delta)	955	23,3±0,99	807/84,5	19,7±0,51*	616/76,3	15,0±0,55*(*)
III, n=38 (CIDR)	946	24,9 ±0,93	764/80,8	20,1±0,63*	543/70,4	14,3±0,44*(*)

* при $P \leq 0,01$ (между I и II, между I и III); (*) при $P \leq 0,05$ (между II, и III)

Анализируя отраженные в таблице данные, можно наблюдать, что результаты, полученные во всех трех группах, разнились. Так, изучая показатель «Количество желтых тел образовавшихся после введения гипофизарных гонадотропинов» видно, что наименьшее число желтых тел отмечается в группе I, где среднее число желтых тел из расчета на одного донора не превышало 13,1 штук.

Лучший результат был отмечен в двух других группах, где аналогичный показатель в группе II был равен 23,3 штук, а в группе III – 24,0 желтых тел из расчета на одного донора. Необходимо отметить, что при оценке полученных результатов, наблюдалась достоверная разница между достигнутыми показателями в группах. Так, показатели группы I, достоверно ($P \leq 0,01$) был ниже по отношению к двум другим группам. При этом, между группами II и III достоверной разницы отмечено не было.

Проводя подсчет желтых тел образовавшихся на поверхности яичников у коров-доноров эмбрионов, мы условно считали данный показатель равный числу произошедших овуляций ранее созревших доминантных фолликулов и, следовательно, числу созревших и вышедших яйцеклеток, готовых к оплодотворению.

Изучая раздел таблицы «Показатели эмбриосборов (качественные, дегенерированные эмбрионы, неоплодотворенные яйцеклетки)» было установлено, что процент извлеченных клеток в эмбриосборах от заявленных ранее желтых тел, был на уровне от 80,8 до 84,5%, что демонстрирует стабильный результат извлечений зародышей и опытность биотехнолога, проводящего манипуляции.

Оценивая результаты, полученные во всех трех группах по показателю «Получено качественных эмбрионов», наблюдается следующая тенденция. Самый низкий результат был отмечен в группе I, где на одного донора было получено 6,6 биологически полноценных эмбрионов. Данный показатель превышает общеевропейский показатель, достигнутый в 2024 году по получению биологически полноценных эмбрионов от коров-доноров, который согласно данным Европейской ассоциации трансплантации эмбрионов AETE (Association of Embryo Technology in Europe) в среднем составил 5,4 штуки из расчета на одного донора [21].

В группе II и III, показатели, полученные в процессе эксперимента, были значительно выше. Так, среднее число биологически полноценных эмбрионов, пригодных к последующей криоконсервации в группе II составило 15,0 штук, а в группе III 14,3 штуки, при этом достоверность разницы между двумя этими группами была на уровне $P \leq 0,05$. При этом, достоверно ($P \leq 0,01$) доказано, что между группой I и группой II разница была отмечена в 2,2 раза, а разница между группой I и группой III, была ненамного меньше предыдущего сравнения и превосходила в 2,1 раз, что отчетливо демонстрирует превосходство применения прогестероновых интравaginaльных имплантатов в гормональной схеме индукции суперовуляции у коров-доноров эмбрионов в проведенном эксперименте.

Закключение. На основании проведенных исследований установлено, что использование прогестероновых интравaginaльных имплантатов в гормональных схемах индукции суперовуляции коров-доноров позволяют получить от 14,3 до 15,0 биологически полноценных эмбрионов за одну сессию гормональной стимуляции. Применение прогестероновых интравaginaльных имплантатов позволяют повысить эффективность общепринятых гормональных схем более чем в два раза.

Полученные результаты исследований могут быть использованы специалистами-трансплантологами в практике применения трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота на технологическом этапе индукции суперовуляции, с целью получения большего числа биологически полноценных эмбрионов.

Список источников

1. Игнатьев А. В., Иванова Д. В., Бригида А. В. Эффективность применения прогестероновых интравaginaльных имплантатов при подготовке телок-реципиентов к пересадке эмбрионов // Ветеринария и кормление. 2025. № 2. С. 37-40. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-8](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-8) EDN: BATROD
2. Кнуров Д.А., Бригида А. В., Иванова Д. В., Игнатьев А. В. Эффективность трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота в АО «Агропромышленная фирма "Наша житница"» // Ветеринария и кормление. 2022. № 3. С. 45-47. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-3-11](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-3-11) EDN: NIMABS
3. Mebratu, B. Fesseha H., Goa E. Embryo Transfer in Cattle Production and Its Principle and Applications // International Journal of Pharmacy & Biomedical Research. 2020. Vol. 7 (1). P. 40-54. DOI: [10.18782/2394-3726](https://doi.org/10.18782/2394-3726) EDN: KBMJGO
4. Menta Y. D. Review on embryo transfer in cattle and its application // International Journal of Advanced Research in Biological Sciences. 2023. Vol. 10 (4). P. 71-87. DOI: [10.22192/ijarbs.2023.10.04.006](https://doi.org/10.22192/ijarbs.2023.10.04.006)
5. Ngongo E. Nural M., Afrila A. Evaluation of Embryo Transfer Pregnancy in Beef Cattle // Transpublika international research in exact sciences. 2025. Vol. 4(4). P. 169 -178. DOI: [10.55047/tires.v4i4.1902](https://doi.org/10.55047/tires.v4i4.1902) EDN: KTNLBF
6. Игнатьев А. В., Иванова Д. В., Бригида А. В., Кнуров Д. А. Сравнительная оценка эффективности приживляемости эмбрионов крупного рогатого скота в зависимости от направления продуктивности реципиентов // Вестник КрасГАУ. 2024. №2. С. 186-190. DOI: [10.36718/1819-4036-2024-2-186-190](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-186-190) EDN: XMMDND
7. Луконина О. Н., Романова Т. А., Кирдяев В. М., Романов А. Е. Трансплантация эмбрионов крупного рогатого скота на базе ОАО «МОЛДОВИЯГОСПЛЕМ» // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 1. С. 11-14. DOI: [10.33943/MMS.2020.64.94.003](https://doi.org/10.33943/MMS.2020.64.94.003) EDN: UGYDDB
8. Jelani G. Kalwar Q., Kaka A., Channo A. Historical Background and Significance of Embryo Transfer Technology in Cattle with its Relevant Applications // Pakistan Journal of Zoology. 2023. Vol. 55 (2). P. 959-973. DOI: [10.17582/journal.pjz/20220403060427](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20220403060427) EDN: KYIDEM
9. Hansen P. J. Applications of assisted reproductive technologies for pregnancy outcomes in mammals // Annual Review of Animal Biosciences. 2020. Vol. 8. P. 395-413. DOI: [10.1146/annurev-animal-021419-084010](https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-084010) EDN: NHYEIS

10. Viana J. 2021 statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals // Embryo Technology Newsletter. 2022. Т. 40. №. 4. С. 22-40.
11. Бабенков, В. Ю. Влияние контролируемых факторов на успешную имплантацию эмбрионов после пересадки // Успехи науки о животных. 2025. №2. С. 51-68. DOI: [10.25687/3034-493X.2025.3.2.004](https://doi.org/10.25687/3034-493X.2025.3.2.004) EDN: [BDTPFY](#)
12. Babura M. D. Review on Bovine Embryo Transfer and its Contribution for Genetic Improvement of Dairy Cattle // Journal of Reproduction and Infertility. 2021. Vol. 12 (2). P. 09-21. DOI: [10.5829/idosi.jri.2021.09.21](https://doi.org/10.5829/idosi.jri.2021.09.21)
13. Кнуров Д.А., Бригада А. В., Иванова Д. В., Игнатиев А. В. Анализ эффективности применения аналогов ГнРГ в протоколе суперовуляции коров-доноров // Ветеринария и кормление. 2022. № 5. С. 21-23. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6) EDN: [SZOGLK](#)
14. Bo G. A., Mapletoft R. J. Superstimulation of ovarian follicles in cattle: gonadotropin treatment protocols and FSH profiles // Theriogenology 2020. Vol. 150. P. 353–359. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.02.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.001) EDN: [KUNRZN](#)
15. Bekele T., Mekuriaw E., Walegn B. Bovine Embryo Transfer and Its Application: Arwiew // Journal of Health, Medicine and Nursing. 2016. Vol. 26. P. 48-60.
16. Liang, A. Salzano A., D'Esposito M., et al. Anti-Mullerian hormone (AMH) concentration in follicular fluid and mRNA expression of AMH receptor type II and LH receptor in granulosa cell as predictive markers of good buffalo (*Bubalus bubalis*) donors // Theriogenology. 2016. Vol. 86 (4). P. 963-970. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2016.03.020](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.020)
17. Lubis A. F., Satyaningtjas A. S., Lubis O. P., Kurniati W., Boediono A. Superovulation response of Peranakan Ongole (PO) and Simmental cows after FSH stimulation in multiple ovulation and embryo transfer program // in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. DOI: [10.1088/1755-1315/902/1/012044](https://doi.org/10.1088/1755-1315/902/1/012044) EDN: [UKVJML](#)
18. Скачкова О. А., Бригада А. В., Ковальчук С. Н. Проблемные вопросы результативности технологии трансплантации эмбрионов при применении у крупного рогатого скота // Ветеринария и кормление 2020. №3. С. 46-49. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13) EDN: [FKATKF](#)
19. Sanderson N. Martinez M. A single administration of a long-acting recombinant ovine FSH (roFSH) for cattle superovulation // Theriogenology. 2020. Vol. 154. P. 66-72. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.04.037](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.037) EDN: [MMUKMB](#)
20. Мадисон В., Мадисон Л. Эмбриотрансфер в России и в мире // Животноводство России. 2026. №1. С.44-48. DOI: [10.25701/ZZR.2026.01.005](https://doi.org/10.25701/ZZR.2026.01.005) EDN: [NEMNVA](#)
21. Lonergan P. 40th Annual Meeting A.E.T.E. Commercial Embryo Transfer Activity in Europe 2024 / AETE Statistics. 2025. Ссылка на электронный ресурс: <https://www.aete.eu/publications/>

References

1. Ignatiev, A. V., Ivanova, D. V. & Brigida, A. V. (2025). Efficiency of using progesterone intravaginal implants in the preparation of recipient heifers for embryo transfer. *Veterinaria I kormlenie*. 2. 37-40. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-8](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-8) EDN: [BATROD](#) (in Russian).
2. Knurov, D.A., Brigida, A.V., Ivanova, D.V. & Ignatiev, A.V. (2022). The effectiveness of cattle embryo transplantation at JSC "Agro-industrial firm "Our Granary". *Veterinaria I kormlenie*. 3. 45-47. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-3-11](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-3-11) EDN: [NIMABS](#) (in Russian).
3. Mebratu, B., Fesseha H. & Goa E. (2020). Embryo Transfer in Cattle Production and Its Principle and Applications. *International Journal of Pharmacy & Biomedical Research*. 7 (1). 40-54. DOI: [10.18782/2394-3726](https://doi.org/10.18782/2394-3726) EDN: [KBMJGO](#)
4. Menta, Y. D. (2023). Review on embryo transfer in cattle and its application. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 10(4), 71-87. DOI: [10.22192/ijarbs.2023.10.04.006](https://doi.org/10.22192/ijarbs.2023.10.04.006)
5. Ngongo, E. Nural, M. & Afrila, A. (2025). Evaluation of Embryo Transfer Pregnancy in Beef Cattle. *Transpublika international research in exact sciences*. 4(4). 169 -178. DOI: [10.55047/tires.v4i4.1902](https://doi.org/10.55047/tires.v4i4.1902) EDN: [KTNLBF](#)
6. Ignatiev, A. V. Ivanova, D. V., Brigida, A. V. & Knurov, D. A. (2024). Comparative assessment of the efficiency of cattle embryo engraftment depending on the direction of recipient productivity. *Veterinaria I kormlenie*. 2. 186-190. DOI: [10.36718/1819-4036-2024-2-186-190](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-2-186-190) EDN: [XMMDND](#) (in Russian).
7. Lukonina, O. N., Romanova, T. A., Kirdyaev, V. M. & Romanov, A. E. (2020). Transplantation of cattle embryos on the basis of OJSC "MORDOVIYAGOSPLEM". *Molochnoye i myasnoye skotovodstvo*. 1. 11-14. DOI: [10.33943/MMS.2020.64.94.003](https://doi.org/10.33943/MMS.2020.64.94.003) EDN: [UGYDDB](#) (in Russian).
8. Jelani, G. Kalwar, Q., Kaka, A. & Channo, A. (2023). Historical Background and Significance of Embryo Transfer Technology in Cattle with its Relevant Applications. *Pakistan Journal of Zoology*. 55 (2). 959-973. DOI: [10.17582/journal.pjz/20220403060427](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20220403060427) EDN: [KYIDEM](#)
9. Hansen P. J. (2020). Applications of assisted reproductive technologies for pregnancy outcomes in mammals. *Annual Review of Animal Biosciences*. 8. 395-413. DOI: [10.1146/annurev-animal-021419-084010](https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-084010) EDN: [NHYEIS](#)
10. Viana, J. (2022). 2021 statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*, 40(4), 22-40.
11. Babenkov, V. Yu. (2025). The influence of controlled factors on successful implantation of embryos after transplantation. *Uspekhi nauki o zhivotnykh*. 2. 51-68. DOI: [10.25687/3034-493X.2025.3.2.004](https://doi.org/10.25687/3034-493X.2025.3.2.004) EDN: [BDTPFY](#) (in Russian).
12. Babura M. D. (2021). Review on Bovine Embryo Transfer and its Contribution for Genetic Improvement of Dairy Cattle. *Journal of Reproduction and Infertility*. 12 (2). 09-21. DOI: [10.5829/idosi.jri.2021.09.21](https://doi.org/10.5829/idosi.jri.2021.09.21)
13. Knurov, D.A., Brigida, A.V., Ivanova, D.V. & Ignatiev, A.V. (2022). Analysis of the Efficiency of Using GnRH Analogues in the Superovulation Protocol for Donor Cows. *Veterinaria I kormlenie*. 5. 21-23. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-6) EDN: [SZOGLK](#) (in Russian).

14. Bo, G. A. & Mapletoft, R. J. (2020). Superstimulation of ovarian follicles in cattle: gonadotropin treatment protocols and FSH profiles. *Theriogenology*. 150. 353-359. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.02.001](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.001) EDN: KUNRZN
15. Bekele, T., Mekuriaw, E., & Walelegn, B. (2016). Bovine embryo transfer and its application: arwiew. *Journal of Health, Medicine and Nursing*, 26, 48-60.
16. Liang, A., Salzano A., D'Esposito M. & [et al.]. (2016). Anti-Mullerian hormone (AMH) concentration in follicular fluid and mRNA expression of AMH receptor type II and LH receptor in granulosa cell as predictive markers of good buffalo (*Bubalus bubalis*) donors. *Theriogenology*. 86 (4). 963-970. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2016.03.020](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.020)
17. Lubis, A. F., Satyaningtijas, A. S., Lubis, O. P., Kurniati, W. & Boediono, A. (2021). Superovulation response of Peranakan Ongole (PO) and Simmental cows after FSH stimulation in multiple ovulation and embryo transfer program. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 902. 012044. DOI: [10.1088/1755-1315/902/1/012044](https://doi.org/10.1088/1755-1315/902/1/012044) EDN: UKVJML
18. Skachkova, O. A., Brigida, A. V. & Kovalchuk, S. N. (2020). Problematic issues of the effectiveness of embryo transplantation technology when used in cattle. *Veterinaria I kormlenie*. 3. C. 46-49. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-13) EDN: FKATKF (in Russian).
19. Sanderson, N. & Martinez, M. (2020). A single administration of a long-acting recombinant ovine FSH (roFSH) for cattle superovulation. *Theriogenology*. 154. 66-72. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2020.04.037](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.037) EDN: MMUKMB
20. Madison, V. & Madison, L. (2026). Embryo transfer in Russia and in the world. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 1. 44-48. DOI: [10.25701/ZZR.2026.01.005](https://doi.org/10.25701/ZZR.2026.01.005) EDN: NEMNVA
21. Lonergan, P. (2025). 40th Annual Meeting A.E.T.E. Commercial Embryo Transfer Activity in Europe 2024 / AETE Statistics. Link to the electronic resource: <https://www.aete.eu/publications/>

Информация об авторах:

Артём Владимирович Бригида✉, кандидат ветеринарных наук;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0139-8087>; e-mail: brigida_86@mail.ru

Андрей Владимирович Игнатьев, директор;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-5084>; e-mail: ignatyev-a.v@yandex.ru

Дарья Викторовна Иванова, главный зоотехник селекционер;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-3011>; e-mail: dariena.ivanova@mail.ru

Дамир Газинурович Галимуллин, директор;
ID: <https://orcid.org/0009-0002-6642-3754>; e-mail: crt-lab@yandex.ru

Александр Геннадьевич Мещеряков, доктор биологических наук, профессор;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0854-0939>; alidar@yandex.ru

Information about the authors:

Artyom V. Brigida✉, Candidate of Veterinary Sciences;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0139-8087>; e-mail: brigida_86@mail.ru

Andrey V. Ignatiev, director;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0877-5084>; e-mail: ignatyev-a.v@yandex.ru

Daria V. Ivanova, Chief Zootechnician and Breeder;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-7745-3011>; e-mail: dariena.ivanova@mail.ru

Damir G. Galimullin, Director;
ID: <https://orcid.org/0009-0002-6642-3754>; e-mail: crt-lab@yandex.ru

Alexander G. Meshcheryakov, Doctor of Biological Sciences, Professor;
ID: <https://orcid.org/0000-0002-0854-0939>; alidar@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 14.05.2026; одобрена после рецензирования 25.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 14.05.2026; approved after reviewing 25.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК 636.2.636.087.1.633.583.486

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-87-92>

КАЧЕСТВО МОЛОКА ПРИ СКАРМЛИВАНИИ КОРОВАМ ЗЕРНОВОГО СОРГО СОРТА РОСЬ В СОСТАВЕ КОМБИКОРМОВ

С. В. Зотеев¹, Р. В. Некрасов², В. С. Зотеев^{3✉}, Н. М. Шарымова⁴

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Московская область, Россия.

² Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Боровск, Калужская область, Россия.

^{3,4} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. Цель исследований: дать оценку влияния зерна сорго сорта Рось в составе комбикорма-концентрата на состав молока. Сорго зерновое сорта Рось содержит 14% сырого протеина, 5,2% сырого жира, 1,6% клетчатки, 79,7% БЭВ, в том числе 74,6% крахмала, большая часть которого представлена его стабильной формой, не ферментируемой в рубце. В научно-хозяйственном опыте на трёх группах лактирующих коров по 8 голов в каждой изучено влияние комбикормов с содержанием в них зернового сорго в количестве 30-40% по массе на молочную продуктивность, химический состав и качество молока. Включение в состав комбикормов зерна сорго сорта Рось в количестве 40% по массе обеспечило повышение молочной продуктивности (в пересчёте на молоко 4% жирности) на 7,9%. Использование зерна сорго в кормлении лактирующих коров II и III опытных групп увеличивает в молоке количество казеина на 0,15-0,17 абс. %, сывороточных белков на 0,04 абс. % по сравнению с I контрольной группой. Отмечено снижение времени сычужного свёртывания молока на 8,5-14,9% по сравнению с контролем. Более высокое содержание сухого вещества соответствует молоку коров III опытной группы, получавших в составе комбикорма 40% зерна сорго по массе. Превосходство их над аналогами I контрольной группы по значению изучаемого показателя составляло 0,16 абс. %, II группы 0,03 абс. % ($P \leq 0,05$). Наименьшее количество лактозы содержится в молоке коров I контрольной группы. Это на 0,05-0,09 абс. % меньше, чем во II и III опытных группах. Зольных элементов в молоке коров опытных групп было больше по сравнению с контрольной группой на 0,11 абс. %. Наибольший эффект получен при включении в состав комбикормов-концентратов для лактирующих коров 40% по массе зернового сорго сорта Рось.

Ключевые слова: лактирующие коровы, зерно сорго, молочная продуктивность, качество молока, технологические свойства

Для цитирования: Зотеев С. В., Некрасов Р. В., Зотеев В. С., Шарымова Н. М. Качество молока при скормлинии коровам зернового сорго сорта Рось в составе комбикормов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 87-92. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-87-92](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-87-92)

Original article

MILK QUALITY WHEN FEEDING COWS GRAIN SORGHUM OF THE ROS VARIETY AS PART OF THE FEED COMPOSITION

S. V. Zoteev¹, R. V. Nekrasov², V. S. Zoteev^{3✉}, N. M. Sharymova⁴

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow Region, Russia.

² The All-Russian Scientific Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Animals is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ academician L.K. Ernst", Borovsk, Kaluga Region, Russia.

^{3,4} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia.

Abstract. The purpose of the research is to assess the effect of sorghum grains of the Ros variety as a part of a compound concentrate on the milk composition. Sorghum grain of the Ros variety contains 14% crude protein, 5.2% crude fat, 1.6% fiber, 79.7% BEV, including 74.6% starch, most of which is represented by its stable form, not fermented in the rumen. In scientific and economic experience on three groups of lactating cows of 8 heads each, the effect of compound feeds with a content of grain sorghum in the amount of 30-40% by weight on milk productivity, chemical composition and milk quality was studied. The inclusion of sorghum grains of the Ros variety in the amount of 40% by weight in the compound feed provided an increase in

milk productivity (in terms of milk 4% fat content) by 7.9%. The use of sorghum grain in feeding lactating cows of experimental groups II and III increases the amount of casein in milk by 0.15-0.17 abs.%, and whey proteins by 0.04 abs.% compared to the first control group. There was a decrease in the time of rennet coagulation of milk by 8.5-14.9% compared with the control. The greatest effect was obtained when 40% by weight of grain sorghum of the Ros variety was included in the composition of compound feed concentrates for lactating cows.

Keywords: lactating cows, sorghum grain, milk productivity, milk quality, technological properties

For citation: Zoteev, S. V., Nekrasov, R. V., Zoteev, V. S., & Sharymova, N. M. Milk quality when feeding cows grain sorghum of the Ros variety as a part of feed composition. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3. 87-92. DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-87-92](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-87-92) (in Russian).

Введение. Разнообразие природно-климатических условий и обширность территорий России являются важнейшими стратегическими ресурсами страны. Формирование прочной кормовой базы для молочного животноводства предусматривает создание условий ассортимента возделывания кормовых культур, отличающихся, прежде всего, высоким содержанием энергии и протеина. Основным источником энергии для молочного скота являются зерновые. В России зерновые компоненты в составе комбикормов занимают 68%. В этой связи использование в сбалансированных кормосмесях незерновых компонентов позволит снизить долю традиционных зерновых ингредиентов до 35% [11]. Побочные продукты при переработке зерновых и масличных культур являются ценными и доступными источниками энергии, протеина для сельскохозяйственных животных и птицы [1, 3, 20, 21, 22].

Это способствует увеличению продуктивности, сохранению здоровья, воспроизводительной функции, что отражается на повышении уровня рентабельности производства молока, мяса, шерсти [2, 4, 6, 14-19].

Природные условия Самарской области: резко континентальный климат, недостаток влаги и высокие температуры требуют поиска новых путей повышения эффективности растениеводческой отрасли [12].

Сорго зерновое сорта Рось относится к виду сорго «Кафсское». Зерно белое, урожайность до 53 ц с га. В зерне содержится до 14% протеина, 5,2% сырого жира, 1,6% клетчатки, 79,7% БЭВ, в том числе 74,6% крахмала, 0,02% танинов. Так называемый устойчивый крахмал (байпас-крахмал), в первую очередь, содержится в кукурузном зерне, сорго зерновом, предупреждает повышение кислотности в рубце за счёт образующейся в процессе ферментации крахмала пропионовой кислоты. Большая часть этой формы крахмала расщепляется в тонком отделе кишечника до глюкозы, которая, в свою очередь, необходима для образования молока. Зерно сорго по своему химическому составу не уступает, а по ряду показателей превосходит зерно кукурузы. Оно используется на кормовые цели наряду с другими культурами и нашло применение в кормлении молочного скота [5, 7-10, 23, 24].

С учётом вышесказанного актуальным является вопрос качества молока, полученного при скормливании зернового сорго.

Цель исследований. Оценка влияния зерна сорго сорта Рось в составе комбикорма-концентрата на состав молока.

Материалы и методы исследований. Опыт был проведён в СПК «Заветы Ленина» Нефтегорского района Самарской области. Объектом изучения являлись коровы чёрно-пёстрой породы. Для выполнения исследований были сформированы опытные группы по принципу аналогов. При этом были учтены возраст, происхождение, продуктивность, живая масса и дата отёла. Животные распределили в три группы по 8 голов в каждой. Основной рацион во всех группах был одинаковым и состоял из сена кострецового, сенажа люцернового, силоса кукурузного, свекловичной патоки. Животные I контрольной группы получали стандартный комбикорм-концентрат. Коровам II опытной группы в рацион включали комбикорм, в котором кукурузное зерно заменяли зерновым сорго. В III опытной группе вся зерновая часть комбикорма была представлена зерном сорго. Рационы были сбалансированы с учётом норм и рационов кормления сельскохозяйственных животных [13].

Учёт молочной продуктивности проводили ежедекадно. Прибором «Лактан 1-4» определяли содержание массовой доли жира, белка и лактозы. Сухое вещество в молоке – путём высушивания при 102 °С по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения.» Жирномолочность и белкомолочность оценивали один раз в месяц. Кислотность устанавливали титриметрическим методом по ГОСТ 362492 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности». Плотность определяли ареометрическим методом по ГОСТ 3625-84 «Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности».

Результаты исследований. Было установлено положительное влияние включения в состав комбикормов-концентратов зернового сорго на химический состав молока (табл. 1).

Таблица 1

Удой, состав и свойства молока коров в среднем за период опыта

Показатель	Группа		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Среднесуточный удой натуральной жирности, кг	28,6±0,57	29,5±0,49	30,3±0,43
Среднесуточный удой молока 4% жирности, кг	26,5±0,74	27,7±0,84	28,6±0,81
Сухое вещество, %	12,63±0,18	12,73±0,07	12,79±0,09
СОМО, %	8,79±0,06	8,81±0,09	8,83±0,07
Массовая доля жира, %	3,71±0,06	3,76±0,07	3,78±0,05
Массовая доля белка, %	3,06±0,05	3,25±0,06	3,27±0,03
в том числе казеина, %	2,53±0,02	2,68±0,03	2,70±0,04
сывороточных белков, %	0,53±0,04	0,57±0,07	0,57±0,02
Массовая доля лактозы, %	4,71±0,10	4,76±0,07	4,82±0,04
Зола, %	0,92±0,03	0,98±0,04	1,03±0,02
Кальция общего, г/кг	1,20±0,02	1,22±0,01	1,23±0,03
Фосфора общего, г/кг	0,86±0,01	0,88±0,03	0,89±0,02
Соотношение кальция и фосфора	1,40	1,39	1,38
Кислотность, Т°	16,94±0,32	16,83±0,33	16,32±0,46
Плотность, А°	28,13±0,12	28,51±0,08	28,62±0,08
Сычужная свёртываемость, мин	26,35±0,11	24,28±0,08	23,14±0,03
Сыропригодность по соотношению компонентов:			
жир: белок	1,21	1,16	1,16
жир: СОМО	0,42	0,43	0,43
белок: СОМО	0,35	0,37	0,37

Установлено, что в опытных группах среднесуточный удой натурального молока был выше по сравнению с контрольной на 3,1-5,9%, наибольшим содержанием массовой доли жира отличалось молоко коров II и III групп, содержание СОМО в молоке коров этих групп было больше. По содержанию белка в молоке разница в показателях находилась на уровне 0,19-0,21 абс.%. Следует отметить, что максимальная концентрация белка отмечена в молоке коров III опытной группы.

Проведённые исследования показывают, что включение в состав комбикормов-концентратов для лактирующих коров зернового сорго способствует усилению процессов синтеза белка, в частности, казеина. Так, животные II и III опытных групп синтезировали казеина больше, чем их аналоги из контрольной группы на 0,15-0,17 абс.% соответственно, наблюдалось также повышение содержания сывороточных белков во второй и третьей опытных группах по сравнению с контролем на 0,04 абс.%.

Пищевая ценность молока, его соответствие различным режимам переработки зависит от содержащегося в нём сухого вещества.

Проведённые исследования показывают, что более высокое содержание сухого вещества соответствует молоку коров III опытной группы, получавших в составе комбикорма 40% зерна сорго по массе. Превосходство их над аналогами I контрольной группы по значению изучаемого показателя составляло 0,16 абс.%, II группы 0,03 абс.% ($P \leq 0,05$).

Количество сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) служит показателем биологической ценности молока.

Наименьшее количество лактозы по нашим данным содержится в молоке коров I контрольной группы. Это на 0,05-0,09 абс.% меньше, чем во II и III опытных группах.

Зольных элементов в молоке коров опытных групп было больше по сравнению с контрольной группой на 0,11 абс.%. При этом различия в содержании таких макроэлементов как кальций и фосфор были в пользу животных II и III опытных групп. В молоке коров I контрольной группы их содержание было на уровне 1,20 г/кг и 0,86 г/кг, а во II и III опытных группах выше контроля соответственно на 1,7 и 2,5%, 2,3-3,5%.

Показатели технологических свойств – титруемая кислотность и сычужная свёртываемость молока подопытных групп свидетельствуют о том, что в I контрольной группе была более продолжительная фаза свёртываемости молока. Это обуславливалось меньшим содержанием сухого вещества, в том числе СОМО.

Сыропригодность молока характеризуется продолжительностью сычужного свёртывания. Повышение скорости свёртывания молока сычужным ферментом связано с массовой долей белка в молоке, в первую очередь, казеина, содержанием кальция.

Заключение. Таким образом, использование в рационах лактирующих коров чёрно-пёстрой породы зернового сорго сорта Рось оказывает положительное влияние на физико-химические и технологические свойства молока. Лучшие результаты были достигнуты при включении в состав комбикорма-концентрата 40,0% по массе зернового сорго сорта Рось.

Список источников

1. Варакин А. Т., Степурина М. А., Симонов Г. А., Косов В. А., Хализова З. Н., Варламова Т. А. Использование жмыхов разных видов для производства молока // Эффективное животноводство. 2024. № 5 (195). С. 39-41. DOI: [10.24412/cl-33489-2024-5-39-41](#) EDN: [HOFNAT](#)
2. Варакин А. Т., Епифанов В. Г., Зотеев В. С. и др. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161. DOI: [10.32786/2071-9485-2021-04-16](#) EDN: [PDONWJ](#)
3. Варакин Н. А. и др. Использование жмыхов разных видов при выращивании телят // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 5 (83). С. 295-304. DOI: [10.32786/2071-9485-2025-05-33](#) EDN: [RAQDEF](#)
4. Зотеев В. С., Некрасов Р. В., Зотеев В. С., Шарымова Н. М. Эффективность использования высокобелковой добавки в кормлении телят-молочников // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 3. С. 52-58. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-52-58](#) EDN: [LGNCZT](#)
5. Зотеев В. С., Антимонов А. К., Зотеев В. С. Зерновое сорго в комбикормах для откорма бычков // Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 296-298.
6. Зотеев В. С., Некрасов Р. В., Зотеев В. С., Симонов Г. А. Стартерные комбикорма с рыжиковым жмыхом для телят // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. Т. 8, № 2. С. 60-66. DOI: [10.55170/19973225_2023_8_2_60](#) EDN: [EZWNHI](#)
7. Зотеев В. С., Матвиенко Е. В., Зотеев В. С. Использование новых сортов сорго зернового селекции Поволжского НИИСС им. ПН Константинова на пищевые и кормовые цели // International agricultural journal. 2023. Т. 66. № 2. С. 13. DOI: [10.55186/25876740_2023_7_2_13](#) EDN: [AWASKR](#)
8. Зотеев В. С., Симонов Г. А., Антимонов А. К. и др. Зерновое сорго в комбикормах-концентратах для ремонтных тёлочек. // Научное обеспечение развития животноводства в Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста. 2019. С. 196-200.
9. Зотеев В. С., Симонов Г. А., Антимонов А. К., Зотеев В. С. Зерновое сорго в стартерных комбикормах для телят // Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных : сборник научных трудов. 2018. С. 109-112. EDN: [XZFPZJ](#)
10. Зотеев В. С., Симонов Г. А., Антимонов А. К., Зотеев В. С., Писарев Е. И. Зерновое сорго в кормлении лактирующих коров // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 7. С. 34-38. EDN: [YQZFHJ](#)
11. Наставления по использованию нетрадиционных кормов в рационах птицы: методические указания / Под ред. Фисинин В. И. Сергиев Посад. 2016. 58 с.
12. Сыркина Л. Ф. и др. Рекомендации по возделыванию зернового сорго в Самарской области // РАСХН, Поволжский НИИСХ им. П. Н. Константинова. 2010. С. 31.
13. Некрасов Р. В., Аникин А. С., Махаев Е. А. и др. Руководство по составлению рецептов комбикормов и балансирующих добавок для высокопродуктивных животных. Дубровицы. ФГБНУ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2017. 160 с. ISBN: 978-5-902483-46-5 EDN: [YWYUNJ](#)
14. Садыков М. М., Алиханов М. П., Алигазиева П. А. и др. Зоотехнические показатели чистопородного и помесного молодняка в равнинной провинции Дагестана // Зоотехния. 2021. № 9. С. 12-15. DOI: [10.25708/ZT.2021.73.48.003](#) EDN: [BMJBDR](#)
15. Садыков М. М., Алиханов М. П., Ибрапов М. Р. и др. Выращивание тёлочек калмыцкого мясного скота в предгорной зоне Дагестана // Горное сельское хозяйство. 2022. № 3. С. 52-58. DOI: [10.25691/GSH.2022.3.013](#) EDN: [QIBJXS](#)
16. Садыков М. М., Алиханов М. П., Симонов А. Г. и др. Использование казахской белоголовой породы для увеличения производства говядины в Дагестане // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 32-34. DOI: [10.33943/MMS.2020.85.73.006](#) EDN: [ZUJXXB](#)
17. Садыков М. М., Алиханов М. П., Симонов А. Г. и др. Мясные качества бычков калмыцкого скота в предгорной зоне Дагестана // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 34-37. DOI: [10.33943/MMS.2020.19.55.008](#) EDN: [HWZKHE](#)
18. Садыков М. М., Кебедова П. А., Чевтараев Р. М. и др. Продуктивность и воспроизводительная способность тёлочек разных генотипов // Перспективы развития отрасли и предприятий АПК: отечественный и международный опыт. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2020. С. 245-249. ID: 42783829 EDN: [OUYFGN](#)
19. Садыков М. М., Симонов Г. А. Эффективность выращивания бычков в горных условиях // Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 3 (15). С. 72-76. EDN: [EKFVSC](#)

20. Симонов Г. А., Маклахов А. В., Углин В. К., Никифоров В. Е. Инновационные технологии производства сельскохозяйственной продукции. Вологда, 2021. 168 с. EDN: [ZYOFRS](#)
21. Тяпугин Е. А. и др. Сбалансированность рационов и статус крови высокопродуктивных новотельных молочных коров // Тенденции развития молочного скотоводства в России, 2016. С. 64-69.
22. Тяпугин Е., Симонов Г., Гуляева М. Опыт выращивания ремонтных телок в хозяйствах Вологодской области // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 3. С. 2-4. EDN: [MICJMV](#)
23. Bryden W. L., Li X., Ravindran G., Hew L. I., Ravindran V. Ileal digestible amino acids values in feedstuffs for poultry. Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication 2009. No. 09 (71). 76 p.
24. Sang Y., Bean S., Seib P. A., Pedersen J., Shi Y-C. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. Journal Agricultural Food Chemistry. 2008. No. 56. Pp. 6680-6685.

References

1. Varakin, A. T., Stepurina, M. A., Simonov, G. A., Kosov, V. A., Khalizova, Z. N., & Varlamova, T. A. (2024). Use of different types of oilcake for milk production. *Efficient Animal Husbandry*, (5 (195)). 39-41. DOI: [10.24412/cl-33489-2024-5-39-41](#) EDN: [HOF-NAT](#) (in Russian).
2. Varakin, A. T., Epifanov, V. G., Zoteev, V. S. & [et al.]. (2021). Organic selenium and yeast probiotic in the diets of lactating sows. *Izvestiya Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: Science and higher professional education*. (64). 152-161. DOI: [10.32786/2071-9485-2021-04-16](#) EDN: [PDONWJ](#) (in Russian).
3. Varakin, N. A. & [et al.]. (2025). The use of cakes of various types in the cultivation of calves. *Izvestia of the Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: science and higher professional education*. 5 (83). 295-304. DOI: [10.32786/2071-9485-2025-05-33](#) EDN: [RAQDEF](#) (in Russian).
4. Zoteev, S. V., Nekrasov, R. V., Zoteev, V. S., & Sharymova, N. M. (2025). The effectiveness of using a high-protein supplement in feeding dairy calves. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10, 3. 52-58. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-52-58](#) EDN: [LGNCZT](#) (in Russian).
5. Zoteev, V. S., Antimonov, A. K., & Zoteev, S. V. (2019). Grain Sorghum in Feed for Fattening of Calves. *Innovative Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex*. 296-298. (in Russian).
6. Zoteev, S. V., Nekrasov, R. V., Zoteev, V. S., & Simonov, G. A. (2023). Starter compound feeds with ginger cake for calves. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 8. 2. 60-66. DOI: [10.55170/19973225_2023_8_2_60](#) EDN: [EZWNHI](#). (in Russian).
7. Zoteev, V. S., Matvienko, E. V., & Zoteev, S. V. (2023). The use of new varieties of grain sorghum selected by the Volga Research Institute of Agricultural Sciences named after V. A. Shishkin. MON Konstantinov for food and feed purposes. *International agricultural journal*, 66(2), 13. DOI: [10.55186/25876740_2023_7_2_13](#) EDN: [AWASKR](#) (in Russian).
8. Zoteev, V. S., Simonov, G. A., Antimonov, A. K. & [et al.]. (2019). Grain sorghum in compound feed concentrates for repair heifers. *Scientific support for the development of animal husbandry in the Russian Federation. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the VIZHN. Academician L.K. Ernst*. 196-200. (in Russian).
9. Zoteev, V. S., Simonov, G. A., Antimonov, A. K. & Zoteev, S. V. (2018). Grain sorghum in starter compound feeds for calves. *Fundamental and applied aspects of feeding farm animals*. 109-112. EDN: [XZFPZJ](#) (in Russian).
10. Zoteev, V. S., Simonov, G. A., Antimonov, A. K., Zoteev, S. V. & Pisarev, E. I. (2018). Grain sorghum in feeding lactating cows. *Dairy and beef cattle breeding*. 7. 34-38. EDN: [YQZFHN](#) (in Russian).
11. Guidelines for the use of non-traditional feeds in poultry diets. *Guidelines*. (2016). Edited by Fisinin V. I. Sergiev Posad. 58. (in Russian).
12. Syrkina L. F. & [et al.]. (2010). Recommendations on the cultivation of grain sorghum in the Samara region. *RAS, Volga Research Institute of Agriculture named after P. N. Konstantinov*. 31. (in Russian).
13. Nekrasov, R. V., Anikin, A. S., Makhaev, E. A. & [et al.]. (2017). Guidelines for the preparation of recipes for compound feeds and balancing additives for highly productive animals. Dubrovitsy. L.K. Ernst Moscow State Library of Physics and Technology. 160. ISBN: 978-5-902483-46-5 EDN: [YWYUNJ](#) (in Russian).
14. Sadykov, M. M., Alikhanov, M. P., Aligazieva, P. A. & [et al.]. (2021). Zootechnical indicators of purebred and mixed-breed young animals in the lowland province of Dagestan. *Zootechny*. 9. 12-15. DOI: [10.25708/ZT.2021.73.48.003](#) EDN: [BMJBDR](#) (in Russian).
15. Sadykov, M. M., Alikhanov, M. P., Israpov, M. R. & [et al.]. (2022). Cultivation of Kalmyk beef cattle heifers in the foothill zone of Dagestan. *Mountain agriculture*. 3. 52-58. DOI: [10.25691/GSH.2022.3.013](#) EDN: [QIBJXS](#) (in Russian).
16. Sadykov, M. M., Alikhanov, M. P., Simonov, A. G. & [et al.]. (2020). The use of the Kazakh white-headed breed to increase beef production in Dagestan. *Dairy and beef cattle breeding*. 6. 32-34. DOI: [10.33943/MMS.2020.85.73.006](#) EDN: [ZUJJXB](#) (in Russian).
17. Sadykov, M. M., Alikhanov, M. P., Simonov, A. G. & [et al.]. (2020). Meat qualities of Calico cattle calves in the foothill zone of Dagestan. *Dairy and beef cattle breeding*. 4. 34-37. DOI: [10.33943/MMS.2020.19.55.008](#) EDN: [HWZKHE](#) (in Russian).
18. Sadykov, M. M., Kebedova, P. A., Chev taraev, R. M. & [et al.]. (2020). Productivity and reproductive capacity of heifers of different genotypes. *Prospects for the development of the industry and agricultural enterprises: domestic and international experience. Collection of materials of the International scientific and practical Conference*. 245-249. ID: 42783829 EDN: [OUIYFGN](#) (in Russian).
19. Sadykov, M. M. & Simonov, G. A. (2022). The effectiveness of breeding gobies in mountainous conditions. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 3 (15). 72-76. EDN: [EKFVSC](#) (in Russian).

20. Simonov, G. A., Maklakhov, A. V., Uglin, V. K. & Nikiforov, V. E. (2021). Innovative technologies of agricultural production. Vologda. 168. EDN: [ZYOFRS](#) (in Russian).
21. Tyapugin, E. A. & [et al.]. (2016). Balanced diets and blood status of highly productive new-bodied dairy cows. *Trends in the development of dairy cattle breeding in Russia*. 64-69. (in Russian).
22. Tyapugin, E., Simonov, G. & Gulyaeva, M. (2010). The experience of rearing repair heifers in the Vologda region farms. *Dairy and beef cattle breeding*. 3. 2-4. EDN: [MICJMV](#) (in Russian).
23. Bryden, W. L., Li, X., Ravindran, G., Hew, L. I., & Ravindran, V. Ileal digestible amino acids values in feedstuffs for poultry. Ru-ral Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication 2009. No. 09 (71). 76 p.
24. Sang, Y., Bean, S., Seib, P. A., Pedersen, J., & Shi, Y-C. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 2008. No. 56. Pp. 6680-6685.

Информация об авторах:

Степан Владимирович Зотеев, кандидат сельскохозяйственных наук;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-8520-1738>, e-mail: stephan007@mail.ru

Роман Владимирович Некрасов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

ID: <http://orcid.org/0000-0003-4242-2239>, e-mail: nek_roman@mail.ru

Владимир Степанович Зотеев, доктор биологических наук, профессор;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-7853-4569>, e-mail: vladimir.zoteev@yandex.ru

Надежда Михайловна Шарымова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-9588-6312>, e-mail: sharymova@yandex.ru

Information about the author:

Stepan V. Zoteev, Candidate of Agricultural Sciences;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-8520-1738>, e-mail: stephan007@mail.ru

Roman V. Nekrasov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0003-4242-2239>, e-mail: nek_roman@mail.ru

Vladimir S. Zoteev, Doctor of Biological Sciences, Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-7853-4569>, e-mail: vladimir.zoteev@yandex.ru

Nadegda M. Sharymova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

ID: <http://orcid.org/0000-0002-9588-6312>, e-mail: sharymova@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта и интересов

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.05.2026; одобрена после рецензирования 23.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
The article was submitted 16.05.2026; approved after reviewing 23.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Научная статья

УДК: 636.52/58.034.087.7:612.017

<https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-93-98>

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС КУР-НЕСУШЕК НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Никулин В. Н.^{1✉}, Морозова В. В.²^{1,2} Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия.

Резюме. Актуальность исследований направленных на совершенствование путей повышения яичной продуктивности кур-несушек без снижения биологической ценности яиц обусловлена значительными экономическим потерям из-за снижения товарных качеств яиц при их реализации. Особо стоит выделить роль кальция для борьбы с дефектами яиц и повышения прочности скорлупы. В статье представлен сравнительный анализ результатов балансового опыта, гематологических показателей и биохимических тестов сыворотки крови кур-несушек кросса «Хайсекс Коричневый» на фоне применения минерально-витаминной кормовой добавки Кальцимин Орал. Организационно-методическая работа выполнялась на кафедре технологии производства и переработки продукции животноводства, а исследование биологического материала проводили в центре оценки и экспертизы ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ и лаборатории ФНЦ БСТ РАН с применением современных методик используемых в биологических науках. Птицам I, II и III опытных групп в состав питьевой воды включали минерально-витаминную добавку Кальцимин Орал из расчета 50, 100 и 150 мл/100л воды, соответственно. Органическое вещество лучше переваривалось во II опытной группе. Разница с контрольной I и III опытными группами составила 1,88%, 1,60% и 1,73%, соответственно. Доза исследуемого препарата из расчета 100 мл/100л воды явилась наиболее рациональной. Коэффициент использования кальция, и конверсия его в яйцо составили 67,58% и 45,84%, соответственно. Содержание эритроцитов в крови птиц контрольной группы составило $2,44 \pm 0,56 \cdot 10^{12}/л$, а максимальное значение - $2,66 \pm 0,61 \cdot 10^{12}/л$, зафиксировано во II опытной группе. По уровню лейкоцитов в крови кур-несушек было установлено их снижение у особей II опытной группы на 5,88%. Наивысшее содержание общего белка $53,40 \pm 3,54$ г/л зафиксирован во II опытной группе, что на 7,80% ($p < 0,01$) выше контроля. Улучшение физиолого-биохимических показателей доказывает способность кормовой добавки активизировать обменные процессы в организме кур в период яйцекладки. Это будет способствовать росту яйценоскости и улучшению товарных качеств яиц за счет повышения прочности скорлупы.

Ключевые слова: куры-несушки, Кальцимин Орал, переваримость, макроэлементы, кровь, гемопоэз, биохимия, белок

Для цитирования: Никулин В. Н., Морозова В. В. Физиолого-биохимический статус кур-несушек на фоне применения минерально-витаминной кормовой добавки // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 3. С. 93-98 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-93-98](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-93-98)

Original article

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STATUS OF LAYING HENS DURING THE USE OF A MINERAL AND VITAMIN FEED SUPPLEMENT

V. N. Nikulin^{1✉}, V. V. Morozova²^{1,2} Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

Abstract. The relevance of research aimed at improving methods for increasing egg production in laying hens without reducing the biological value of eggs is due to significant economic losses due to the reduced marketability of eggs during their sale. The role of calcium in combating egg defects and increasing shell strength is particularly noteworthy. This article presents a comparative analysis of the results of a balance experiment, hematological parameters, and biochemical tests of the blood serum of Hisex Brown laying hens treated with the mineral and vitamin feed supplement Calcimin Oral. Organizational and methodological work was carried out at the Department of Livestock Production and Processing Technology, and the biological material was analyzed at the Assessment and Expertise Center of the Orenburg State Agrarian University and the laboratories of the Federal Scientific Center for Biochemical Stimulation of the Russian Academy of Sciences using modern methods used in the biological sciences. Birds in experimental groups I, II, and III received the mineral and vitamin supplement Calcimin Oral in their drinking water at a rate of 50, 100, and 150 ml/100 l of water, respectively. Organic matter was better digested in experimental group II. The differences from the control in experimental groups I and III were 1.88%, 1.60%, and 1.73%, respectively. The dose of the test preparation at the rate of 100 ml/100 l of water was the most rational. The coefficient of calcium utilization and its conversion into eggs were 67.58% and 45.84%, respectively. The content of erythrocytes in the control group was $2.44 \pm 0.56 \cdot 10^{12} / l$, and the maximum value of $2.66 \pm 0.61 \cdot 10^{12} / l$ was recorded in the 2nd experimental group. According to the level of leukocytes in the blood of laying hens, it was found that they decreased in individuals of the 2nd experimental group by 5.88%. The highest content of total protein 53.40 ± 3.54 g / l was recorded in the 2nd experimental

group, which is 7.80% ($p < 0.01$) higher than the control. Improvement of physiological and biochemical parameters proves the ability of the feed additive to activate metabolic processes in the body of hens during the egg-laying period. This will promote increased egg production and improve the commercial quality of eggs by increasing shell strength.

Keywords: laying hens, Calcimin Oral, digestibility, macronutrients, blood, homopoiesis, biochemistry, protein

For citation: Nikulin, V. N., & Morozova, V. V. (2026). Physiological and biochemical status of laying hens with the use of a mineral and vitamin feed supplement. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 3, 93-98 DOI: [10.55170/1997-3225-2026-11-3-93-98](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-3-93-98) (in Russian).

Введение. Высокий продуктивный потенциал кур-несушек, разводимых в производственных условиях Российских предприятий, обусловлен высоким уровнем метаболических процессов, протекающих в их организме. В этих условиях интенсификация промышленного яичного птицеводства предъявляет жесткие требования к технологическим аспектам производства продукции, где особое значение придается организации полноценного питания кур [1-3]. Обеспечение продуктивной птицы необходимым комплексом постоянно присутствующих в организме веществ, поступающих с кормом и водой, является обязательным условием для реализации их потенциальных возможностей. Дефицит или снижение усвояемости отдельных элементов, содержащихся в корме нарушает нормальный ритм обменных процессов в организме, что оказывает отрицательное влияние на яйценоскость кур и снижает биологическую ценность яиц и их товарные характеристики [4-6]. До настоящего времени остается не решенным вопрос минерального питания кур в фазу интенсивной яйцекладки. При регулировании минерального обмена у кур-несушек в первую очередь обращают внимание на обеспеченность рационов кальцием, который является основополагающим макроэлементом в структуре минерального питания. Кальций необходим для образования костной ткани и формирования скорлупы яиц. Особо стоит выделить роль кальция для борьбы с дефектами яиц и повышения прочности скорлупы. При дефиците кальция или снижении его усвоения увеличивается процент яиц с поврежденной скорлупой (бой, насечка, деформированная скорлупа, яйцо без скорлупы и т.д.). Выявленные дефекты сопровождаются значительными экономическими потерями из-за снижения товарных качеств яиц при их реализации. Исторически сложилось в качестве кормовых источников кальция применять природный мел, известняк, ракушку [7-8]. В тоже время использование минеральных кормовых добавок промышленного производства, значительно повышает рентабельность производства пищевых яиц. Анализ литературных источников по применению различных доз препаратов и периодичности их использования имеет разноречивый характер. Ряд рекомендаций не имеет достаточного научного обоснования, а опирается на производственные показатели, которые имеют не стабильную динамику [9-12]. Это, очевидно связано с конкретными условиями отдельных предприятий, определяющими содержание и кормление птиц, что и послужило основанием для проведения наших исследований.

Цель исследований - совершенствование путей повышения яичной продуктивности кур-несушек без снижения биологической ценности и товарных качеств яиц при их реализации, за счет применения минерально-витаминной кормовой добавки Кальцимин Орал.

Задачи исследований - на данном этапе основная задача исследования состояла в сравнительном анализе результатов балансового опыта, гематологических показателей и биохимических тестов крови кур-несушек кросса «Хайсекс Коричневый». на фоне применения исследуемой кормовой добавки.

Материал и методы исследований. В период проведения научно-хозяйственного опыта в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» Оренбургского района Оренбургской области был проведен балансовый опыт на курах-несушках кросса «Хайсекс Коричневый», морфологические и биохимические исследования их крови. На начало проведения физиологического опыта возраст птиц составлял 50 недель. От контрольной и трех опытных групп было отобрано по 5 голов кур-несушек. Подопытные группы формировались методом пар-аналогов и размещались в индивидуальных клетках. Птицы были однородные по живой массе и отражали средние показатели по группе. В течение учетного периода кормление было организовано согласно схеме опыта. В этот период все куры получали стандартный комбикорм. Различия состояли лишь в том, что птицам I, II и III опытных групп в состав питьевой воды включали минерально-витаминную добавку Кальцимин Орал из расчета 50, 100 и 150 мл/100л воды, соответственно. Кормовой препарат представляет собой прозрачную жидкость без цвета, в 1 мл. которой содержится: кальций – 34,0 мг, магний – 2,5 мг, витамин D₃ – 2000 МЕ и вспомогательные вещества. Препарат не содержит генно-инженерно-модифицированных продуктов. Содержание вредных примесей не превышает норм, действующих в Российской Федерации. Для изучения химических превращений питательных веществ рационов использовался метод баланса веществ, состоявший в определении количества поступивших с комбикормом и количества продуктов, выделенных из организма с яйцами и пометом (калом и мочой). Условия содержания птицы во всех подопытных группах обеспечивали сопоставимость результатов

эксперимента и минимизировали влияние внешних факторов на полученные результаты. Организационно-методическая работа выполнялась на кафедре технологии производства и переработки продукции животноводства, а исследование всего биологического материала проводили в центре оценки и экспертизы ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ и лаборатории ФНЦ БСТ РАН с применением современных методик используемых в биологических науках.

Морфологические показатели крови птиц определяли на автоматическом гематологическом анализаторе P URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай) по таким параметрам как: количество эритроцитов (RBC), концентрация гемоглобина (HGB), количество лейкоцитов WBC. Биохимические показатели определяли в сыворотке крови на автоматическом анализаторе («DIRUI Industrial Co, Ltd», Китай) с коммерческими наборами для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия) по прилагаемым к ним инструкциям: Цифровой материал был обработан с использованием программного обеспечения «Statistica 10.0».

Результаты исследований. Опыт проводился на фоне использования комбикорма, применяемого на предприятии для данной возрастной группы птиц (от 40 до 60 недель). Следовательно, по уровню энергетической и протеиновой питательности, рационы кур всех подопытных групп были идентичны, что позволяло исключить влияние данных факторов при оценке результатов эксперимента. Согласно рецепту, комбикорм для кур состоял на 58,05% из пшеницы, 8,0% ячменя, 8,0% отрубей, 15,50% шрота подсолнечного, 5,0% шрота соевого, 2,0% масла подсолнечного. Для повышения биологической ценности рациона в состав комбикорма включался DL метионин – 0,06%, соль поваренная – 0,24%, монокальцийфосфат – 0,50%, известняковая мука – 9,20%, кормовая добавка Фитомет – 0,05% и премикс «Хайсекс Коричневый» – 1%. В 100 г комбикорма содержалось обменной энергии 256 ккал и сырого протеина 16,54%. Применение минерально-витаминной добавки Кальцимин Орал из расчета 50,100 и 150 мл/100 л воды, способствовало увеличению потребления корма на 1,54%, 2,6% и 2,0%, соответственно. Очевидно, под влиянием препарата активировались гидролитические ферменты, увеличивалась скорость гидролиза кормовых масс, усиливалась перистальтика кишечника и химус быстрее удалялся из пищеварительного тракта, что способствовало потреблению новых порций корма.

На основании полученных данных о химическом составе проб комбикорма потребленного курами, помёта (кал + моча), химического состава яйцемассы и скорлупы яиц были рассчитаны коэффициенты переваримости основных питательных веществ комбикорма (табл.1)

Таблица 1

Коэффициенты переваримости питательных веществ корма курами-несушками, % ($X \pm Sx$)

Показатель	контрольная	Группа		
		опытная		
		I	II	III
Сухое вещество	71,08 $\pm$ 3,25	71,92 $\pm$ 2,68	73,51 $\pm$ 3,03	72,22 $\pm$ 3,40
Органическое вещество	74,10 $\pm$ 4,12	74,38 $\pm$ 3,25	76,78 $\pm$ 4,88	74,25 $\pm$ 3,28
Сырой протеин	87,42 $\pm$ 3,94	88,81 $\pm$ 4,12	89,43 $\pm$ 4,41	88,63 $\pm$ 5,33
Сырой жир	95,01 $\pm$ 4,20	95,32 $\pm$ 3,44	95,58 $\pm$ 3,12	95,21 $\pm$ 4,26
Сырая клетчатка	18,60 $\pm$ 2,17	18,78 $\pm$ 2,41	18,95 $\pm$ 2,32	18,82 $\pm$ 2,48
БЭВ	69,01 $\pm$ 3,85	70,48 $\pm$ 3,73	72,45 $\pm$ 4,33	71,67 $\pm$ 4,08

Анализ полученных результатов показал, что дополнительное включение в рацион кур-несушек минеральных и биологически активных компонентов оказало определенное влияние на процесс пищеварения. Переваримость сухого вещества, потребленного курами контрольной группы корма составила 71,08%, что свидетельствует о достаточно высоком уровне первого этапа обмена веществ. Включение птице I опытной группы в состав воды минерально-витаминную добавку Кальцимин Орал в дозе 50 мл/100л воды не оказало существенное влияние на сумму переваренных питательных веществ. Увеличение составило 0,83%, что не является достоверным результатом. При увеличении дозы препарата до 100 мл/100л воды во II опытной группе сумма переваренных питательных веществ заметно увеличилась. Разница с контрольной группой составила 2,43% ($P \leq 0,05$), а по сравнению с I опытной группой разница была менее выражена (1,59%). Более высокая доза кормовой добавки в III опытной группе, из расчета 150 мл/100л воды, не оказала отрицательного влияния на переваримость сухого вещества. Результат был выше, чем в контрольной и I опытной группой на 1,14% и 0,3%, но ниже по сравнению с II опытной группой на 1,29%. Органическое вещество лучше переваривалось во II опытной группе. Разница с контрольной I и III опытными группами составила 1,88%, 1,60% и 1,73%, соответственно. Основным питательным веществом, определяющим интенсивность метаболических процессов и последующую продуктивность, является белок. Применение минерально-витаминной добавки в дозе 100 мл/100л воды во II опытной группе обеспечило наивысшее переваривание сырого протеина - 76,78%, что на 1,51%, 0,62%, и 0,80% выше, чем в контрольной, I и III опытных группах, соответственно. Самые высокие коэффициенты, от 95,01% до 95,58%, были определены по перевариванию сырого жира, хотя разница между группами была минимальной. Колебания показателя в подопытных группах составили от 0,20% до 0,57% в пользу птиц II опытной группы. Переваривание клетчатки у кур развито слабо,

они усваивают лишь незначительную часть (15-20%) углеводов, содержащих клетчатку. Она необходима для стимуляции работы мышечного желудка и перистальтики, однако её избышек (>4-5% в рационе) ухудшает усвоение других питательных веществ и общее состояние птицы. В наших исследованиях коэффициенты переваривания сырой клетчатки находились в пределах 18,60% - 18,95%. Однако сохранилась тенденция к повышению переваримости в группе, где доза препарата составляла 100 мл/100л воды. Количество переваренных безазотистых экстрактивных веществ (ВЭВ) было получено расчетным путем. Повторилась ранее выявленная закономерность, что наивысший коэффициент переваримости 72,45%, был также установлен во II опытной группе. Разница с контрольной, I и II опытными группами составляла 3,44% ($P \leq 0,05$), 1,97%, 0,78%, соответственно.

Следовательно, примененная нами минерально-витаминная добавка оказала стимулирующее действие на течение гидролитических процессов в пищеварительном тракте у кур-несушек.

У продуктивных птиц, к которым относятся куры-несушки, часть усвоенных питательных веществ откладывается в теле, а определенная часть выводится с яйцом в процессе яйцекладки. В наших исследованиях средняя масса яйца в опытных группах была выше контроля на 1,28%, 2,81% и 2,75%, соответственно. Также установлено, что в I, II и III опытных группах с яйцом было выведено протеина больше на 3,2%, 6,5% и 5,4% ($P \leq 0,05$), соответственно. Конверсия протеина в яйцо от усвоенного протеина в опытных группах была на 1- 2% выше, чем в контрольной. Более высокая степень усвоения протеина корма у кур-несушек опытных групп очевидно связана с активацией протеолитических ферментов кишечника за счет действия компонентов используемого препарата.

Нами установлено положительное влияние минерально-витаминной добавки Кальцимин Орал на первый этап обмена кальция у кур-несушек. В контрольной группе, в среднем на одну голову, кальция было принято с кормом 4,88 г, выделено с пометом 1,70 г, выделено с яйцом-2,19 г, усвоено 0,99 г, что составило 20,29% от принятого. Коэффициент использования макроэлемента составил 65,16%, а конверсия его в яйцо 44,88%. Анализируя результаты использования кальция опытных групп, мы пришли к заключению, что наибольший интерес представляет группа, получавшая препарат из расчета 100 мл/100л воды. Данные по этой группе, в среднем на одну курицу-несушку мы приводим полностью. Принято с кормом было 5,30 г, что на 8,6% больше, чем в контроле. В связи с большим потреблением кальция, на 1,7% увеличилось содержание элемента в помете, при общем содержании 1,72 г. В яйцо было выведено 2,43г кальция. Увеличение составило 10,9%, в том числе на 9,0% за счет увеличения массы скорлупы. Количество усвоенного кальция увеличилось с 0,91 г до 1,14 г, что свидетельствует о дефиците элемента в организме кур контрольной группы. Коэффициент использования кальция, и конверсия его в яйцо составили 67,58% и 45,84%, соответственно.

Перед началом яйцекладки у несушек происходит интенсивное создание запасов кальциевых солей в виде костного вещества в полостях трубчатых костей. Содержание кальция в крови во время кладки остается неизменным, так как куры-несушки способны извлекать ежедневно из корма 1,6-2 г кальция. Если же кальция в корме недостаточно, то половина необходимого для скорлупы яиц кальция может быть извлечена из костей несушки (при этом около 10% кальция костей несушки может быть израсходовано на скорлупу яиц).

После завершения балансового опыта и взятия крови для морфологических и биохимических исследований был проведен контрольный убой птиц. Были исследованы большеберцовые кости кур контрольной и опытных групп на содержание основных макроэлементов. Мы приводим наиболее сопоставимые результаты по контрольной и II опытной группе (табл. 2).

Таблица 2

Минеральный состав большеберцовой кости кур-несушек, % ($\bar{X} \pm S_x$)

Показатель	Группа	
	контрольная	II опытная
Сырая зола	45,82 $\pm$ 2,180	48,12 $\pm$ 2,234
Кальций	23,44 $\pm$ 0,856	25,28 $\pm$ 1,005
Фосфор	10,42 $\pm$ 0,511	10,75 $\pm$ 0,498

Исследования показали, что более высокое содержание сырой золы в костях птиц получавших Кальцимин Орал свидетельствует о положительном влиянии препарата на депонирование минеральных веществ в скелет. Разница с контролем составила 5,0% ($P \leq 0,05$), в пользу кур опытной группы. Это, в свою очередь, подтверждает то, что рацион птиц, получавших традиционный комбикорм, был дефицитен по наличию основных минеральных веществ. Применение препарата закономерно повлияло на накопление кальция и фосфора в большеберцовой кости кур. Уровень кальция был на 7,8% ($P \leq 0,05$), а фосфора на 3,2% выше показателей контрольных особей. Следовательно, примененная нами минерально-витаминная добавка оказала стимулирующее действие на ход межклеточного обмена.

Состав крови является наиболее лабильным показателем функционального состояния организма птиц [10]. Следовательно, изучение гематологических показателей является важным тестом для продуктивных птиц. Исследования, проведенные после завершения физиологического эксперимента, показали, что морфологические

показатели находились в пределах физиологической нормы. Однако в контрольной и опытных группах они различались. Большую часть форменных элементов крови птиц составляют эритроциты. Их содержание в контрольной группе составило $2,44 \pm 0,56 \cdot 10^{12}/л$, а максимальное значение $2,66 \pm 0,61 \cdot 10^{12}/л$, зафиксировано во II опытной группе. Разница составила 9,02% ($P \leq 0,05$). Увеличение уровня эритроцитов свидетельствует об усилении реакций процесса образования красных кровяных телец (эритропоэза). По содержанию гемоглобина статистически достоверных отличий между группами не выявлено, хотя тенденция к их увеличению в крови кур опытных групп наблюдалась. При анализе данных по уровню лейкоцитов в крови кур-несушек было установлено их снижение у особей II опытной группы на 5,88% ($32,71 \pm 4,25 \cdot 10^9/л$ против $30,82 \pm 3,98 \cdot 10^9/л$).

Анализ результатов гематологических показателей свидетельствует об увеличении интенсивности эритропоэза в опытных группах.

Для оценки влияния кормовой добавки на состояние белкового обмена было изучено содержание общего белка и его фракций в сыворотке крови кур. Анализ результатов опыта показал, что у птиц в опытных группах содержание общего белка в сыворотке крови превышало показатель контрольных кур. Наивысший показатель $53,40 \pm 3,54$ г/л зафиксирован во II опытной группе, что на 7,80% ($p < 0,01$) выше контроля. Различия между контрольной и опытными группами установлены и по содержанию белковых фракций. Содержание альбуминов в контрольной группе составило $24,23 \pm 2,13$ г/л, а во II опытной группе $26,44 \pm 1,86$ г/л. ($p < 0,05$). В фракцию α -глобулинов входят группа веществ, называемых белками острой фазы (α -1-глобулины), а также белки, выполняющие транспортную функцию – α -2-глобулины. Достоверных различий по данной фракции не установлено, хотя тенденция в пользу опытных групп прослеживалась. Процентное содержание β -глобулинов в сыворотке крови кур-несушек опытных групп, по сравнению с контролем было выше на 1,87-3,35%. Установлено и повышение уровня γ -глобулинов у птиц опытных групп по сравнению с особями контрольной группы. Разница составила от 3,67% до 6,56% ($p < 0,05$). Для характеристики обмена белка в организме животных предложен белковый индекс – отношение альбуминов к глобулинам (А / Г), который объективно отражает степень использования азота. Белковый индекс в сыворотке крови кур-несушек контрольной группы составлял 0,66 у.е., тогда как, максимальное значение данного показателя 0,73 у.е. зафиксировано у птиц II опытной группы. Следовательно, процессы биосинтеза белка протекали активней у кур-несушек опытных групп.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о определенной активизации метаболических процессов у кур-несушек опытных групп. Влияние препарата подтверждается тем, что условия содержания птицы во всех подопытных группах обеспечивали сопоставимость результатов эксперимента и минимизировали влияние внешних факторов на полученные результаты. Доза минерально-витаминной кормовой добавки Кальцимин Орал из расчета 100 мл/100 л воды явилась наиболее рациональной. Это подтверждается положительным влиянием исследуемого препарата на процессы пищеварения и усвоения питательных компонентов комбикорма, а также улучшении морфологических и биохимических показателей крови в опытных группах кур-несушек относительно контрольной группы. Улучшение физиолого-биохимических показателей доказывает способность кормовой добавки активизировать обменные процессы в организме кур в период яйцекладки. Это будет способствовать росту яйценоскости и улучшению товарных качеств яиц за счет повышения прочности скорлупы.

Список источников

1. Фисинин В. И. Тренд динамического развития мирового и российского птицеводства // Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства. СПб.: ООО «Медиа-папир», 2023. С. 7-13. EDN: [COBQYR](#)
2. Буюров А. В., Бузов В. С. Функционирование и развитие рынка яиц и мяса птицы в контексте обеспечения продовольственной безопасности // Вестник аграрной науки. 2021 № 6 (93). С.95-108. DOI: [10.17238/issn2587-666X.2021.6.95](#) EDN: [QVFFLS](#)
3. Никулин В. Н., Скичко Е. Р. Реализация биологического потенциала кур-несушек при использовании лактосодержащего препарата и соли йода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 230-234. EDN: [BANNYN](#)
4. Скичко Е. Р., Никулин В. Н. Эффективность применения пробиотика и соли йода в промышленном птицеводстве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 265-267. EDN: [NNIEES](#)
5. Максимов М. И., Лысов В. Ф. Основы физиологии и этологии животных. 4-е изд. СПб. : Лань, 2025. 504с. ISBN: 5-9532-0146-X EDN: [QKMUUB](#)
6. Измайлович И. Б., Садомов Н. А. Эссенциальные нутриенты – поддержка высокой функциональной активности организма кур-несушек // Актуальные проблемы интенсивного. 2024. 27-2. 187-195. EDN: [GCQHUF](#)
7. Никулин В. Н., Бабичева И. А., Вершинина Р. В., Дубровина А. О. Особенности азотистого и минерального обмена у кур под действием пробиотика и соли йода. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2023 2023. №. 1 (99). С. 352-358. DOI: [10.37670/2073-0853-2023-99-1-352-358](#) EDN: [VVTKRY](#)
8. Багно О. А., Федоров Ю. Н., Шевченко С. А., Шевченко А. И., Петрученко А. И. Яичная продуктивность сельскохозяйственной птицы при скормливании различных доз органической формы селена и йода. *Аграрный вестник Верхневолжья*, 2018, (3), 70-76. EDN: [YCKAMX](#)

9. Суханова С. Ф., Азаубаева Г. С., Кузнецов А. П., Махалов А. Г. Гематология сельскохозяйственной птицы, 2017. 404 с. ISBN: 978-5-91596-118-9 EDN: [XQFPIT](#)
10. Коткова Т. В. Динамика красных и белых клеток в крови кур-несушек при использовании препаратов йода, селена и лактоамиловорина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №1(63). С. 218-219. EDN: [YFNIDL](#)
11. Никулин В. Н., Ежова О. Ю. Хакимова С. А. Морфобиохимические показатели крови кур-несушек при применении йодсодержащей добавки и пробиотика // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 3. С. 78-83. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-78-83](#) EDN: [XDGUBM](#)
12. Никулин В. Н., Мустафина А. С. Биологическое действие наночастиц оксида кремния на организм цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 10, № 2. С. 64-71. EDN: [SQWOOL](#)

References

1. Fisinin, V. I. (2023). Dynamic development trend in global and Russian poultry farming. *Modern scientific developments and advanced technologies for industrial poultry farming*. St. Petersburg: OOO Media-papir, 2023. pp. 7-13. EDN: [COBQYR](#) (in Russian).
2. Buyarov, A. V., & Burov, V. S. (2021). Functioning and development of the egg and poultry meat market in the context of food security. *Bulletin of agricultural science*. 6 (93). 95-108. DOI: [10.17238/issn2587-666X.2021.6.95](#) EDN: [QVFFLS](#) (in Russian).
3. Nikulin, V. N., & Skitsko, E. R. (2020). Realization of the biological potential of laying hens using a lacto-containing preparation and iodine salts. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 5 (85). 230-234. EDN: [BANNYN](#) (in Russian).
4. Skitsko, E. R., & Nikulin, V. N. (2019). Efficiency of using a probiotic and iodine salts in industrial poultry farming. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 5 (79). 265-267. EDN: [NNIEES](#) (in Russian).
5. Maksimov, M. I., & Lysov, V. F. (2025). *Fundamentals of Animal Physiology and Ethology*. 4th ed. St. Petersburg: Lan, 504. ISBN: 5-9532-0146-X EDN: [QKMUUB](#) (in Russian).
6. Izmailovich, I. B., & Sodomov, N. A. (2024). Essential nutrients - maintaining high functional activity of the laying hens' organism. *Actual problems of intensive*. 27-2. 187-195. EDN: [GCQHFU](#) (in Russian).
7. Nikulin, V. N., Babicheva, I. A., Vershinina, R. V., & Dubrovina, A. O. (2023). Features of nitrogenous and mineral metabolism in chickens under the influence of a probiotic and iodine salt. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*, (1 (99)), 352-358. DOI: [10.37670/2073-0853-2023-99-1-352-358](#) EDN: [VVTKRY](#) (in Russian).
8. Bagno, O. A., Fedorov, Yu. N., Shevchenko, S. A., Shevchenko, A. I., & Petruchenko, A. I. (2018). Egg productivity of farm poultry when fed different doses of organic selenium and iodine. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*, (3), 70-76. EDN: [YCKAMX](#) (in Russian).
9. Sukhanova, S. F., Azaubaeva, G. S., Kuznetsov, A. P., & Makhalov, A. G. (2017). Hematology of Agricultural Poultry. 404. EDN: [XQFPIT](#) (in Russian).
10. Kotkova, T. V. (2017). Dynamics of red and white cells in the blood of laying hens when using iodine, selenium, and lactoamilovalorin preparations. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 1(63). 218-219. EDN: [YFNIDL](#) (in Russian).
11. Nikulin, V. N., Ezhova, O. Yu., & Khakimova, S. A. (2025). Morpho-biochemical parameters of laying hens' blood when using an iodine-containing supplement and a probiotic. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10. 3. 78-83. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-78-83](#) EDN: [XDGUBM](#) (in Russian).
12. Nikulin, V. N., & Mustafina, A. S. (2020). Biological effect of silicon oxide nanoparticles on the body of broiler chickens *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10. 2. 64-71. EDN: [SQWOOL](#) (in Russian).

Информация об авторах:

Владимир Николаевич Никулин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
<https://orcid.org/0000-0002-4693-1439>; e-mail: nikwlad@mail.ru,

Виктория Валерьевна Морозова, аспирант,
<https://orcid.org/0009-0006-7717-8183>, e-mail: vikulya-morozova-94@inbox.ru,

Information about the authors:

Vladimir N. Nikulin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
<https://orcid.org/0000-0002-4693-1439>; e-mail: nikwlad@mail.ru,

Victoria V. Morozova, Postgraduate Student;
<https://orcid.org/0009-0006-7717-8183>, e-mail: vikulya-morozova-94@inbox.ru,

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.04.2026; одобрена после рецензирования 25.06.2026; принята к публикации 30.06.2026.
 The article was submitted 27.04.2026; approved after reviewing 25.06.2026; accepted for publication 30.06.2026.

Самарский государственный аграрный университет предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии». Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

К публикации в журнале принимаются оригинальные, не опубликованные ранее основные научные результаты по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (биологические науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки),
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки),
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Правила оформления статей

Статьи представляются на русском языке в электронном виде в редакцию на электронную почту журнала ssaariz@mail.ru либо загружаются в личном кабинете автора на платформе научных журналов «Эко-вектор» – <https://bulletin.ssaa.ru>. Текст статьи набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы: поля: 2 см со всех сторон; размер бумаги A4; стиль обычный; шрифт – Arial Narrow; размер шрифта основного текста – 12 пт, в таблицах – 10 пт; межстрочный интервал – полуторный (в таблицах – одинарный); расстановка переносов – автоматическая; абзацный отступ – 1,25 см.

До основного текста статьи приводят следующие элементы издательского оформления (затем повторяют на английском языке): тип статьи; индекс УДК; заглавие; основные сведения об авторах (имя, отчество, фамилия, наименование организации, где работает или учится автор, адрес организации, электронный адрес автора, открытый идентификатор учёного (ORCID); **резюме** (необходимо осветить цель, методы, результаты с приведением количественных данных, чётко сформулировать выводы, объем – 200-250 слов), 5-7 ключевых слов (словосочетаний). Имена авторов приводят в транслитерированной форме на латинице по ГОСТ 7.79 или в той форме, в какой её установил автор.

Основной текст публикуемого материала должен быть изложен ясно, лаконично. В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить *цель исследования, задачи, материалы и методы исследований*, в конце статьи – *результаты исследований* с указанием их прикладного характера, *заключение*.

Объем рукописи (без учёта аффилиации авторов, резюме и списка источников) – 10-15 тысяч знаков с пробелами (8-15 страниц), включая таблицы и рисунки; таблицы должны иметь тематический заголовок, сложные рисунки – сгруппированы. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы оформляются в редакторе формул MathType, в тексте статьи размещаются по центру. Списки нумеруются и маркируются вручную (во избежание утраты форматирования при вёрстке). Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком; заголовок – 10-12 слов.

В **список источников** включаются записи только тех ресурсов, которые цитируются в основном тексте статьи. Необходимо строго соблюдать принятые нормы оформления библиографической ссылки согласно ГОСТ Р 7.0.5. Список источников на английском языке (References) оформляется согласно требованиям APA (American Psychological Association). Ссылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки; библиографические записи в списке источников нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи; количество источников – не менее 10; самоцитирование – не более 25 %. Следует придерживаться следующих рекомендаций:

- выносить в список источников только рейтинговые научные издания ВАК, RSCI, ядро РИНЦ, не старше 5-7 лет, на все остальные источники лучше сослаться в круглых скобках.
- приводить ссылки на DOI и EDN тех статей, у которых они есть;
- по возможности не цитировать малодоступную литературу (депонированные и прочие рукописи, сборники конференций и т.п.);
- ГОСТы приводятся в тексте статьи с полными номерами, но не входят в список литературы;
- не приводить ссылки на учебники и учебные пособия.

После основного текста статьи размещают (затем повторяют на английском языке) дополнительные сведения об авторах (учёные звания, учёные степени, ORCID и другие идентификационные номера авторов), сведения о вкладе каждого автора, указание об отсутствии или наличии конфликта интересов, и детализация такого конфликта в случае его наличия.

Использование технологий искусственного интеллекта. Генеративный ИИ и технологии с поддержкой ИИ могут использоваться при подготовке рукописи для улучшения языковых аспектов, таких как грамматика, синтаксис и орфография. В этом случае авторы не обязаны указывать на это. В других случаях авторы должны декларировать использование генеративных ИИ-технологий (включая инструменты ChatGPT) в разделе «Материалы и методы» при подаче рукописи. Возможная следующая формулировка: «В процессе подготовки данной статьи был использован [название инструмента/сервиса] для [причина]. После использования этого [инструмента/сервиса] содержание было проверено и отредактировано, авторы берут на себя полную ответственность за содержание опубликованной статьи». Это означает, что использование технологий ИИ должно сопровождаться контролем и надзором человека. Авторы должны тщательно проверять и редактировать результат, так как созданный ИИ текст может быть неверным или предвзятым. Только авторы должны нести ответственность за окончательный текст рукописи, поданной в Журнал, независимо от того, какие программы на основе искусственного интеллекта использовались и в какой степени. Авторы несут полную ответственность и подотчетность за содержание своей работы. Если рукопись включает изображения, созданные с помощью генеративного ИИ или инструментов с поддержкой ИИ, авторы должны раскрыть эту информацию в разделе «Материалы и методы», предоставляя подробное описание того, когда и как были использованы инструменты. Более того, авторы также должны подтвердить наличие всех необходимых прав на использование таких материалов. Авторство рукописи должно быть приписано исключительно людям. ИИ и технологии с поддержкой ИИ не могут быть указаны в качестве авторов или соавторов из-за своей неспособности соответствовать критериям авторства: они не могут нести ответственность за работу, давать согласие на публикацию, управлять авторскими правами или участвовать в вопросах, связанных с конфликтами интересов.

В конце документа необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.

Все поступившие рукописи проверяются на корректность заимствований, оригинальность должна быть не ниже 80 %.

Каждая статья, поступившая на рассмотрение в журнал «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», направляется на рецензирование. Рецензирование статей – двухстороннее слепое (анонимное). Для повышения качества рецензирования главный редактор может отправлять рецензию другим рецензентам, не открывая при этом их имен. Возвращение рукописи статьи на доработку не означает, что статья принята к публикации. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Копии рецензий могут быть предоставлены по запросу в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Рукопись, оформленная с нарушением настоящих Правил, будет возвращена Автору без рассмотрения, по существу.

