

Тихончук П. В., председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Селихова О. А., заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Овчинникова О. Ф., ответственный секретарь, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Редакционный совет:
Асеева Т. А., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБУН ХФИЦ ДВО РАН – Дальневосточный НИИСХ, г. Хабаровск;
Белко А. А., канд. вет. наук, доцент, проректор по научной работе УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Владимиров Л. Н., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Заслуженный деятель науки РФ и Республики Саха (Якутия), Президент Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск;
Друзьянова В. П., д-р техн. наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск;
Емельянов А. Н., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Клыков А. Г., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Комин А. Э., канд. с.-х. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск;
Ли Хунцэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., Хэйлунцзянская академия сельскохозяйственных наук, Китайская Народная Республика;
Остякова М. Е., д-р биол. наук, доцент, директор ФГБНУ ДальЗНИВИ, г. Благовещенск;
Синеговская В. Т., д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ФГБУН ХФИЦ ДВО РАН – Дальневосточный НИИСХ, г. Хабаровск;
Тихонов С. Л., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», г. Екатеринбург;
Хамагаева И. С., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ;
Хан Тианфу, д-р наук (PhD), профессор, иностранный член РАН, Китайская академия сельскохозяйственных наук, Институт растениеводства, Китайская Народная Республика;
Чабаев М. Г., д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область
Редакционная коллегия:
Громов И. Н., д-р вет. наук, профессор, зав. кафедрой, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Захарова Е. Б., д-р с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Ключникова Н. Ф., д-р с.-х. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБУН ХФИЦ ДВО РАН – Дальневосточный НИИСХ, г. Хабаровск;
Кухаренко Н. С., д-р вет. наук, профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Миллер Т. В., канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск;
Решетник Е. И., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ;
Труш Н. В., д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Туаева Е. В., д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область;
Шарвадзе Р. Л., д-р с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Шишлов С. А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск;
Щитов С. В., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск

Учредитель и издатель –
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)
Адрес учредителя и издателя –
675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Запись о регистрации ПИ № ФС 77-78057 27.03.2020
Подписной индекс в Объединенном каталоге «ПРЕССА РОССИИ» **94054 (полугодовая);**
Онлайн подписка: <https://www.pressa-ru/cat/1/edition/194054/>
Журнал представлен в системе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)
Распоряжением Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации от 1 декабря 2015 года журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (письмо ВАК №13-6518 от 01.12.2015 г.)
(в Перечне ВАК под № 1126 по состоянию на 15.09.2026)
Адрес редакции:
675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86, уч. корп. 1, каб. 315
Тел. (4162) 995147
Тел./факс (4162) 995127
www.vestnik.dalgau.ru
e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL Scientific and Practical Journal Issued since 2007. Issued quarterly	Vol. 20. No. 3 July – September 2026
<i>P. V. Tikhonchuk</i>, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk <i>O. A. Selikhova</i>, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk <i>O. F. Ovchinnikova</i>, Executive Secretary, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk Editorial Council: <i>T. A. Aseeva</i>, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk; <i>A. A. Belko</i>, Cand. Veterinar. Sci., Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; <i>L. N. Vladimirov</i>, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk; <i>V. P. Druzyanova</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk; <i>A. N. Emelyanov</i>, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk; <i>A. G. Klykov</i>, Dr. Biol. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk; <i>A. E. Komin</i>, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; <i>Li Hongpeng</i>, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China; <i>M. E. Ostyakova</i>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk; <i>V.T. Sinegovskaya</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia, Chief Researcher of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk; <i>S. L. Tikhonov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg; <i>I. S. Khamagaeva</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude; <i>Tianfu Han</i>, PhD, Professor, Foreign member of the Russian Academy of Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China; <i>M. G. Chabaev</i> – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region Editorial Board: <i>I. N. Gromov</i>, Dr. Veterinar. Sci., Professor, Head of the Department, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; <i>E. B. Zakharova</i>, Dr. Agr. Sci., Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>N. F. Klyuchnikova</i>, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk; <i>N. S. Kukhareenko</i>, Dr. Veterinar. Sci., Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>T. V. Miller</i>, Cand. Biol. Sci., Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>A. A. Ovchinnikov</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department, South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk; <i>E. I. Reshetnik</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>R. B. Temiraev</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department, Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz; <i>N. V. Trush</i>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>E. V. Tuaeava</i>, Dr. Agr. Sci., Leading Researcher, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region; <i>R. L. Sharvadze</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; <i>S. A. Shishlov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; <i>S. V. Shchitov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk	Founder and Publisher – Far Eastern State Agrarian University Founder and Publisher Address: 675005, g. Blagoveshchensk, Amur Region, street Polytechnik, 86. Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor) Registration record ПН № ФЦ 77-78057 dated March 27, 2020 Subscription Indices in the Catalogue "PRESS OF RUSSIA" 94054 (semi-annual); Online subscription: https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/94054/ The Journal is presented in the system of Russian Science Citation Index (RSCI) and on the platform of Scientific Electronic Library www.elibrary.ru By order of the Higher Attestation Commission (HAC) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated December 01, 2015: The Journal has been included in the List of Reviewed Scientific Editions, which shall publish the main findings of theses: Ph.D. thesis; doctoral thesis (HAC's Letter No. 13-6518 from 01.12.2015) (In the HAC List No. 1126 for September 15, 2026) Editorial office address: 86, Politekhnikeskaya Str., Bldg. 1, Rm. 315 Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Tel. (4162) 995147 Tel./fax (4162) 995127 www.vestnik.dalgau.ru e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru
Format 60×90/8. Edition 600 copies. Order 201. Signing date 21.09.2026. Publication date 30.09.2026. Free price. Far Eastern State Agrarian University: 86, Politekhnikeskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Printing house address: 86, Politekhnikeskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)	

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ.....	5
<i>Денисов К. Е., Синдюкова В. А.</i> Обоснование химических мер борьбы с сорной растительностью в посевах льна масличного в условиях Нижнего Поволжья	5
<i>Дубков А. А., Кушаева Е. Ж., Панюта Н. С., Тимошинов Р. В., Клыков А. Г.</i> Влияние агротехнических приемов на продуктивность и качество семян сои в условиях муссонного климата Приморского края	14
<i>Катрушенко А. А., Тимкин П. Д., Пензин А. А., Галиченко А. П.</i> Генотипирование генов <i>E1–E4</i> сортов сои с использованием аллель-специфичных маркеров: апробация мультиплексной ПЦР для локусов <i>E3</i> и <i>E4</i>	26
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ	38
<i>Атавина О. В.</i> Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови у цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты.....	38
<i>Зуев Н. П., Лопатин В. Т., Шутиков В. А.</i> Сравнительная оценка эффективности схем фармакокоррекции первичных и постинфекционных нефрозов у свиней крупной белой породы.....	44
<i>Лефлер Т. Ф., Конев П. П.</i> Применение углеводного пребиотического корма в кормлении ремонтного молодняка крупного рогатого скота	48
<i>Матросова Ю. В., Овчинников А. А., Бабич Е. А., Швецова Т. В.</i> Влияние кормовых добавок на переваримость питательных веществ рациона телят.....	57
<i>Мурадян Е. А., Ревякин А. О., Сычёва И. Н.</i> Влияние стресса на ферментную активность гидролаз в крови и на уровне энтеральной среды тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9	66
<i>Побережец Е. П., Пудовкин Н. А., Стрельцова А. С.</i> Ретроспективный анализ распространенности болезней печени у собак (на примере г. Астрахань)	76
<i>Сахаров А. В., Ушкова В. Е., Макеев А. А.</i> Влияние антиоксиданта ТФ-15 на структурно-функциональную характеристику опорно-двигательного аппарата лабораторных животных при экспериментальном ревматоидном артрите	83
<i>Цис Е. Ю., Дуборезов В. М.</i> Эффективность кормления первотелок при разных способах их содержания	92
<i>Ягудин П. П., Степанов А. В.</i> Биохимические показатели крови лактирующих коров голштинской породы при скармливании бетулина и его комбинации с «AL KARAL» ...	101
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	111
<i>Герасимова Н. С., Козулина Н. С., Янова М. А., Нешумаева Н. А., Бобровский А. В.</i> Влияние семян чиа на органолептические показатели и пищевую ценность пшеничного багета.....	111
<i>Литвяк В. В., Воронина М. С., Симаков Е. А., Игнатова Д. Ф., Журавлев М. В., Кандроков Р. Х.</i> Технология производства гарнирного картофеля быстрозамороженного с математическим обоснованием показателей пищевой ценности.....	123
ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....	133

CONTENTS

AGRONOMY	5
<i>Denisov K. E., Sindjukova V. A.</i> Justification of chemical measures for weed control in oil flax crops in the Lower Volga region	5
<i>Dubkov A. A., Kushaeva E. Zh., Panyuta N. S., Timoshinov R. V., Klykov A. G.</i> The impact of agronomic practices on the productivity and quality of soybean seeds in the monsoon climate of the Primorsky krai.	14
<i>Katrushenko A. A., Timkin P. D., Penzin A. A., Galichenko A. P.</i> Genotyping of soybean <i>E1–E4</i> genes using allele-specific markers: validation of multiplex PCR for the <i>E3</i> and <i>E4</i> loci	26
ANIMAL BREEDING AND VETERINARY	38
<i>Atavina O. V.</i> Alkaline phosphatase content in blood serum of broiler chickens with the use of para-aminobenzoic acid	38
<i>Zuev N. P., Lopatin V. T., Shutikov V. A.</i> Comparative evaluation of the effectiveness of pharmacocorrection schemes for primary and postinfectious nephrosis in large white breed pigs	44
<i>Lefler T. F., Konev P. P.</i> The use of carbohydrate feed in feeding repair young cattle	48
<i>Matrosova Yu. V., Ovchinnikov A. A., Babich E. A., Shvetsova T. V.</i> Effect of feed additives on the digestibility of nutrients in calf diets	57
<i>Muradyan E. A., Revyakin A. O., Sycheva I. N.</i> The effect of stress on the enzymatic activity of hydrolases in the blood and at the level of the enteral environment of the small intestine in broiler chickens of the Smena-9 cross	66
<i>Poberezhets E. P., Pudovkin N. A., Streltsova A. S.</i> A retrospective analysis of the prevalence of liver diseases in dogs (on the example of Astrakhan)	76
<i>Sakharov A. V., Ushkova V. E., Makeev A. A.</i> The effect of the antioxidant TF-15 on the structural and functional characteristics of the musculoskeletal system in laboratory animals with experimental rheumatoid arthritis	83
<i>Tsis E. Yu., Duborezov V. M.</i> Efficiency of feeding first-calf heifers in different cattle-keeping systems	92
<i>Yagudin P. P., Stepanov A. V.</i> Biochemical blood parameters of lactating Holstein cows fed betulin and its combination with "AL KARAL"	101
AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	111
<i>Gerasimova N. S., Kozulina N. S., Yanova M. A., Neshumaeva N. A., Bobrovsky A. V.</i> Organoleptic evaluation and nutritional value of wheat baguette using chia seeds	111
<i>Litvyak V. V., Voronina M. S., Simakov E. A., Ignatova D. F., Zhuravlev M. V., Kandrov R. Kh.</i> Technology of production of quick-frozen side dish potatoes with mathematical substantiation of nutritional value indicators	123
THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL	133

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.521.4:632.51

EDN RXBYCB

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-5-13>

**Обоснование химических мер борьбы с сорной растительностью
в посевах льна масличного в условиях Нижнего Поволжья**

Константин Евгеньевич Денисов¹, Виктория Александровна Синдюкова²

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратовская область, Саратов, Россия, nir@vavilovsar.ru

Аннотация. Выбор темы исследований обусловлен необходимостью совершенствования технологии возделывания льна масличного в условиях Нижнего Поволжья, где культура характеризуется низкой конкурентоспособностью к сорной растительности. Целью работы являлась оценка биологической эффективности различных гербицидов, а также влияния регулятора роста «Альбит» на продуктивность и сбор масла льна масличного сорта Итиль. Результаты показали, что наибольшая биологическая эффективность (96,5 %) достигнута на варианте с применением гербицидов Торнадо + Алсион + Граминион совместно с регулятором роста «Альбит» в дозе 0,1 л/га; максимальные урожайность и сбор масла зафиксированы на этом же варианте и составили 1,27 и 0,47 т/га соответственно.

Ключевые слова: лен масличный, гербициды, регулятор роста, биологическая эффективность, урожайность, сбор масла

Для цитирования: Денисов К. Е., Синдюкова В. А. Обоснование химических мер борьбы с сорной растительностью в посевах льна масличного в условиях Нижнего Поволжья // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 5–13. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-5-13>.

Original article

**Justification of chemical measures for weed control
in oil flax crops in the Lower Volga region**

Konstantin E. Denisov¹, Victoria A. Sindjukova²

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov region, Saratov, Russian Federation, nir@vavilovsar.ru

Abstract. The study aims to improve oil flax cultivation technology in the Lower Volga region, where the crop is characterized by low competitiveness with weeds. The purpose of the study was to evaluate the biological effectiveness of various herbicides, as well as the effect of the growth regulator "Albit", on the productivity and oil yield of the Itil oil flax variety. Results showed that the highest biological effectiveness (96.5%) was after application of three herbicides Tornado + Alsion + Graminon combined with the growth regulator "Albit" at a dose of 0.1 l/ha. The maximum yield was also after application of these herbicides, amounting to 1.27 t/ha. Oil yield was also highest with this combination of agrochemicals, amounting to 0.47 t/ha.

Keywords: oil flax, herbicides, growth regulator, biological effectiveness, yield, oil yield

For citation: Denisov K. E., Sindjukova V. A. Justification of chemical measures for weed control in oil flax crops in the Lower Volga region. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:5–13. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-5-13>.

Введение. В современном мире одной из актуальных задач сельского хозяйства является повышение эффективности технологий производства, их совершенствование, минимизация затрат, улучшение качества конечной продукции. С каждым годом российский агропромышленный комплекс укрупняется, занимая лидирующие позиции в мире в важнейших показателях. Безусловно, необходимо комплексное его развитие, позволяющее стимулировать не только отрасли-лидеры, но стремиться внедрить новые технологии как в инновационные, так и классические сферы деятельности.

Одной из сложившихся, но требующих значительного внимания является отрасль возделывания масличных культур, в которой особое место занимает лен. Основной продукт отрасли (льняное масло) высоко ценится из-за своих полезных свойств. Продукция льна используется во многих отраслях: медицина, животноводство, пищевая промышленность. Лен масличный далеко не новая для сельского хозяйства культура, но с каждым годом все новые и новые задачи встают перед земледельцем в процессе его возделывания. Эта тенденция требует развития инновационных методик и техник возделывания и обработки данной культуры [1].

Несмотря на устоявшиеся факты, возделывание льна масличного в степной зоне Саратовской области при условии применения правильной агротехники экономически выгодно. Однако в данный момент площади его посева в регионе незначительны, что сдерживается отсутствием рекомендаций по технологии его возделывания и новых методологий. В этой связи разработка основных технологических приемов возделывания этой ценной масличной культуры в конкретных почвенно-климатических условиях является весьма актуальной, что и положено в основу исследований.

Лен масличный, ввиду медленного роста, особенно в начальный период вегетации, и слабо развитого листового аппарата относится к группе растений со слабой конкурентоспособностью по отношению к сорнякам. Поэтому на засоренность посевов и меры борьбы с сорно-полевой растительностью следует обращать большое внимание [2–4].

Для успешной борьбы с сорняками в посевах льна масличного необходимо знать видовой состав сорных растений на поле и подобрать наиболее эффективные гербициды для каждой зоны [5, 6].

Целью исследований явилось совершенствование элементов технологии возделывания льна масличного для повышения адаптации растений к неблагоприятным почвенно-климатическим факторам, увеличения урожайности и повышения качества семян на черноземной почве в условиях Нижнего Поволжья. Для достижения поставленной цели нами решены следующие задачи:

- изучить качество семян льна масличного при использовании регулятора роста на фоне различных гербицидов;
- оценить засоренность посевов льна масличного при применении гербицидов и регулятора роста;
- определить урожайность льна масличного в зависимости от применения гербицидов и регулятора роста.

Методы и материалы исследований. Для изучения эффективности различных гербицидов и влияния регулятора роста на уменьшение стрессовой ситуации при использовании гербицидов в посевах льна масличного был заложен полевой опыт по следующей схеме:

Фактор А – некорневая подкормка:

А1. Контроль (обработка водой).

А2. Альбит 0,01 л/га.

Фактор В – гербициды:

В1. Контроль (без обработки гербицидами).

В2. Граминион 0,6 л/га.

В3. Алсион 0,025 л/га.

В4. Граминион 0,6 л/га + Алсион 25 г/га.

В5. Торнадо 1,3 л/га.

В6. Торнадо 1,3 л/га + Граминион 0,6 л/га.

В7. Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га.

В8. Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га.

Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок рандомизированное. Площадь делянки первого порядка 560 м², площадь делянки второго порядка 70 м², учетная площадь 50 м².

Использован сорт льна масличного Итиль. Обработка посевов проводилась однократно в фазу «ёлочки» ранцевым опрыскивателем. Норма высева составила 5 млн. всхожих семян на 1 га.

Полевой опыт сопровождался наблюдениями и исследованиями в соответствии с общепринятыми методиками [7].

В процессе исследований велись следующие наблюдения:

– учет засоренности посевов в опытах осуществляли количественно-весовым методом в фазе всходов и перед уборкой, в том числе устанавливался ботанический состав сорной растительности;

– масличность определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 10857–64 «Семена масличные. Метод определения масличности»;

– учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с приведением к стандартной влажности (11 %).

Для определения биологической эффективности препаратов использовали формулу (1):

$$C = 100 (A - B) / A$$

где C – процент смертности особей вредного объекта;

A – средняя численность особей до обработки;

B – средняя численность особей после обработки.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием методики Б. А. Доспехова [8].

Результаты исследований и их обсуждение. В современном земледелии, особенно в технологии возделывания масличных культур, засоренность посевов остается одним из главных лимитирующих факторов продуктивности. Сорные растения обладают высокой конкурентной способностью и активно конкурируют с культурой за элементы питания, влагу и свет, а в начальные фазы вегетации способны значительно угнетать рост и развитие льна масличного, который характеризуется низкой конкурентоспособностью по отношению к сорной растительности. Скорость роста и развития сорняков часто

опережает темпы роста культурных растений, что особенно опасно в период всходов и в фазу «ёлочки», когда лен наиболее уязвим. В этой связи важнейшим элементом системы защиты посевов является химическая обработка с применением гербицидов. Однако в современных условиях необходимо находить комплексный подход к решению проблемы засоренности, и потому применение регуляторов роста в сочетании с гербицидами позволяет решить данную проблему, снижая стрессовое воздействие пестицидов на культурные растения и повышая их конкурентоспособность.

В наших опытах наиболее распространенными и злостными засорителями являются представители семейств Астровые, Капустные, Злаковые и Маревые.

Среди однолетних двудольных сорняков, преобладающих в структуре засоренности, типичными представителями являются: щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*) и щирица белая (*Amaranthus albus*) – одни из самых массовых сорняков, обладающие высокой семенной продуктивностью; марь белая (*Chenopodium album*) – широко распространенный сорняк, предпочитающий плодородные почвы; виды горцев – гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*).

Среди однолетних однодольных сорняков наиболее распространены: ежовник обыкновенный или куриное просо (*Echinochloa crus-galli*) – злостный засоритель пропашных и зерновых культур; виды щетинника – щетинник сизый и зеленый (*Setaria pumila*, *S. viridis*); а также овсюг (*Avena fatua*).

Многолетние сорняки, несмотря на меньшую численность, представляют особую опасность из-за мощной корневой системы и длительного периода вегетации. Наиболее распространенные из них: осот полевой (*Sonchus arvensis*) и осот желтый (*Sonchus oleraceus*) – корнеотпрысковые сорняки с глубокой корневой системой; бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*); вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) – трудноискоренимый сорняк, обвивающий стебли культурных растений; пырей ползучий (*Elytrigia repens*) – корневищный злак, встречающийся на полях и залежах.

В контрольном варианте (без гербицидов) исходная засоренность перед обработкой в среднем за три года составляла 28,9 шт./м². Структура засоренности была представлена: 16,10 шт./м² однолетних двудольных, 9,30 шт./м² однолетних однодольных сорняков и 3,50 шт./м² многолетних сорняков. К моменту уборки без применения средств химической защиты наблюдался естественный прирост численности сорной растительности до уровня 36,9 шт./м², что указывает на высокий семенной банк почвы и активное прорастание сорняков в течение вегетационного периода (табл. 1).

Применение селективного противозлакового гербицида Граминион в чистом виде в дозе 0,6 л/га продемонстрировало умеренную эффективность, составившую 33,7 %. Исходная численность сорняков на этом варианте достигала 26,0 шт./м², а к уборке снизилась до 24,4 шт./м². Детальный анализ структуры засоренности показывает, что Граминион практически полностью подавил однолетние однодольные сорняки – их число сократилось с 9,80 до 1,80 шт./м². Однако препарат не оказал существенного влияния на двудольные виды (их численность даже возросла с 15,60 до 19,20 шт./м² за счет освободившихся экологических ниш) и многолетние растения (осталось 3,40 шт./м²). Таким образом, узкая специфичность препарата ограничивает его применение в моноварианте на смешанных типах засоренности.

Гербицид Алсион в дозе 25 г/га показал значительно более высокий результат – 61,0 %. Общая численность сорняков сократилась с 29,10 до 14,30 шт./м². Алсион продемонстрировал эффективное действие против однолетних двудольных сорняков: их количество снизилось с 16,10 до 2,00 шт./м², а многолетние виды были подавлены (с 3,10 до 0,40 шт./м²). Как можно отметить, данный препарат не оказал значительного влияния на численность злаковых сорняков, которая даже выросла с 9,90 до 11,90 шт./м².

Наибольший эффект отмечен при использовании сочетания Граминиона с Алсионом, где биологическая эффективность составила 90,60 %.

В свою очередь, гербицид сплошного действия Торнадо снизил засоренность с 27,10 до 9,00 шт./м², биологическая эф-

фективность составила 75,5 %. Дополнительно внесение к нему Граминиона позволило достичь биологическую эффективность на уровне 82,9 %, а в сочетании с Алсионом – 88,8 %.

Максимальная биологическая эффективность на вариантах без применения регулятора роста за трехлетний период зафиксирована на варианте Торнадо + Алсион + Граминион (тройная смесь в полных дозах). Исходное количество сорняков составляло 29,10 шт./м², а к уборке оно было сокращено до 1,80 шт./м², что соответствует впечатляющему уровню эффективности (95,1 %). Структура остаточной засоренности была минимальной: однолетних двудольных осталось 0,90, однодольных – 0,70, многолетних – 0,20 шт./м².

Практически полное отсутствие конкурентной растительности на протяжении всей вегетации создает идеальные условия для реализации потенциала продуктивности льна масличного.

Применение Граминиона на фоне Альбита дало результат 29,5 %, что ниже, чем без регулятора (33,7 %). Общая засоренность при этом снизилась с 29,70 до 26,40 шт./м². Как и в предыдущие годы, монопрепарат на фоне регулятора роста продемонстрировал снижение эффективности: злаковые сорняки были подавлены до уровня 1,60 шт./м², но двудольные и многолетние остались на уровнях 20,40 и 4,40 шт./м² соответственно. Вероятно, стимуляция метаболизма у сорных растений под влиянием Альбита частично компенсирует гербицидное давление на устойчивые виды.

Вариант с Алсионом в чистом виде на фоне Альбита показал эффективность 55,5 %, что ниже, чем без регулятора роста (61,0 %). Общая засоренность была снижена с 29,80 до 16,80 шт./м². При этом Алсион, как и ожидалось, отлично справился с двудольными сорняками (с 16,20 до 1,90 шт./м²), однако популяция злаковых осталась высокой и даже увеличилась с 10,40 до 12,90 шт./м².

Небольшое снижение эффективности на фоне Альбита, вероятно, связано с тем, что регулятор роста стимулирует метаболизм не только культурных растений, но в некоторой степени и сорных, что повышает их устойчивость или скорость восстановления после обработки.

Таблица 1 – Биологическая эффективность гербицидов на льне масличном (среднее за 2023–2025 гг.)
Table 1 – Biological efficiency of herbicides on oil flax (average for 2023–2025)

Варианты опыта		Численность сорных растений перед обработкой, шт/м²				Численность сорных растений перед уборкой, шт/м²				Биологическая эффективность, %
фактор А	фактор В	однолетние		многолетние	всего	однолетние		многолетние	всего	
		двудольные	однодольные			двудольные	однодольные			
А1	В1	16,10	9,30	3,50	28,90	20,10	12,20	4,60	36,90	—
	В2	15,60	9,80	2,90	26,00	19,20	1,80	3,40	24,40	33,70
	В3	16,10	9,90	3,10	29,10	2,00	11,90	0,40	14,30	61,00
	В4	16,20	9,70	3,20	29,10	1,90	1,20	0,40	3,50	90,60
	В5	15,30	9,20	2,60	27,10	5,20	3,00	0,90	9,00	75,50
	В6	15,90	9,70	3,10	28,70	4,80	0,60	1,00	6,30	82,90
	В7	16,30	9,70	3,40	29,50	0,90	3,00	0,30	4,10	88,80
	В8	16,40	9,40	3,30	29,10	0,90	0,70	0,20	1,80	95,10
А2	В1	16,20	10,00	3,60	29,80	19,80	12,90	4,80	37,50	—
	В2	16,70	9,60	3,40	29,70	20,40	1,60	4,40	26,40	29,50
	В3	16,20	10,40	3,20	29,80	1,90	12,90	2,00	16,80	55,50
	В4	16,30	9,30	3,60	29,20	1,90	1,20	0,50	3,60	90,10
	В5	16,40	9,50	3,30	29,20	4,80	2,90	1,00	8,70	76,50
	В6	16,50	9,70	3,30	29,50	4,70	0,80	1,00	6,50	82,80
	В7	16,00	9,20	3,50	28,70	0,60	2,60	0,20	3,40	90,80
	В8	16,40	9,70	3,60	29,60	0,70	0,50	0,20	1,30	96,50

Наиболее успешной комбинацией на фоне Альбита оказалась смесь Граминиона и Алсиона, что обеспечила снижение засоренности с 29,20 до 3,60 шт./м² при уровне биологической эффективности 90,1 %. Данный показатель лишь на 0,5 % уступает аналогичному варианту без регулятора роста (90,6 %). Структура остаточной засоренности была сбалансированной: двудольные – 1,90, злаковые – 1,20, многолетние – 0,50 шт./м². Это подтверждает, что баковые смеси в меньшей степени страдают от влияния регулятора роста, чем монопрепараты.

Применение Торнадо на фоне Альбита дало эффективность 76,5 % (снижение с 29,20 до 8,70 шт./м²), что даже на 1,0 % выше, чем без регулятора (75,5 %). Разница невелика, но показатель остается стабильно высоким. Дополнительно внесение Граминиона и Алсиона также способствовало повышению биологической эффективности в борьбе с сорняками с 82,8 до 90,8 %.

Лучшим за три года проведения исследований стал вариант использования на фоне применения регулятора роста «Альбит» сочетания гербицидов Торнадо, Граминион и Алсион. Он позволил снизить общее количество сорняков с 29,60 до 1,30 шт./м², что соответствует биологической эффективности 96,5 %. Соответствующий показатель стал абсолютным максимумом в опыте, превысив аналогичный вариант без регулятора на 1,4 %. Остаточная засоренность была минимальной из всех возможных: однолетних двудольных сорняков осталось 0,70, однодольных – 0,50, многолетних – 0,20 шт./м². Фактически посевы на этом варианте были практически стерильно чистыми на протяжении всей вегетации.

Основная проблема получения стабильного урожая льна масличного обусловлена медленным биологическим развитием данной культуры, что делает ее плохим конкурентом для сорной растительности. Поэтому единственным решением является применение гербицидов, однако они также оказывают негативное воздействие на культуру.

Чтобы снизить гербицидную нагрузку в современном земледелии все больше уделяется внимание регуляторам роста, которые способны нивелировать негатив-

ное воздействие. Одновременное внесение баковой смеси позволяет не только бороться с сорной растительностью, но и стимулировать восстановительные процессы культуры.

За все три года исследований лучшим вариантом с достижением максимальной урожайности явилось сочетание гербицидов Граминион, Торнадо, Алсион совместно с регулятором роста «Альбит». При этом урожайность составила 1,27 т/га с прибавкой относительно контроля, составившей 0,30 т/га или 30,38 % (табл. 2).

Можно сделать вывод, что все гербициды положительно влияли на урожайность льна масличного. Двухкомпонентное сочетание гербицидов превосходит отдельное их внесение, а сочетание всех трех препаратов дает максимальную эффективность. Регулятор роста также положительно влияет на урожайность за счет снятия стресса последствий данных гербицидов и значительно повышает этот показатель по всем вариантам опыта.

Сбор масла у льна является одним из важных критериев оценки продуктивности культуры. Он помогает в оптимизации переработки полученной продукции, позволяет рассчитать экономическую выгоду и определить качество сырья. В таблице 3 представлены данные по сбору масла льна масличного, где на контрольном варианте он составил 0,31 т/га. Данное значение характеризуется естественным агрофоном и обусловлено процессами потери сбора масла за счет конкуренции с сорной растительностью.

Улучшение агрофона за счет использования гербицида Граминион (0,6 л/га) повышало продуктивность агроценоза на 0,03 т/га или 9,7 % относительно контроля. Такая же тенденция прослеживается с препаратом Алсион в дозе 25 г/га, прибавка здесь незначительно больше предыдущего образца и составляет 0,35 т/га. Гербицид Торнадо в дозе 1,3 л/га находится на уровне с Граминионом, где сбор масла равен 0,34 т/га.

Еще больший эффект от системы защиты растений отмечен при сочетании двух компонентов в одной обработке. Так, сочетание Граминиона с Алсионом позволило достичь результата 0,36 т/га, Торнадо с Граминионом сработали чуть лучше и показатель составил 0,38 т/га. А наилуч-

Таблица 2 – Урожайность семян льна масличного в среднем за 2023–2025 гг.

Table 2 – The average yield of flax seeds for 2023–2025

Варианты опыта		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
фактор А	фактор В		т/га	%
А1	В1	0,87	–	–
	В2	0,95	0,08	8,78
	В3	0,99	0,12	13,74
	В4	1,02	0,15	16,79
	В5	0,96	0,09	9,92
	В6	1,05	0,18	20,61
	В7	1,08	0,21	23,66
	В8	1,12	0,24	27,86
А2	В1	0,98	–	–
	В2	1,08	0,10	10,58
	В3	1,12	0,15	15,02
	В4	1,16	0,18	18,43
	В5	1,14	0,16	16,38
	В6	1,21	0,23	23,55
	В7	1,23	0,25	25,94
	В8	1,27	0,30	30,38
Среднее по фактору А		А1 = 1,01; А2 = 1,15		
Среднее по фактору В		В1 = 0,93; В2 = 1,02; В3 = 1,06; В4 = 1,09; В5 = 1,05; В6 = 1,13; В7 = 1,16; В8 = 1,20		
НСР ₀₅ для частных средних		0,012		
НСР ₀₅ по фактору А		0,004		
НСР ₀₅ по фактору В		0,009		
НСР ₀₅ по фактору АВ		0,012		

Таблица 3 – Сбор масла в среднем за 2023–2025 гг.

Table 3 – Oil collection on average for 2023–2025

Варианты опыта		Сбор масла, т/га	Отклонение от контроля	
фактор А	фактор В		т/га	%
А1	В1	0,31	–	–
	В2	0,34	0,03	9,7
	В3	0,35	0,04	12,9
	В4	0,36	0,05	16,1
	В5	0,34	0,03	9,7
	В6	0,38	0,07	22,6
	В7	0,39	0,08	25,8
	В8	0,41	0,10	32,3
А2	В1	0,35	–	–
	В2	0,39	0,04	11,4
	В3	0,41	0,06	17,1
	В4	0,42	0,07	20,0
	В5	0,41	0,06	17,1
	В6	0,44	0,09	25,7
	В7	0,45	0,10	28,6
	В8	0,47	0,12	34,3

шей комбинацией явилось сочетание Торнадо с Алсионом, где сбор масла оказался равен 0,39 т/га, что превышает контрольный вариант на 0,08 т/га или 25,8 %.

Самый ощутимый эффект на фоне без применения регулятора роста за три года был отмечен при внесении баковой смеси Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га. При этом сбор масла составил 0,41 т/га, превышая контроль на 0,10 т/га или 32,3 %.

Введение дополнительно регулятора роста превышает контрольный вариант на 0,04 т/га и составляет 0,35 т/га, что эффективнее использования Алсиона и Граминиона по отдельности (без Альбита).

Дополнительное внесение гербицидов повышало сбор масла в диапазоне от 0,39 до 0,41 т/га, где лучшими препаратами были Алсион и Торнадо.

Комбинирование двух гербицидов также влияло положительно и давало прирост сбора масла; на фоне с регулятором роста сочетание Граминиона с Алсионом

повысило значение до 0,42 т/га. В то же время связки этих препаратов с Торнадо давали еще больший эффект и повышали значение до 0,44–0,45 т/га, где лучшим оказалось сочетание Торнадо с Алсионом, которое обеспечило превышение контроля на 0,10 т/га или 28,6 %.

Наилучшим решением для получения максимального сбора масла является использование регулятора роста «Альбит» в дозе 0,01 л/га совместно с внесением баковой смеси гербицидов Торнадо 1,3 л/га + Алсион 25 г/га + Граминион 0,6 л/га, где результат составил 0,47 т/га (разница 0,12 т/га или 34,3 %).

Заключение. Результаты показали, что наибольшая биологическая эффективность 96,5 % достигнута при применении смеси гербицидов Торнадо, Алсион и Граминион совместно с регулятором роста «Альбит» в дозе 0,1 л/га. Максимальная урожайность зафиксирована на этом же варианте и составила 1,27 т/га, а сбор масла оказался равным 0,47 т/га.

Список источников

1. Дридигер В. К., Есаулко А. Н., Дорожко Г. Р. Лен масличный на Ставрополье : монография. Ставрополь : Параграф, 2013. 148 с. EDN RAIEEV.
2. Гореева В. Н., Галиев Р. Р., Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш. Влияние гербицида Зеро и приемов зяблевой обработки почвы на урожайность и формирование фотосинтетического аппарата сортов льна масличного // Аграрный вестник Урала. 2020. № 3 (194). С. 2–12. doi: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-2-12. EDN UHFGTV.
3. Орлов А. А., Рендов Н. А., Некрасова Е. В., Мозылева С. И. Эффективность средств химизации на посевах льна масличного в засушливых условиях степи Западной Сибири // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (73). С. 13–18. doi: 10.34655/bgsha.2023.73.4.002. EDN FUNPVH.
4. Dybing C. D. Influence of nitrogen level on flax growth and oil production in varied environment // Crop Science. 1964. Vol. 4. No. 5. P. 491–494. <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183x000400050017x>.
5. Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Кочубеев Н. Е., Голев А. А. Эффективность гербицидов на посевах льна масличного в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2. С. 45–49. EDN QCWVAX.
6. Filipescu H., Poparlan G.-G. Variabilitatea calitatii semintelor de in functie de soi, regiune, an de cultura si agrotehnica // Analele Institutului de Cercetari Pentru Cereal si Plante Tehnice. 1976. Vol. 41. P. 593–600.
7. Прудников В. А., Степанова Н. В., Чирик Д. П., Любимов С. В. Влияние гербицидов послевсходового действия на рост и развитие растений льна масличного // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 102–106. EDN ZCDAUJ.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 352 с. EDN QLCQEP.

References

1. Dridiger V. K., Esaulko A. N., Dorozhko G. R. *Oil flax in Stavropol: monograph*, Stavropol, Paragraf, 2013, 148 p. EDN RAIEEV (in Russ.).
2. Goreeva V. N., Galiev R. R., Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh. The effect of the herbicide Zero and fall tillage practices on the yield and formation of the photosynthetic apparatus of oilseed flax varieties. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2020;3(194):2–12. doi: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-2-12. EDN UHFGTV (in Russ.).
3. Orlov A. A., Rendov N. A., Nekrasova E. V., Mozyleva S. I. The effectiveness of chemical inputs in oilseed flax crops under arid conditions in the steppe of Western Siberia. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2023;4(73):13–18. doi: 10.34655/bgsha.2023.73.4.002. EDN FUNPVH (in Russ.).
4. Dybing C. D. Influence of nitrogen level on flax growth and oil production in varied environment. *Crop Science*, 1964;4;5:491–494. <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183x000400050017x>.
5. Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Kochubeev N. E., Golev A. A. The effectiveness of herbicides on oilseed flax crops in the Volgograd region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2013;2:45–49. EDN QCWVAX (in Russ.).
6. Filipescu H., Poparlan G.-G. Variability of seed quality depending on variety, region, year of culture and agrotechnics. *Analele Institutului de Cercetari Pentru Cereal si Plante Tehnice*, 1976;41:593–600 (in Roman.).
7. Prudnikov V. A., Stepanova N. V., Chirik D. P., Lyubimov S. V. The effect of post-emergence herbicides on the growth and development of oilseed flax plants. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2015;1:102–106. EDN ZCDAUJ (in Russ.).
8. Dospekhov B. A. *Methods of field experiments (with the basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2011, 352 p. EDN QLCQEP (in Russ.).

© Денисов К. Е., Синдюкова В. А., 2026

Статья поступила в редакцию 31.07.2026; одобрена после рецензирования 20.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.

The article was submitted 31.07.2026; approved after reviewing 20.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах

Денисов Константин Евгеньевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Author ID: 310222, nir@vavilovsar.ru;

Синдюкова Виктория Александровна, аспирант, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Information about the authors

Konstantin E. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Author ID: 310222, nir@vavilovsar.ru;

Victoria A. Sindjukova, Postgraduate Student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov

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.

Научная статья

УДК 633.853.52(571.63)

EDN RXCKUA

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-14-25>

**Влияние агротехнических приемов на продуктивность
и качество семян сои в условиях муссонного климата Приморского края**

**Александр Алексеевич Дубков¹, Нина Сергеевна Панюта²,
Роман Витальевич Тимошинов³, Елена Жоржевна Кушаева⁴,
Алексей Григорьевич Клыков⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока
имени А. К. Чайки, Приморский край, Тимирязевский, Россия

^{1, 2, 3, 4} o.zemledelia@yandex.ru, ⁵ alex.klykov@mail.ru

Аннотация. Разработка сортовой агротехники с целью реализации заложенного потенциала у современных сортов сои, адаптированных к конкретным условиям региона их возделывания, и, как результат, получение высоких валовых сборов семян является актуальной задачей. Цель исследований – изучить влияние некоторых элементов возделывания (густота стеблестоя, способы посева, удобрения с микроэлементами) на урожайность и качество зерна нового районированного среднеспелого сорта сои Бриз в условиях муссонного климата Приморского края. Исследования проведены в период 2021–2023 гг. В результате анализа внекорневых комплексных и однокомпонентных подкормок микро-, мезо- и макроэлементами (цинк, бор, медь, магний, калий) установлено, что в условиях Приморского края высокая урожайность сорта сои Бриз (3,7 т/га) получена при внесении препарата Боро-Н в фазу цветения. Высокое содержание белка в семенах (40,3–40,8 %) отмечено в варианте при обработке растений препаратом Фертикс-Б в фазу 2–3-го тройчатых листа. Внесение хелата магния во всех вариантах по фазам внесения привело к повышению содержания масла в семенах сои (23,0–23,1 %). Наибольшая урожайность (2,8–3,0 т/га) сои сорта Бриз установлена при посеве как рядовым способом на 15 см, так и при широкорядном способе посева на 30 см с нормой высева 350–450 тыс. всхожих семян на 1 га.

Ключевые слова: соя, сорт Бриз, микроудобрения, магний, медь, цинк, бор, калий, способ посева, норма высева, урожайность, содержание белка

Для цитирования: Дубков А. А., Панюта Н. С., Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Клыков А. Г. Влияние агротехнических приемов на продуктивность и качество семян сои в условиях муссонного климата Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 14–25. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-14-25>.

Original article

**The impact of agronomic practices on the productivity
and quality of soybean seeds in the monsoon climate of the Primorsky krai**

**Aleksandr A. Dubkov¹, Nina S. Panyuta², Roman V. Timoshinov³,
Elena Zh. Kushaeva⁴, Aleksei G. Klykov⁴**

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East
named after A. K. Chaika, Primorsky krai, Timiryazevsky, Russian Federation

^{1, 2, 3, 4} o.zemledelia@yandex.ru, ⁵ alex.klykov@mail.ru

Abstract. The development of varietal agricultural practices aimed at realizing the inherent potential of modern soybean varieties adapted to the specific conditions of the region where they are cultivated ensures high total seed yields. The authors studied the influence of certain cultivation elements (stem density, sowing methods, fertilizers with microelements) on the yield

and grain quality of the new zoned mid-season soybean variety Briz under the monsoon climate conditions of the Primorsky krai during the period 2021–2023. As a result of the analysis of foliar complex and single-component top dressing with micro-, meso- and macronutrients (zinc, boron, copper, magnesium, potassium), it was found that in the conditions of Primorsky krai, a high yield of the Briz soybean variety (3.7 t/ha) was obtained when Boro-N was introduced into the flowering phase. The high protein content in the seeds (40.3–40.8%) was noted in the variant when plants were treated with Fertix-B in the phase of the 2nd–3rd trifoliate leaf. The introduction of magnesium chelate in all variants by application phases led to an increase in the oil content in soybean seeds (23.0–23.1%). The maximum yield (2.8–3.0 t/ha) of soybeans of the Briz variety was established when sowing in ordinary (by 15 cm) and wide-row (by 30 cm) methods with a seeding rate of 350–450 thousand germinating seeds per 1 ha.

Keywords: soybeans, Briz variety, micro fertilizers, magnesium, copper, zinc, boron, potassium, sowing method, seeding rate, yield, protein content

For citation: Dubkov A. A., Panyuta N. S., Timoshinov R. V., Kushaeva E. Zh., Klykov A. G. The impact of agronomic practices on the productivity and quality of soybean seeds in the monsoon climate of the Primorsky krai. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:14–25. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-14-25>.

Введение. Увеличение производства растительного белка является одной из приоритетных задач. В этой связи соя занимает важное значение в сельском хозяйстве Дальнего Востока.

Она требовательна как к почве, так и к условиям минерального питания. Многие исследователи отмечают разделение питания по фазам роста и развития, так в начальные фазы питание идет слабо по причине недостаточного развития корневой системы, не способной полноценно обеспечить растения элементами питания [1–4]. Потребление основной части питания сои в Приморском крае приходится от начала цветения (I–II декады июля) до полного созревания (II декада октября).

Для повышения урожайности сои важное значение имеет подбор наиболее адаптированных для конкретных природных условий сортов, приемов возделывания, сортовой агротехники с учетом биологических особенностей растений [5].

Сорт или гибрид всегда стоит в основе сортовой агротехники. Важное значение имеет его отзывчивость на срок посева, густоту стояния растений и применение удобрений. Эти факторы в наибольшей степени отражают сортовую отзывчивость и могут быть использованы для разработки сортовой агротехники хозяйственно ценных культур на основе базовой адаптивной технологии, разработанной для каждого региона [6].

Объекты и методы исследований. Исследования проведены на опытных по-

лях Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2021–2023 гг.

Почва опытного участка лугово-бурая отбеленная, имеющая тяжелосуглинистый состав, материнская порода – тяжелый суглинок. Содержание гумуса в пахотном слое (0–25 см) составляет 3,2 %, подвижного фосфора – 28 мг/кг, обменного калия – 206 мг/кг, азота – 0,25 %. Величина pH соответствует 5,1. Предшественник – яровая мягкая пшеница.

Объектом исследований явился новый районированный в Приморском крае сорт сои Бриз. Сорт относится к маньчжурскому подвиду *spp. manshurica* (Enk.), апробационной группе *communis* Enk. Данный сорт индетерминантного типа роста, со сжатой прямостоячей формой куста, средней степенью облиственности и наличием 3–4 боковых ветвей. Высота растений – от 82 до 86 см, нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (450–550 тыс. шт./га) располагаются на высоте 14,0–17,1 см от поверхности почвы. Листья тройчатые, средней величины, форма ланцетовидная. Сорт характеризуется как среднеспелый, период вегетации в зависимости от метеоусловий года варьируется от 113 до 117 суток и в среднем составляет 115 суток, что соответствует сумме активных температур в пределах 2 400–2 450 °С.

Схема опытов. Опыт 1. Влияние внекорневых подкормок микроэлементами в хелатной форме (цинк, медь, магний,

бор), монокалийфосфата, препаратов Боро-Н, Фертикс Б и лигногумата калийного Б на урожайность и биохимические показатели семян сои сорта Бриз. Опыт включал следующие варианты:

- контроль (без внесения микроэлементов, опрыскивание водой);
- опрыскивание растений микроэлементами (цинк, бор, медь, магний) в хелатной форме в дозе 5 кг/га;
- опрыскивание монокалийфосфатом в дозе 10 кг/га;
- микроудобрения Боро-Н, Фертикс Б, лигногумат калийный Б в дозе 1 л/га.

Обработки производились в фазу 2–3-го тройчатых листа, фазу цветения; также использовалась двойная обработка в соответствующие фазы.

Повторность вариантов опыта – шестикратная. Расположение делянок систематическое. Площадь делянки составляла 4 м², учетная площадь – 1 м². Норма высева соответствовала 500 тыс. всхожих семян на 1 га с шириной междурядья 30 см.

Опыт 2. Влияние способов и норм высева сои сорта Бриз на урожайность и качество семян. Схема опыта включала варианты:

фактор А – способы посева на 15 и 30 см;

фактор В – нормы высева 300; 350; 400; 450; 500 (контроль); 550; 600; 650 и 700 тыс. всхожих семян на гектар; контролем выступал вариант с рекомендованной для региона нормой высева 500 тыс. всхожих семян на 1 га [7].

Учетная площадь делянки – 50 м². Повторность – трехкратная.

Посев проводили с III декады мая по I декаду июня. Под предпосевную культивацию вносили 100 кг/га диаммофоски (N₁₀P₂₆K₂₆). Внесение подкормок выполнялось с помощью ручного опрыскивателя.

Общее содержание хлорофилла в листьях определяли прибором atLEAF CHL PLUS chlorophyll meter (США) и рассчитывали путем преобразования полученных значений в SPAD с учетом взаимосвязи между содержанием хлорофилла и единицами SPAD [8].

Фенологические наблюдения проводились по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных

культур (1989) с использованием полевого, лабораторного и статистического методов, описанных в работе [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Каждому сорту характерна определенная высота растений, площадь листьев, число узлов, цветков и целый ряд других показателей. Структура урожая показывает влияние технологии возделывания на продуктивность растений [10]. К элементам структуры урожая сои относятся такие показатели, как высота растений, высота прикрепления нижнего боба, количество бобов и семян на одном растении, масса 1 000 штук семян. Высота растений и высота прикрепления нижнего боба – признаки, определяющие урожайность и технологичность сорта [11–13].

В среднем за три года исследований структура урожая сои сорта Бриз показала, что фолиарная обработка при норме высева 500 тыс. всхожих семян на 1 га с шириной междурядья 30 см слабо повлияла на структуру урожайности. Следует отметить, что двойная обработка цинком растений способствовала заметному увеличению высоты растений (на 16,3 см) и высоты прикрепления нижнего боба (на 3,5 см) (табл. 1).

Максимальное количество бобов, а также семян на одном растении при применении внекорневых подкормок было отмечено в варианте с обработкой растений в фазу цветения сои препаратом Фертикс-Б – 38,7 и 101,3 шт. соответственно. При фолиарной обработке подкормками в фазу 2–3-го тройчатых листа и при двойной обработке (в фазу 2–3-го тройчатых листа и в фазу цветения) отмечен вариант с внесением цинка, в котором количество бобов и семян с одного растения при обработке в фазу 2–3-го тройчатых листа соответственно составило 34 и 87 шт., при двойной обработке – 36 и 90 шт.

Масса 1 000 семян – хозяйственно ценный признак, характеризующий выполненность семян за годы исследований. По этому показателю отмечен вариант с использованием цинка, как при однократном внесении в фазы 2–3-го тройчатых листа (193,2 г) и цветения (192,0 г), так и при двойном внесении (191,0 г). Вместе с тем следует отметить, что максимальная масса 1 000 семян отмечена при обработке в фазу 2–3-го тройчатых листа.

Таблица 1 – Влияние некорневых подкормок на структуру урожая (в среднем за 2021–2023 гг.)
Table 1 – Influence of foliar fertilizer applications on yield structure (average over 2021–2023)

Варианты	Высота, см		Количество с 1 растения, шт.		Масса 1 000 семян, г
	растения	прикрепления нижнего боба	бобов	семян	
Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа					
Контроль (вода)	65,7	16,0	30,0	67,3	181,0
Цинк	68,3	16,7	34,0	87,0	193,2
Бор	62,5	15,7	28,0	74,3	181,2
Медь	62,6	15,7	26,7	73,3	182,0
Магний	62,8	15,7	29,3	71,3	174,7
Боро-Н	59,2	16,3	27,3	80,7	178,0
Монокалийфосфат	62,1	16,0	25,3	70,7	174,3
Фертикс-Б	62,8	16,0	28,7	77,7	174,0
Лигногумат калийный	61,0	16,0	28,7	75,0	174,0
НСР _{0,95}	3,6	0,4	3,5	6,5	7,7
Обработка в фазу цветения					
Контроль (вода)	65,7	16,0	30,0	67,3	181,0
Цинк	68,1	16,3	30,7	78,0	192,0
Бор	63,7	15,3	28,0	68,3	175,3
Медь	67,1	17,0	27,7	70,3	178,0
Магний	64,7	16,3	31,0	67,0	178,3
Боро-Н	62,0	15,7	32,0	74,7	174,3
Монокалийфосфат	64,5	16,7	31,0	65,0	171,0
Фертикс-Б	71,0	17,0	38,7	101,3	177,3
Лигногумат калийный	68,5	16,3	29,0	69,0	181,0
НСР _{0,95}	3,6	0,7	4,4	14,5	8,4
Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа и в фазу цветения					
Контроль (вода)	65,7	16,0	30,0	67,3	181,0
Цинк	82,0	19,5	36,0	90,0	191,0
Бор	75,5	18	31,5	78,5	182,0
Медь	73,5	17	30,0	71,5	175,0
Магний	74,0	18	29,5	71,5	173,5
Боро-Н	68,0	16	33,0	75,0	168,0
Монокалийфосфат	67,5	16	33,0	75,0	168,5
Фертикс-Б	77,5	17,5	33,5	88,0	174,0
Лигногумат калийный	71,5	17	33,5	80,5	166,5
НСР _{0,95}	4,2	1,4	2,6	6,0	9,8

Управлять формированием структурой урожая можно путем изменения густоты стояния растений в посевах сои. В опыте по изучению способов и норм высева высота растений (которая в основном определяется генотипом сорта, но при различных климатических условиях и технологии возделывания способна сильно различаться [14]) составляла от 57 до 73,5 см, как показано в таблице 2. Для сои очень важное значение имеет высота при-

крепления нижних бобов как показатель технологичности сорта. Чем ниже закладываются бобы на растении от поверхности почвы, тем больше остается бобов на стерне за жаткой комбайна и выше потери семян. Соответственно уменьшается уровень уборочной урожайности, который может достигать 20 % от биологической продуктивности агроценоза. В среднем в двух опытах по всем вариантам высота прикрепления нижнего боба была на уров-

Таблица 2 – Структура урожая сои сорта Бриз при различных нормах и способах посева, среднее за 2021–2023 гг.

Table 2 – The structure of the crop of soybeans of the Briz variety at various rates and methods of sowing, the average for 2021–2023

Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Высота, см		Количество с 1 растения, шт.		Масса 1 000 семян, г
	растения	прикрепления нижнего боба	бобов	семян	
Рядовой посев с междурядьем 15 см					
300	68,5	18,5	29,0	67,0	162,5
350	73,0	18,5	34,5	78,0	191,0
400	69,5	19,5	32,5	82,5	179,0
450	73,5	21,0	38,0	73,0	186,0
500 (контроль)	65,0	20,0	25,5	61,5	161,0
550	67,0	19,0	25,0	68,5	182,0
600	60,5	19,5	21,0	47,0	182,0
650	63,0	18,5	21,0	43,5	171,5
700	63,5	19,0	20,5	47,0	168,5
Рядовой посев с междурядьем 30 см					
300	65,5	17,0	30,5	75,5	165,5
350	66,5	17,5	33,0	83,0	176,5
400	63,5	17,5	35,0	85,0	169,5
450	67,0	14,5	42,0	106,0	173,0
500 (контроль)	65,5	18,0	26,0	76,0	167,0
550	57,0	13,5	23,5	64,0	162,5
600	58,5	17,0	25,5	61,0	159,5
650	61,5	16,0	29,0	61,0	168,5
700	62,0	18,0	23,0	58,0	170,0
Фактор А НСР ₀₅	10,1	4,3	7,1	62,1	15,4
Фактор В НСР ₀₅	21,4	5,8	1,7	35,6	20,9
Фактор АВ НСР ₀₅	10,2	4,1	4,2	22,9	18,5

не 16–21 см, однако при рядовом посеве на 30 см отмечено снижение данного показателя, что может повлиять на качество уборки.

Одним из основных признаков, влияющих на продуктивность сои, является количество бобов на растении и количество семян в бобе, что зависит от биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий и агротехники возделывания. Максимальное количество бобов у сорта сои Бриз отмечено при норме высева 450 тыс. всхожих семян на 1 га как с междурядьями 15 см (38 шт.), так и с междурядьем 30 см (42 шт.). Отмечается снижение показателя при увеличении нормы высева свыше 450 тыс. всхожих семян на 1 га. Наибольшее количество семян с одного растения (106 шт.) получено при

черезрядном способе посева на 30 см с нормой высева 450 тыс. всхожих семян на 1 га. Масса 1 000 семян характеризует выполненность семян. Максимальные значения этого показателя отмечены при черезрядном способе посева на 30 см с нормой высева 350 тыс. всхожих семян на 1 га (191 г) и при посеве рядовым способом на 15 см с нормой высева 350 тыс. всхожих семян на 1 га (176,5 г) (табл. 2).

Нормы высева (фактор В) оказали слабое влияние на высоту растений, максимальное влияние оказали способы посева (фактор А). Однако полученные данные, обработанные методами математической статистики, были в пределах ошибки, что говорит об устойчивости сорта по высоте растений в зависимости от нормы высева и способа посева.

Важным показателем качества семян сои является содержание белка. Изучаемые некорневые подкормки положительно повлияли на биохимические показатели. За годы исследований максимальная прибавка в накоплении белка в семенах сои была отмечена в варианте с внесением препарата Фертикс-Б. При внесении препарата в фазу 2–3-го тройчатого листа содержание белка составило 40,3 %, в фазу цветения – 40,7 %, при двойной обработке в обе фазы – 40,8 %. Максимальным данный показатель был также в варианте с внесением меди в фазу 2–3-го тройчатого листа (табл. 3).

За годы исследований моно- и комплексных микроудобрений не отмечено значительных изменений по содержанию в семенах сои масла. Наибольший показатель содержания масла отмечен в варианте с внесением магния (23,1 %) по всему опыту, однако максимальный сбор масла с 1 га был отмечен в варианте с применением Боро-Н в фазу цветения (8,3 ц/га). По сбору масла за годы исследований применение некорневых подкормок оказало положительное влияние, прибавка варьировала 0,1–2,6 ц/га в среднем по опыту.

Уровень урожайности сои в опытах варьировал от 2,5 до 3,7 т/га (табл. 3). Максимальный показатель урожайности был в варианте при внесении Боро-Н в фазу цветения ($НСР_{0,95} = 0,32$) и при двойной обработке ($НСР_{0,95} = 0,48$). Стоит отметить вариант с внесением цинка в фазу 2–3-го тройчатых листа, где урожайность составила 3,3 т/га, что на 8 ц/га выше контрольного варианта.

Наибольший сбор белка за три года проведения опыта отмечен в варианте с однократным внесением препарата Боро-Н в фазу цветения – 15 ц/га. Важно указать, что применение некорневых подкормок положительно отразилось по всем вариантам опыта, прибавка варьировала от 0,2 до 5 ц/га. Однако вариант с использованием цинка обеспечил максимальный сбор белка в фазу 2–3-го тройчатых листа и при двойном внесении – 13,5 и 13,1 ц/га соответственно.

Изучаемые в работе способы посева (фактор А) и нормы высева (фактор В) в среднем за три года не оказывали существенного влияния на биохимические показатели (табл. 4).

Содержание белка в семенах сои сорта Бриз в годы исследований варьировало от 34,4 до 40,0 %; при этом отмечены более высокое содержание и сбор белка при рядовом посеве на 15 см. В среднем за три года наиболее высокая урожайность была получена при норме высева от 350 до 450 тыс. всхожих семян на 1 га как при посеве рядовым способом на 15 см, так и при черезрядном посеве на 30 см (3,1–3,4 т/га). При этом максимальная прибавка урожайности (0,8 т/га) была зафиксирована при черезрядном способе посева с нормой высева 450 тыс. всхожих семян на 1 га. Для экономии семян можно использовать рядовой посев с междурядьем 30 см и нормой 350 тыс. всхожих семян, где прибавка к контролю составляет 32 % (табл. 4).

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах является основным фактором, определяющим формирование урожая сельскохозяйственных культур. Она включает несколько важных компонентов, одним из которых выступает количество образующегося хлорофилла. Хлорофилл – зеленый пигмент растений, который играет ведущую роль в процессе фотосинтеза и служит важным фактором метаболизма растительного организма в целом. Он является главным компонентом в фотосинтетическом комплексе и от его содержания зависит количество поглощенной посевом энергии, а также полученный урожай.

Как показано в таблице 5, применение некорневых подкормок положительно повлияло на абсолютное содержание хлорофилла в листьях. По всем вариантам наблюдается позитивная тенденция его накопления. Максимальное накопление отмечено в вариантах при однократной обработке цинком в фазе 2–3-го тройчатых листа и в фазе цветения (0,0351 и 0,0342 мг/см² соответственно).

По данным таблицы 6 в опыте по изучению норм и способов посева выявлено, что наибольшее абсолютное содержание хлорофилла (0,0282–0,0303 мг/см²) отмечено в вариантах с нормой высева от 350 до 450 тыс. всхожих семян при посеве рядовым способом на 15 см. Такая же закономерность установлена при увеличении междурядий до 30 см, при этом содержание хлорофилла соответствовало 0,0265–0,0309 мг/см².

Таблица 3 – Урожайность и биохимический состав семян сои при некорневой обработке растений (2021–2023 гг.)

Table 3 – Yield and biochemical composition of soybean seeds under foliar fertilizer applications (2021–2023)

Варианты	Содержание масла, %	Сбор масла, ц/га	Содержание белка, %	Сбор белка, ц/га	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
						т/га	%
Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа							
Контроль (вода)	22,5	5,7	39,4	10,0	2,5	–	–
Цинк	22,4	7,4	40,4	13,5	3,3	0,8	32,0
Бор	22,4	6,0	40,2	10,8	2,7	0,2	8,0
Медь	22,4	6,5	40,8	11,8	2,9	0,4	16,0
Магний	23,0	6,3	39,3	10,8	2,7	0,2	8,0
Боро-Н	22,5	6,4	40,4	11,4	2,8	0,3	12,0
Монокалийфосфат	22,2	5,6	40,2	10,2	2,5	0	0,0
Фертикс-Б	22,4	5,9	40,3	10,6	2,6	0,1	4,0
Лигногумат калийный	22,4	6,1	40,4	10,9	2,7	0,2	8,0
Среднее	22,5	6,2	40,2	11,1	2,7	0,3	11,0
НСР _{0,95}	0,32	0,72	0,60	1,32	0,32	0,32	12,80
Обработка в фазу цветения							
Контроль (вода)	22,5	5,7	39,4	10,0	2,5	–	–
Цинк	22,7	6,8	40,2	12,1	2,9	0,4	16,0
Бор	22,7	6,6	39,9	11,7	3,1	0,6	24,0
Медь	22,6	7,1	39,6	12,4	3,0	0,5	20,0
Магний	22,9	6,9	39,6	11,9	2,8	1,2	48,0
Боро-Н	22,5	8,3	40,1	15,0	3,7	0,3	12,0
Монокалийфосфат	22,6	6,2	39,7	11,0	3,0	0,5	20,0
Фертикс-Б	22,7	6,6	40,7	12,0	2,9	0,4	16,0
Лигногумат калийный	22,7	6,5	39,8	11,6	3,0	0,5	20,0
Среднее	22,7	6,7	39,9	12,0	3,0	0,6	22,3
НСР _{0,95}	0,16	0,84	0,44	1,60	0,36	0,36	14,40
Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа и в фазу цветения							
Контроль (вода)	22,5	5,7	39,4	10,0	2,5	–	–
Цинк	22,3	6,7	40,0	13,1	2,9	0,4	16,0
Бор	22,2	7,2	40,4	12,1	3,0	0,5	20,0
Медь	22,6	6,9	39,8	12,2	2,9	1,2	48,0
Магний	23,1	7,2	39,1	12,6	2,9	0,4	16,0
Боро-Н	22,4	7,2	39,3	10,4	3,7	0,4	16,0
Монокалийфосфат	22,3	6,4	39,9	11,8	2,8	0,3	12,0
Фертикс-Б	22,2	6,4	40,8	10,9	2,9	0,4	16,0
Лигногумат калийный	22,5	6,1	39,9	13,1	2,5	0,0	0,0
Среднее	22,5	6,6	39,8	11,8	2,9	0,5	21,3
НСР _{0,95}	0,36	0,44	0,68	1,08	0,48	0,36	14,40

Таблица 4 – Урожайность и биохимический анализ семян сои в зависимости от способа посева и нормы высева, в среднем за 2021–2023 гг.

Table 4 – Yield and biochemical analysis of soybean seeds depending on the sowing method and rate, average for 2021–2023

Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Содержание масла, %	Сбор масла, ц/га	Содержание белка, %	Сбор белка, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
						т/га	%
Рядовой посев с междурядьем 15 см							
300	22,3	0,6	39,2	1,1	2,9	0,1	3,6
350	22,4	0,8	40,0	1,4	3,4	0,6	21,4
400	22,7	0,7	38,9	1,3	3,3	0,5	17,9
450	22,7	0,8	38,6	1,3	3,4	0,6	21,4
500 (контроль)	22,5	0,6	38,9	1,1	2,8	—	—
550	22,4	0,6	38,9	1,1	2,7	−0,1	−3,6
600	22,3	0,6	39,5	1,1	2,7	−0,1	−3,6
650	22,4	0,6	38,9	1,1	2,9	0,1	3,6
700	22,4	0,6	39,5	1,0	2,6	−0,2	−7,1
В среднем по способу посева	22,5	0,7	39,2	1,2	3,0	0,1	3,6
Рядовой посев с междурядьем 30 см							
300	22,5	0,6	36,2	1,0	2,8	0,3	12,0
350	22,9	0,8	34,4	1,1	3,3	0,8	32,0
400	22,9	0,7	34,4	1,1	3,1	0,6	24,0
450	22,6	0,7	35,8	1,2	3,3	0,8	32,0
500 (контроль)	22,6	0,6	35,4	0,9	2,5	—	—
550	22,5	0,6	35,6	1,0	2,7	0,2	8,0
600	22,1	0,6	37,9	1,0	2,6	0,1	4,0
650	22,4	0,6	37,2	1,0	2,6	0,1	4,0
700	22,6	0,6	36,8	1,0	2,6	0,1	4,0
В среднем по способу посева	22,6	0,6	36,0	1,0	2,8	0,3	12,0
Фактор А НСР _{0,95}	—				0,09	—	
Фактор В НСР _{0,95}	—				0,19	—	
Фактор АВ НСР _{0,95}	—				0,27	—	

Выявлена сильная корреляционная зависимость в опыте между урожайностью и абсолютным содержанием хлорофилла при черезрядном способе посева и при рядовом способе посева на 15 см (коэффициенты корреляции составили 0,81 и 0,74 соответственно).

Заключение. В результате исследований установлено, что в условиях Приморского края применение препарата Фертикс Б в фазу 2–3-го тройчатых листа способствует максимальному формированию количества бобов (38,7 шт.) и зерен (101,3 шт.) на одном растении, а также

увеличению содержания белка. Обработка растений сои в фазу цветения препаратом Боро-Н обеспечила максимальную урожайность сои (3,7 т/га), что выше контроля на 1,2 т/га. Выявлено, что применение хелата магния в исследуемые фазы способствовало повышению содержания масла в зерне сои, однако максимальное содержание масла (23,1 %) отмечено при двойном внесении в фазу 2–3-го тройчатых листа и фазу цветения.

Максимальное содержание хлорофилла (0,0351 и 0,0342 мг/см²) отмечено в вариантах при однократной обработке

Таблица 5 – Абсолютное содержание хлорофилла в листьях сои сорта Бриз при внекорневой обработке микроудобрениями

Table 5 – Total chlorophyll content in leaves of soybean of the Briz variety under foliar application of micronutrient fertilizers

Варианты	Данные прибора	SPAD	Абсолютное содержание, мг/см ²
<i>Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа</i>			
Контроль (вода)	42,4	31,8	0,0269
Цинк	48,6	38,0	0,0351
Бор	45,4	34,8	0,0308
Медь	45,9	35,3	0,0314
Магний	45,4	34,8	0,0308
Боро-Н	44,9	34,4	0,0301
Монокалийфосфат	44,3	33,8	0,0294
Фертикс-Б	44,3	33,8	0,0294
Лигногумат калийный	45,1	34,5	0,0304
<i>Обработка в фазу цветения</i>			
Контроль (вода)	42,4	31,8	0,0269
Цинк	48,0	37,4	0,0342
Бор	46,1	35,5	0,0317
Медь	45,6	35,0	0,0311
Магний	45,0	34,5	0,0303
Боро-Н	44,7	34,2	0,0299
Монокалийфосфат	45,6	35,0	0,0311
Фертикс-Б	44,4	33,9	0,0295
Лигногумат калийный	46,3	35,7	0,0320
<i>Обработка в фазу 2–3-го тройчатых листа и цветения</i>			
Контроль (вода)	42,4	31,8	0,0269
Цинк	42,9	32,4	0,0276
Бор	45,2	34,6	0,0305
Медь	44,1	33,6	0,0291
Магний	44,8	34,3	0,0300
Боро-Н	43,7	33,2	0,0286
Монокалийфосфат	45,5	34,9	0,0309
Фертикс-Б	44,1	33,6	0,0291
Лигногумат калийный	44,4	33,9	0,0295

Таблица 6 – Абсолютное содержание хлорофилла в листьях сои сорта Бриз при разных способах посева и нормы высева

Table 6 – Total chlorophyll content in leaves of soybean of the Briz variety under different sowing methods and seeding rates

Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Данные прибора	SPAD	Абсолютное содержание, мг/см ²
<i>Рядовой посев с междурядьем 15 см</i>			
300	39,3	28,8	0,0232
350	45,0	34,5	0,0303
400	43,4	32,9	0,0282
450	43,8	33,3	0,0287
500 (контроль)	37,8	27,3	0,0214
550	40,7	30,2	0,0249
600	37,8	27,3	0,0214
650	35,5	25,0	0,0187
700	35,5	25,0	0,0187

Продолжение таблицы 6

Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Данные прибора	SPAD	Абсолютное содержание, мг/см ²
<i>Черезрядный посев с междурядьем 30 см</i>			
300	41,4	30,9	0,0257
350	45,5	34,9	0,0309
400	42,0	31,5	0,0265
450	42,0	31,5	0,0265
500 (контроль)	41,4	30,9	0,0257
550	41,3	30,8	0,0256
600	39,1	28,6	0,0229
650	39,7	29,2	0,0236
700	40,0	29,5	0,0240

цинком в фазе 2–3-го тройчатых листа и фазе цветения соответственно.

Сою нового сорта Бриз, благодаря своей пластичности, возможно высевать как рядовым способом посева на 15 см, так и черезрядным способом на 30 см с нормой высева 350–450 тыс. всхожих семян

на 1 га. Превышение этой нормы ведет к снижению урожайности и ухудшению показателей структуры урожая культуры.

При этом рядовой посев на 15 см при норме высева 350–400 тыс. всхожих семян на 1 га обеспечивает более высокое содержание и сбор белка.

Список источников

1. Хамурзаев С. М. Обоснование способов посева сортов сои разной скороспелости в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики : монография. Грозный : Чеченский государственный университет, 2015. 128 с. EDN WKNFLX.
2. Бобкова Ю. А. Реакция сои сорта ОАК Пруденс на некорневую подкормку макро- и микроудобрениями в условиях Орловской области // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 11–18. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.11. EDN WXHRRС.
3. Вэй Ж., Черноситова Т. Н., Селихова О. А. Изменение агрохимических показателей в системе «почва – растение» в зависимости от способа посева сои // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии : материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2019. С. 12–18. EDN WCEDRK.
4. Филимонов Я. И., Коцарева Н. В. Эффективность влияния микроудобрений и стимуляторов роста на семенную продуктивность сои // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 54–59. EDN EMPOFW.
5. Дожмухамбетова М. М. Влияние норм высева на урожайность и качество сои в условиях орошения : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Астрахань, 2009. 20 с. EDN QGRIOX.
6. Бушнев А. С. Роль сортовых агротехник в реализации продуктивности масличных культур с учетом изменяющихся погодно-климатических условий // Масличные культуры. 2011. № 2 (148–149). С. 61–67. EDN PBMJWZ.
7. Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск : Дальневосточный научно-методический центр РАСХН, 2001. 364 с.
8. Zhu J., Tremblay T., Liang Y. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species // Canadian Journal of Soil Science. 2012. Vol. 92. No. 4. P. 645–648. doi: 10.4141/cjss2011-100.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2014. 351 с.
10. Акулов А. С., Васильчиков А. Г. Изучение элементов технологии возделывания новых сортов сои Зуша и Мезенка // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 45–51. EDN VSPQFT.

11. Пигорев И. Я., Данилова Л. В. Влияние нормы высева на урожайность и качество семян сои на серых лесных почвах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 3. С. 57–59. EDN KZVHTR.
12. Асеева Т. А. Агроэкологические основы формирования урожайности зерновых культур и сои в условиях Среднего Приамурья : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Тимирязевский, 2009. 46 с. EDN NLDIZT.
13. Сорокина И. Ю. Влияния предпосевной обработки семян на урожайность гороха // АгроЭкоИнфо. 2024. № 4 (64). doi: 10.51419/202144402. EDN VRUCIM.
14. Расулова В. А., Кирюхин С. В., Гуринович С. О. Оценка морфологических признаков коллекционных образцов сои и их взаимосвязь с хозяйственно важными показателями в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56). С. 69–78. doi: 10.24412/2309-348X-2025-4-69-78. EDN YELZQC.

References

1. Khamurzaev S. M. *Substantiation of methods of sowing soybean varieties of different maturity in the forest-steppe zone of the Chechen Republic: monograph*, Grozny, Chechenskii gosudarstvennyi universitet, 2015, 128 p. EDN WKNFLX (in Russ.).
2. Bobkova Yu. A. Reaction of OAK Prudens soybeans to foliar top dressing with macro- and micro fertilizers in the Orel region. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2020;5(86):11–18. doi: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.11. EDN WXHRRC (in Russ.).
3. Wei Zh., Chernositova T. N., Selikhova O. A. Changes in agrochemical parameters in the "soil – plant" system depending on the method of soybean sowing. *Proceedings from Modern problems of soil science, agrochemistry and ecology: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 12–18), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019. EDN WCEDRK (in Russ.).
4. Filimonov Ya. I., Kotsareva N. V. Effectiveness of the effect of micro-fertilizers and growth stimulants on soybean seed productivity. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2023;1:54–59. EDN EMPOFW (in Russ.).
5. Dozhmukhambetova M. M. The influence of seeding rate on soybean yield and quality under irrigation conditions. *Extended abstract of candidate's thesis*. Astrakhan, 2009, 20 p. EDN QGRIOX (in Russ.).
6. Bushnev A. S. The role of varietal agricultural techniques in realizing the productivity of oilseeds, taking into account changing weather and climatic conditions. *Maslichnye kul'tury*, 2011;2(148–149):61–67. EDN PBMJWZ (in Russ.).
7. *The system of agro-industrial production in Primorsky krai*, Novosibirsk, Dal'nevostochnyi nauchno-metodicheskii tsentr RASKhN, 2001, 364 p. (in Russ.).
8. Zhu J., Tremblay T., Liang Y. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. *Canadian Journal of Soil Science*, 2012;92;4:645–648. doi: 10.4141/cjss2011-100.
9. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2014, 351 p. (in Russ.).
10. Akulov A. S., Vasilchikov A. G. Study of the elements of technology of cultivation of new soybean varieties Zusha and Mezenka. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016;1(17): 45–51. EDN VSPQFT (in Russ.).
11. Pigorev I. Ya., Danilova L. V. Influence of the seeding rate on the yield and quality of soybean seeds on gray forest soils. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2009;3:57–59. EDN KZVHTR (in Russ.).
12. Aseeva T. A. Agroecological foundations of grain and soybean yield formation in the conditions of the Middle Amur region. *Extended abstract of doctor's thesis*. Timiryazevsky, 2009, 46 p. EDN NLDIZT (in Russ.).

13. Sorokina I. Yu. Effects of pre-sowing seed treatment on pea yield. *AgroEkoInfo*, 2024;4 (64). doi: 10.51419/202144402. EDN VRUCIM (in Russ.).

14. Rasulova V. A., Kiryukhin S. V., Gurinovich S. O. Assessment of morphological features of soybean collection samples and their relationship with economically important indicators in the Orel region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2025;4(56):69–78. doi: 10.24412/2309-348X-2025-4-69-78. EDN YELZQC (in Russ.).

© Дубков А. А., Панюта Н. С., Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Клыков А. Г., 2026

Статья поступила в редакцию 31.07.2026; одобрена после рецензирования 11.09.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 31.07.2026; approved after reviewing 11.09.2026; accepted for publication 14.09.2026.

Информация об авторах

Дубков Александр Алексеевич, научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, o.zemledelia@yandex.ru;

Панюта Нина Сергеевна, аспирант, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, o.zemledelia@yandex.ru;

Тимошинов Роман Витальевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом земледелия и агрохимии, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, o.zemledelia@yandex.ru;

Кушаева Елена Жоржеевна, научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, o.zemledelia@yandex.ru;

Клыков Алексей Григорьевич, доктор биологических наук, академик Российской академии наук, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, alex.klykov@mail.ru

Information about the authors

Aleksandr A. Dubkov, Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, o.zemledelia@yandex.ru;

Nina S. Panyuta, Postgraduate Student, Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, o.zemledelia@yandex.ru;

Roman V. Timoshinov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, o.zemledelia@yandex.ru;

Elena Zh. Kushaeva, Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, o.zemledelia@yandex.ru;

Aleksei G. Klykov, Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, alex.klykov@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.

Научная статья

УДК 633.34:575.1

EDN UPEVNH

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-26-37>**Генотипирование генов *E1–E4* сортов сои с использованием аллель-специфичных маркеров: апробация мультиплексной ПЦР для локусов *E3* и *E4*****Анастасия Андреевна Катрушенко¹, Павел Дмитриевич Тимкин²,
Андрей Андреевич Пензин³, Анна Петровна Галиченко⁴**^{1, 2, 3, 4} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ lsi@vniisoi.ru, ² tpd@vniisoi.ru, ³ paa@vniisoi.ru, ⁴ gap@vniisoi.ru

Аннотация. Фотопериодическая чувствительность сои (*Glycine max* (L.) Merrill) ограничивает ее возделывание в высоких широтах, поэтому оценка аллельного состава ключевых генов *E1–E4*, контролирующих цветение и созревание, является актуальной задачей селекции. Цель работы – апробация мультиплексной ПЦР для генотипирования локусов *E3* и *E4* в сравнении с традиционным подходом раздельной амплификации, а также скрининг аллельного состояния генов *E1*, *E2*, *E3* и *E4* у 11 сортов сои различного эколого-географического происхождения, возделываемых в Амурской области. ДНК выделяли из семян с использованием набора «ДНК-Экстрен-3». Генотипирование проводили методом ПЦР с аллель-специфичными праймерами: для *E3* и *E4* реакцию выполняли как в мультиплексном, так и в раздельном форматах, для *E1* и *E2* – только в раздельных реакциях; локус *E2* анализировали с использованием CAPS-маркера после рестрикции эндонуклеазой *DraI*. Установлено, что все изученные сорта несут нефункциональные аллели *E1* (*e1-as* или *e1-fs*); все образцы, за исключением сорта Саска, имеют рецессивный (нефункциональный) аллель *e2-ns* в гомозиготном состоянии, тогда как сорт Саска имеет только доминантный вариант *E2*. По гену *E3* выявлены аллели *E3-Ha* (5 сортов) и *e3-tr* (6 сортов); по гену *E4* только сорт Нидака содержит мутантный аллель *e4-SORE*, остальные несут функциональный *E4*. Показано, что мультиплексная ПЦР дает результаты, полностью совпадающие с раздельной амплификацией, при этом существенно сокращая трудозатраты и расход реактивов. Наибольший потенциал скороспелости выявлен у сорта Нидака, сочетающего четыре нефункциональных аллеля (*e1-fs*, *e2-ns*, *e3-tr*, *e4-SORE*). Полученные данные могут быть использованы для целенаправленного подбора родительских форм в селекции на адаптацию к условиям длинного дня.

Ключевые слова: соя (*Glycine max*), фотопериодическая чувствительность, гены *E1–E4*, аллель-специфичные маркеры, мультиплексная ПЦР, скороспелость, генотипирование, молекулярные маркеры

Для цитирования: Катрушенко А. А., Тимкин П. Д., Пензин А. А., Галиченко А. П. Генотипирование генов *E1–E4* сортов сои с использованием аллель-специфичных маркеров: апробация мультиплексной ПЦР для локусов *E3* и *E4* // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 26–37. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-26-37>.

Original article

Genotyping of soybean *E1–E4* genes using allele-specific markers: validation of multiplex PCR for the *E3* and *E4* loci**Anastasiya A. Katrushenko¹, Pavel D. Timkin²,
Andrei A. Penzin³, Anna P. Galichenko⁴**^{1, 2, 3, 4} All-Russian Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ lsi@vniisoi.ru, ² tpd@vniisoi.ru, ³ paa@vniisoi.ru, ⁴ gap@vniisoi.ru

Abstract. Photoperiod sensitivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) limits its cultivation at high latitudes. Therefore, assessing the allelic composition of key genes *E1–E4*, which control flowering and maturation, is an important task for breeding programs. The aim of this study was to validate multiplex PCR for genotyping the *E3* and *E4* loci in comparison with the conventional approach of separate amplification, as well as to screen the allelic state of genes *E1*, *E2*, *E3*, and *E4* in 11 soybean varieties of different ecogeographical origin cultivated in the Amur region. DNA was isolated from seeds using the DNA-Extran-3 kit. Genotyping was performed by PCR with allele-specific primers: for *E3* and *E4*, the reaction was performed in both multiplex and separate formats, while for *E1* and *E2*, only separate reactions were used. The *E2* locus was analyzed using a CAPS marker after restriction with the *DraI* endonuclease. It was found that all studied varieties carry non-functional *E1* alleles (*e1-as* or *e1-fs*); all varieties, except for *Saska*, carry the recessive (non-functional) *e2-ns* allele in a homozygous state, while *Saska* has only the dominant *E2* variant. For the *E3* gene, the *E3-Ha* (5 varieties) and *e3-tr* (6 varieties) alleles were detected; for the *E4* gene, only the *Hidaka* variety contains the mutant allele *e4-SORE*, the others carry the functional *E4*. It was shown that multiplex PCR gives results that are completely consistent with separate amplification, while significantly reducing labor costs and reagent consumption. The greatest potential for early maturity was found in the *Hidaka* variety, which combines four non-functional alleles (*e1-fs*, *e2-ns*, *e3-tr*, *e4-SORE*). The obtained data can be used for targeted selection of parental forms in breeding for adaptation to long-day conditions.

Keywords: soybean (*Glycine max*), photoperiod sensitivity, *E1–E4* genes, allele-specific markers, multiplex PCR, early maturity, genotyping, molecular markers

For citation: Katrushenko A. A., Timkin P. D., Penzin A. A., Galichenko A. P. Genotyping of soybean *E1–E4* genes using allele-specific markers: validation of multiplex PCR for the *E3* and *E4* loci. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:26–37. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-26-37>.

Введение. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) является растением короткого дня, что обуславливает ее чувствительность к фотопериоду и, как следствие, сужает естественный ареал распространения культуры в пределах ограниченного диапазона широт. Несмотря на эту особенность, соя остается важнейшей в мире зернобобовой культурой [1].

Фотопериодизм представляет собой физиологическую реакцию растений на изменение продолжительности светлого и темного времени суток. Впервые это явление было описано у сои и табака, а впоследствии его присутствие подтверждено у широкого круга видов. Изучение фотопериодической реакции заложило основу для понимания механизмов регуляции сезонных ритмов у растений – от инициации цветения до процессов роста и репродуктивного развития. Кроме того, фотопериод определяет также смену этапов развития и продолжительность всего вегетационного периода.

Время наступления цветения и созревания относится к экологически и агрономически значимым признакам, определяющих успешность адаптации сортов сои. Поскольку фотопериодическая

реакция у сои выражена ярко, в условиях длинного светового дня, характерного для высоких широт, востребованы генотипы с пониженной чувствительностью к фотопериоду, способные полностью созреть до наступления осенних заморозков [2–4].

В северных широтах, где продолжительный день сочетается с укороченным безморозным периодом, многие традиционные сорта растений демонстрируют значительное замедление переходов к цветению и созреванию. Такое фенотипическое проявление напрямую сдвигает сроки уборочных работ и негативно отражается на количественных и качественных показателях урожая [5].

При продвижении с юга на север вегетационный период сои закономерно удлиняется. Цветение и созревание сои находится под контролем множества генов, среди которых 12 локусов – *E1–E11* и *J*. Особое значение имеют гены *E1–E4*, которые вносят решающий вклад в адаптацию сортов к различным широтам, определяют чувствительность к фотопериоду и влияют на продолжительность вегетационного периода от прорастания до цветения и созревания [6, 7].

Фотопериодическая регуляция цветения и созревания сои опосредована сложной сетью генетических взаимодействий. Доказано, что локусы *E1*, *E3*, *E4* и *E7* непосредственно чувствительны к фотопериоду и условиям освещения; при этом *E1*, *E3* и *E4* взаимодействуют с *E2*, *E9* и *J*, совместно контролируя переход к цветению и созреванию [8, 9].

По характеру наследования все доминантные аллели, обуславливающие позднее цветение (*E1*, *E2*, *E3*), проявляют частичное доминирование над соответствующими рецессивными аллелями раннего цветения (*e1*, *e2*, *e3*) [8]. Сорта, несущие доминантные варианты генов *E1–E4*, демонстрируют выраженную задержку цветения и созревания, тогда как рецессивные аллели этих локусов снижают фотопериодическую чувствительность и ускоряют развитие. При этом каждый из четырех локусов выполняет специфические функции в регуляции сроков цветения и созревания [8, 10, 11].

Локус *E1* кодирует специфичный для бобовых транскрипционный фактор с доменом ВЗ, который подавляет цветение. Он оказывает наиболее сильное влияние на время цветения при различных условиях окружающей среды [8]. Среди его мутантных аллелей: *e1-fs* (делеция одного нуклеотида со сдвигом рамки считывания) и *e1-nl* (полная делеция гена) – полностью нефункциональны, тогда как *e1-as* (миссенс-мутация) частично сохраняет активность, и сорта с этим генотипом занимают промежуточное положение по срокам цветения и созревания между растениями с функциональным *E1* и полностью утратившим функцию *e1-fs* [10].

Локус *E2* проявляет высокую гомологию с белком GIGANTEA арабидопсиса, участвующим в циркадном ритме, и действует как ингибитор цветения в условиях длинного дня. Это указывает на эволюционную консервативность фотопериодического пути регуляции цветения среди покрытосеменных растений. У сои выявлено 3 ортолога GIGANTEA с разными функциями, при этом *E2* связан с регуляцией процессов цветения и циркадного ритма. Это второй по значимости локус, определяющий фотопериодическую чувствительность сои. Его рецессивный аллель *e2-ns* несет нонсенс-мутацию (однонукле-

отидную замену, приводящую к преждевременному стоп-кодону), что делает белок нефункциональным и устраняет задерживающий цветение эффект [7, 8, 10].

Гены *E3* и *E4* кодируют изоформы фитохрома А (GmPhyA3 и GmPhyA2 соответственно) и контролируют цветение при различном соотношении красного и дальнего красного света (R/FR): *E3* реагирует на высокое отношение R/FR, *E4* – на низкое. Доминантные аллели *E3* и *E4* активируют экспрессию *E1*, что ведет к позднему цветению как при коротком, так и при длинном дне, тогда как рецессивные варианты *e3* и *e4* обуславливают нечувствительность к длинному фотопериоду и более ускоренное развитие [7].

Аллели *E3-Mi* и *E3-Ha* кодируют функциональный белок, тогда как мутантные варианты *e3-ns*, *e3-tr*, *e3-fs* и *e3-Mo* приводят к образованию нефункционального продукта. Среди рецессивных аллелей локуса *E4* наиболее частым в сортах из разных регионов мира является аллель *e4-SORE*, возникший вследствие вставки ретротранспозона. Он обуславливает синтез укороченного белка. Другие мутантные аллели (*e4-oto*, *e4-tsu*, *e4-kam* и *e4-kes*) встречаются значительно реже [6, 10, 11].

Несмотря на то, что в настоящее время идентифицировано 11 локусов *E*-серии (*E1–E11*) и ген *J*, контролирующих фотопериодическую реакцию и сроки цветения сои, большинство исследований посвящено генам *E1*, *E2*, *E3* и *E4*. Эти четыре локуса были клонированы и детально охарактеризованы на молекулярном уровне раньше других, что позволило идентифицировать их основные функциональные и нефункциональные аллели и разработать надежные аллель-специфичные маркеры. Хорошо изучены их основные аллельные варианты (например, *e1-as*, *e1-fs*, *e2-ns*, *e3-tr*, *e4-SORE*). Также клонированы и частично охарактеризованы *E9* и *J* [3, 12]. Для остальных генов (*E5–E11* и *J*) молекулярная структура либо еще не установлена, либо они только картированы на хромосомах. Существование некоторых локусов (например, *E5*) до сих пор не подтверждено на молекулярном уровне [7].

Для идентификации аллельных вариантов генов фотопериодизма в настоящее время широко используются молекулярно-генетические методы, среди которых

наиболее распространены аллель-специфичная ПЦР (AS-PCR) и ПЦР с последующим рестрикционным анализом (CAPS). Данные подходы позволяют проводить анализ большого количества образцов с высокой точностью и воспроизводимостью.

Аллельные вариации *E1–E4* генов рассматриваются как главные генетические детерминанты, определяющие адаптацию сортов к различным широтным условиям. Их аллельные комбинации могут объяснить 62–66 % различий в цветении сои, указывая на то, что они играют важную роль в определении сроков цветения сои и зоны произрастания [3, 10]. Кроме того, гены *E1* и *E2* обладают плейотропным действием, влияя не только на сроки цветения, но и на признаки, связанные с урожайностью и качеством семян, что делает их особенно привлекательными для селекции [3]. Это подчеркивает ключевую роль аллельного состава локусов *E1–E4* в фотопериодической реакции сои.

Возделывание сои в Амурской области сосредоточено в широтном диапазоне от 49 до 53 градусов северной широты, где относительно короткий безморозный период варьирует от 90–100 дней на севере до 120–130 дней на юге, а продолжительность светового дня в летние месяцы достигает 16–17 часов. Такие условия требуют использования сортов с пониженной фотопериодической чувствительностью, способных завершать полный цикл развития в сжатые сроки. В регионе возделывается широкий спектр сортов, адаптированных к местным условиям, однако преобладающая часть из них относится к среднеспелой группе [13].

Целями исследований являлись:

1. *Апробация мультиплексного формата ПЦР для одновременной детекции аллелей генов E3 и E4 в сравнении с традиционным подходом раздельной ПЦР каждой парой праймеров.*

2. *Оценка аллельного состава локусов E1–E4 у коллекции из 11 сортов сои различного происхождения, выращиваемых в Амурской области, для определения их фотопериодической реакции и прогноза скороспелости в условиях высоких широт.*

Материалы и методы исследований. Объектом исследований служили 11 сортов сои различного эколого-геогра-

фического происхождения: Jim (США), Саска (Канада), Киото (Канада), Терек (Украина), Кордоба (Австрия), НС Катя (Сербия), Нidaka (Япония), Хэйхэ 12 и Хэйхэ 43 (КНР), а также два сорта селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои – Сентябрька и Куханна. Семена урожая 2025 г.

Выделение геномной ДНК проводили из семян (предварительно удаляли семенные оболочки) с использованием набора «ДНК-Экстрем-3» (Синтол, Россия) согласно протоколу производителя. Анализировали по 5 индивидуальных семян каждого сорта, что позволяло оценить внутрисортную однородность по исследуемым локусам.

Концентрацию и чистоту ДНК оценивали на спектрофотометре EZDrop (Blue-Ray Biotech, Китай). Для анализа отбирали образцы с отношением оптических плотностей A260/A280 в интервале 1,8–2,0 и концентрацией ~100 нг/мкл.

ПЦР-амплификацию проводили на амплификаторе QuantGene 9600 (Bioer, Китай) с использованием аллель-специфичных праймеров для генов *E1*, *E2*, *E3* и *E4* (табл. 1), подобранных по литературным данным.

Состав реакционной смеси (общий объем 25 мкл): 12,5 мкл 2× ПЦР-смеси БиоМастер HS-Taq ПЦР-Color (Биолаб-микс, Россия); по 1 мкл прямого и обратного праймеров; 1 мкл ДНК-матрицы, а также 9,5 мкл стерильной деионизированной воды. Для мультиплексной ПЦР генов *E3* и *E4* в реакционную смесь добавляли по 0,6 мкл каждого из четырех праймеров (для *E3*) и по 0,8 мкл каждого из трех праймеров (для *E4*), корректируя объем воды. Исходные стоковые растворы праймеров, имеющие концентрацию 100 мкМ, перед использованием разводили дистиллированной водой в 50 раз, получая рабочие растворы концентрацией 2 мкМ.

Дополнительно для верификации результатов проводили раздельную амплификацию каждой парой праймеров для генов *E3* (с парами FR1, FR2, FR3) и *E4* (с парами FR1, FR2).

Программа амплификации включала следующие этапы:

– предварительная денатурация при температуре 95 °C (5 мин);

Таблица 1 – Используемые аллель-специфичные праймеры

Table 1 – Allele-specific primers used in this study

Ген/ аллель	Последовательность (5'→3')	Длина продукта, пар нуклеотидов	Рекомендуемая температура отжига, °C	Номер источника
<i>E1</i>	F: GGGAGCAGTGTCAAAAGAAGAG R: GTGCTATCCCTTAGTTAATTAAATA	1 403	60	14
<i>E1/e1-fs/ e1-nl</i>	F: CACTCAAATTAAGCCCTTTCA R: TCCGATCTCATCACCTTTCC	547	55	15
<i>e1-as</i>	F: GGGAGCAGTGTCAAAAGAAGAC R: GTGCTATCCCTTAGTTAATTAAATT	1 403	60	14
<i>E2</i> (CAPS- маркер)	F: GAAGCCCATCAGAGGCATGTCTTATT R: AAGCCTATGCCAGCTAGGTATTT	<i>E2</i> : 130 <i>e2-ns</i> : 107+23	55	16
<i>E3</i>	F: TGGAGGGTATTGGATGATGC R1: CTAAGTCCGCCTCTGGTTTCAG R2: CGGTCAAGAGCCAACATGAG R3: GTCCTATACAATTCTTTACGACG	<i>E3-Mi</i> : 1 339 <i>E3-Ha</i> : 558 <i>e3-tr</i> : 275	58	17
<i>E4</i>	F: AGACGTAGTGCTAGGGCTAT R1: GCATCTCGCATCACCAGATCA R2: GTCATCCCTTCGAATTCAG	<i>E4</i> : 1 229 <i>e4-SORE-1</i> : 837	58	18

– 40 циклов: денатурация при температуре 95 °C (10 с), отжиг праймеров при 55–62 °C (в зависимости от пары) (20 с), элонгация при 72 °C (30 с);

– финальная элонгация при температуре 72 °C (5 мин).

Для генотипирования локуса *E2* использовали CAPS-маркер: после ПЦР продукты гидролизировали эндонуклеазой рестрикции *DraI* (СибЭнзим, Россия) согласно рекомендациям производителя. Смесь общим объемом 20 мкл состояла из ПЦР-продукта (8 мкл), 10× SE-буфера G (2 мкл), BSA (2 мкл), *DraI* (2 мкл) и воды (6 мкл). Условия инкубации: ночь (16 час) при температуре 37 °C, затем 20 мин при 65 °C для инактивации фермента.

Для оптимизации мультиплексной ПЦР проводили подбор температуры отжига в диапазоне от 58 до 65 °C. Критериями оптимальности служили наличие целевого продукта ожидаемого размера, отсутствие неспецифических фрагментов и сопоставимая интенсивность амплификации всех аллелей в мультиплексной реакции по сравнению с отдельной.

Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 1,5-процентном агарозном геле с добавлением бромистого этидия в камере для горизонтального электрофореза SE-1 (Хеликон, Россия) в

0,5×TBE, с силой тока 50 мА и напряжением 100 В. Визуализацию и документирование результатов осуществляли в системе Gel Doc Ez Imager (Bio-Rad, США).

В качестве маркеров молекулярной массы использовали ДНК-маркеры 50 bp или 100 bp+ (Евроген, Россия).

Результаты исследований и их обсуждение. В результате генотипирования 11 сортов сои по локусам *E1–E4* установлен аллельный состав каждого образца (табл. 2). Ни один из исследованных сортов не содержит функционального (доминантного) аллеля *E1*: все образцы несут либо *e1-as* (миссенс-мутация с частичной потерей функции), либо *e1-fs* (мутация со сдвигом рамки считывания, полностью утрачивающая функцию).

По локусу *E2* у 10 из 11 изученных сортов выявлен рецессивный аллель *e2-ns* в гомозиготном состоянии. Исключение составляет сорт Саска, который является гомозиготным по функциональному аллелю *E2*. По гену *E3* распределение следующее: 5 сортов (Терек, НС Катя, Киото, Саска, Сентябрька) имеют аллель *E3-Ha*, 6 сортов (Jim, Hidaka, Хэйхэ 12, Хэйхэ 43, Кордоба, Куханна) – аллель *e3-tr*.

По локусу *E4* доминантный аллель выявлен у всех сортов, за исключением Hidaka, у которого детектирован мутант-

Таблица 2 – Аллельный состав *E1–E4* проанализированных сортовTable 2 – Allelic composition of *E1–E4* in the analyzed varieties

Сорт	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>
Jim	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>E4</i>
Терек	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>E3-Ha</i>	<i>E4</i>
НС Катя	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>E3-Ha</i>	<i>E4</i>
Hidaka	<i>e1-fs</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>e4-SORE</i>
Хэйхэ 12	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>E4</i>
Хэйхэ 43	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>E4</i>
Саска	<i>e1-fs</i>	<i>E2</i>	<i>E3-Ha</i>	<i>E4</i>
Киото	<i>e1-fs</i>	<i>e2-ns</i>	<i>E3-Ha</i>	<i>E4</i>
Кордоба	<i>e1-fs</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>E4</i>
Сентябринка	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>E3-Ha</i>	<i>E4</i>
Куханна	<i>e1-as</i>	<i>e2-ns</i>	<i>e3-tr</i>	<i>E4</i>

ный аллель *e4-SORE*. Всего среди изученных сортов по генам *E1–E4* выявлено четыре комбинации аллелей.

Скороспелость сортов коррелирует с накоплением рецессивных (нефункциональных) вариантов изученных генов. Наиболее раннеспелый генотип – Hidaka, сочетающий четыре нефункциональных аллеля: *e1-fs* (полная потеря функции *E1*), *e2-ns* (нефункциональный *E2*), *e3-tr* (нефункциональный *E3*) и *e4-SORE* (нефункциональный *E4*). Такая комбинация обеспечивает максимальную фотопериодическую нейтральность и, следовательно, наиболее раннее цветение и созревание среди всех рассматриваемых сортов.

К группе раннеспелых сортов отнесены также Jim, Хэйхэ 12, Хэйхэ 43, Кордоба и Куханна, которые несут нефункциональный *E1* (*e1-as* или *e1-fs*) в сочетании с *e2-ns* и *e3-tr* при сохранении функционального *E4*. Наличие *e3-tr* снижает фотопериодическую чувствительность и ускоряет развитие по сравнению с генотипами, сохраняющими функциональный *E3*.

Группа среднеспелых сортов (Терек, НС Катя, Киото, Сентябринка) характеризуется наличием нефункциональных *E1* (*e1-as* или *e1-fs*) и *e2-ns*, но сохраняет функциональный *E3* (*E3-Ha*), что частично замедляет переход к цветению. Наиболее поздним в этой группе является сорт Саска – единственный среди изученных, несущий функциональный аллель *E2* (без мутации *e2-ns*). Доминантный *E2* усиливает ингибирующий эффект на цветение в условиях длинного дня, что делает

сорт Саска более поздним по сравнению с остальными среднеспелыми сортами, несмотря на наличие *e1-fs*.

Сравнение полученных результатов с литературными данными выявило общие закономерности в распределении аллелей *E1–E4*.

По общей аллельной структуре: сочетание нефункциональных аллелей *E1* (у всех сортов), *E2* (у 10 из 11 сортов) и *E3* (у 6 из 11 сортов) представляет собой типичный аллельный профиль для сортов, адаптированных к условиям высоких широт, и хорошо согласуется с литературными данными для северных регионов.

Анализ аллельных комбинаций, проведенный в работе Jia с соавторами для сортов Северо-Восточного Китая и Дальнего Востока России, выявил широкий спектр из семи генотипов по локусам *E1–E4*; при этом локусы *E1* и *E2* были представлены преимущественно рецессивными аллелями [19]. Авторы отметили разнообразие аллельных комбинаций, обеспечивающих раннее созревание в высоких широтах. В исследованных нами сортах также наблюдается несколько комбинаций, различающихся по сочетанию функциональных и нефункциональных аллелей *E1–E4*. Это подтверждает, что селекция на скороспелость в северных регионах не сводится к единственному «оптимальному» генотипу, а допускает несколько равнозначных вариантов.

В работе Miladinović с соавторами описывается, что линии сортов североамериканского происхождения относительно

равномерно распределены между несколькими разными гаплогруппами, наиболее распространенной из которых является *e1-as/e2/E3/E4* [3]. Часть европейских сортов, рассмотренных в этой работе, имела аллельный состав *e1-as/E2/E3/E4*; примерно та же часть – *e1-as/E2/e3-tr/E4*; при этом небольшая часть имела гаплогруппу *e1-as/e2/E3/E4*. Также среди сербских сортов *e1-as/e2/E3/E4* имеют больше половины генотипов. Большинство образцов из Китая имели *e1-as/e2/e3-tr/E4*.

По локусу *E1* наши данные согласуются с опубликованными работами. Так, в работе Kurasch с соавторами показано, что среди исследованных европейских сортов чувствительный к фотопериоду аллель *E1* также отсутствует; при этом все образцы содержали либо полностью нефункциональный *e1-nl*, либо частично функциональный *e1-as* [1]. Аналогичная картина описана для американских и северо-восточных китайских сортов, где доминирует аллель *e1-as* [6]. В нашей коллекции распределение *e1-as* (7 из 11 сортов) и *e1-fs* (4 из 11 сортов) соответствует ранее описанным закономерностям для северных экотипов, у которых селекционное давление направлено на утрату функции *E1* как основного репрессора цветения в условиях длинного дня.

По локусу *E2* наши данные полностью согласуются с большинством литературных источников: у 10 из 11 изученных сортов выявлен рецессивный гомозиготный генотип *e2-ns/e2-ns*, что характерно для раннеспелых и среднеспелых сортов из северных регионов. В работе Zhang с соавторами у китайских сортов также преобладали гомозиготные генотипы *e2-ns*, частота которых возрастала в раннеспелых группах [10]. Это подтверждает, что селекция на сокращение вегетационного периода в условиях длинного дня направлена на фиксацию нефункционального аллеля *e2-ns*, который устраняет ингибирующий эффект *E2* на цветение. Исключение составляет сорт Саска, гомозиготный по функциональному *E2*; он может представлять интерес для селекционных программ, направленных на создание сортов с контролируемой задержкой цветения или для использования в качестве донора доминантного аллеля в гибридизации. В литературе также чаще всего описаны

преимущественно гомозиготные генотипы: рецессивные *e2/e2* для сербских, американских и китайских сортов или функциональные *E2/E2* для части европейских линий [3, 20].

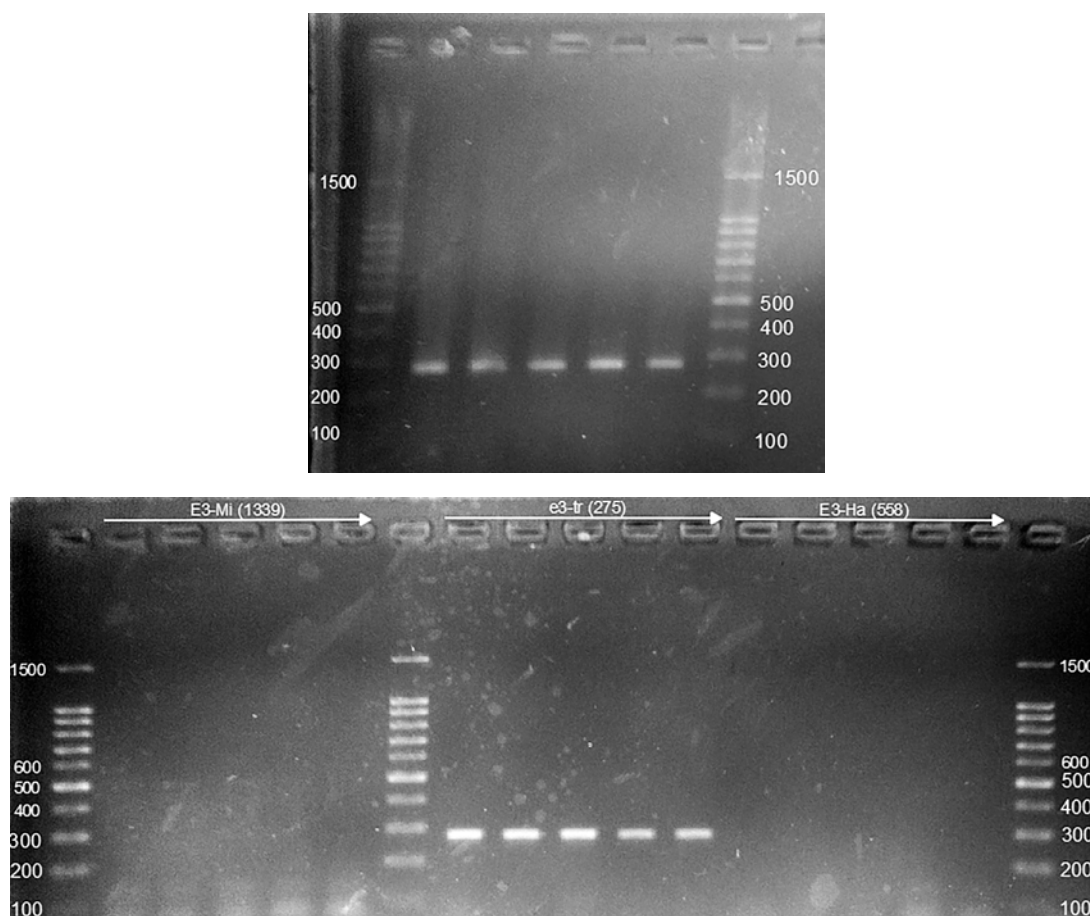
По локусу *E3* наши данные хорошо согласуются с региональными закономерностями. В работе Miladinović с соавторами часть европейских сортов имела аллель *E3-Ha*, другая часть – *e3-tr*, что обнаружено и в нашей работе (два европейских сорта с *E3-Ha* и один сорт с *e3-tr*) [3]. В исследовании у китайских сортов из бассейна Хуан-Хуай-Хай и Северо-Западного Китая все изученные образцы несли функциональные аллели *E3* (*E3-Ha* или *E3-Mi*), тогда как *e3-tr* не встречался [10]. Это отличие обусловлено, по-видимому, тем, что указанный регион Китая находится в более низких широтах, где необходимость в нефункциональном *E3* для ускорения созревания менее критична. В то же время для сортов северных регионов Китая (провинция Хэйлунцзян) характерны генотипы с несколькими рецессивными аллелями, включая *e3-tr*, который присутствует в исследованных в нашей работе северо-китайских сортах Хэйхэ 12 и Хэйхэ 43 [20]. Это подтверждает связь этого аллеля с адаптацией к высоким широтам.

По локусу *E4* анализируемые в нашем исследовании сорта в целом соответствуют литературным данным для большинства изученных регионов. В работе Zhang с соавторами все китайские сорта несли функциональный *E4* [10]. Из всех изученных в работе Miladinović с соавторами генотипов только небольшая часть из Северной Америки и Китая имела нефункциональный аллель *e4* [3]. В нашей выборке у большинства сортов также функциональный *E4*. Исключением является сорт Hidaka, у которого детектирован мутантный аллель *e4-SORE*. Этот аллель был ранее описан у образцов культурной сои из северных регионов Японии и обеспечивает максимальное ускорение цветения в сочетании с другими рецессивными аллелями [21]. Отсутствие *e4-SORE* у остальных изученных сортов указывает на то, что данный аллель является относительно редким и имеет строгое географическое происхождение, что подтверждает его уникальную ценность для селекции на скороспелость.

Сравнительный анализ мультиплексного и отдельного форматов ПЦР для генов *E3* и *E4* показал полное совпадение результатов: состав аллелей, определенный в мультиплексной реакции, совпадает с результатом при отдельной амплификации каждой парой праймеров. На примере сорта Куханна (имеющего только аллель *e3-tr*) продемонстрировано, что мультиплексная ПЦР дает четкий бэнд ожидаемого размера (275 пар нуклеотидов) в одной реакции, тогда как для получения того же результата в отдельном формате требуется постановка трех независимых ПЦР (рис. 1). Таким

образом, мультиплексный подход является надежным и более эффективным, сокращая трудозатраты и расход реактивов без потери специфичности и чувствительности.

При стандартной для праймерных систем к *E3* и *E4* температуре отжига (58 °С), рекомендованной в литературных источниках, в ПЦР-продуктах наблюдались неспецифические полосы, что, вероятно, может быть связано с недостаточной жесткостью условий гибридизации. Повышение температуры до 65 °С, наоборот, приводило к значительному снижению эффективности амплификации – в большинстве образцов



во всех пяти повторах виден только бэнд 275 п. н., соответствующий аллелю *e3-tr*; полосы *E3-Mi* (1 339) и *E3-Ha* (558) отсутствуют, так как у сорта Куханна отсутствуют оба эти аллеля; маркер длин ДНК – 100 bp+

in all five replicates, only the 275 bp band corresponding to the *e3-tr* allele is visible; the *E3-Mi* (1 339 bp) and *E3-Ha* (558 bp) bands are absent, as the variety Kukhanna lacks both of these alleles; DNA ladder – 100 bp+

Рисунок 1 – Электрофореграмма ампликонов, полученных мультиплексной ПЦР (верхний рисунок) и после трех отдельных ПЦР (отдельно для *E3-Mi*, *e3-tr* и *E3-Ha*) (нижний рисунок) для одного и того же сорта (Куханна, по пять образцов)

Figure 1 – Electropherogram of amplicons obtained by multiplex PCR (upper figure) and three separate PCR reactions (separately for *E3-Mi*, *e3-tr* and *E3-Ha*) (lower figure) for the same variety (Kukhanna, 5 samples each)

не детектировались целевые продукты. В связи с этим была подобрана оптимальная температура отжига, составившая 62 °C: при этом значении достигается четкая амплификация продукта ожидаемого размера и полное отсутствие неспецифических фрагментов. Эта закономерность наблюдалась как для мультиплексного, так и для раздельного формата ПЦР.

Заключение. В ходе выполнения работы проведена апробация мультиплексной ПЦР для генотипирования генов *E3* и *E4* у 11 сортов сои. Мультиплексный формат дает результаты, полностью идентичные раздельной амплификации каждой парой праймеров, при этом позволяет значительно сократить количество ПЦР-реакций, расход реактивов и время анализа.

Анализ аллельного состава локусов *E1–E4* выявил, что все изученные сорта несут нефункциональные аллели *E1*; 10

из 11 сортов являются гомозиготными по рецессивному аллелю *e2-ns*; по генам *E3* и *E4* распределение аллелей варьирует.

Наибольший адаптационный потенциал для возделывания в условиях длинного дня (высоких широт) имеет сорт Hidaka, сочетающий все четыре нефункциональных аллеля (*e1-fs*, *e2-ns*, *e3-tr* и *e4-SORE*), что обеспечивает максимальную фотопериодическую нейтральность.

Сорта Jim, Хэйхэ 12, Хэйхэ 43, Кордоба и Куханна, несущие *e1*, *e2-ns* и *e3-tr*, также перспективны для селекции на скороспелость.

Полученные данные могут быть использованы для целенаправленного подбора родительских форм в селекционных программах, направленных на создание сортов сои, адаптированных к условиям высоких широт.

Список источников

1. Kurasch A. K., Hahn V., Leiser W. L., Vollmann J., Schori A., Bétrix C. A. [et al.]. Identification of mega-environments in Europe and effect of allelic variation at maturity *E* loci on adaptation of European soybean // Plant, Cell & Environment. 2017. Vol. 40. No. 5. P. 765–778. doi: 10.1111/pce.12896.
2. Zhai H., Lü S., Wang Y., Chen X., Ren H., Yang J. [et al.]. Allelic variations at four major maturity *E* genes and transcriptional abundance of the *E1* gene are associated with flowering time and maturity of soybean cultivars // PLoS One. 2014. Vol. 9. No. 5. Art. e97636. doi: 10.1371/journal.pone.0097636.
3. Miladinović J., Čeran M., Đorđević V., Balešević-Tubić S., Petrović K., Đukić V. [et al.]. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections // Frontiers in Plant Science. 2018. No. 9. P. 1286. doi: 10.3389/fpls.2018.01286.
4. Lin X., Liu B., Weller J. L., Abe J., Kong F. Molecular mechanisms for the photoperiodic regulation of flowering in soybean // Journal of Integrative Plant Biology. 2021. Vol. 63. No. 6. P. 981–994. doi: 10.1111/jipb.13021.
5. Иванов С. В., Рамазанова С. А., Гучетль С. З. Использование аллель-специфичных молекулярных маркеров для скрининга аллельного состояния генов фотопериодической реакции в сортах сои // Масличные культуры. 2025. № 4 (204). С. 22–30. doi: 10.25230/2412-608X-2025-4-204-22-30. EDN GLCYKO.
6. Крупин П. Ю., Омелянюк Л. В., Самарина М. А., Архипов А. В., Асанов А. М., Ульянов Д. С. [и др.]. Анализ аллельной структуры генов фотопериодизма *E1–E4* в коллекции сои и ее влияния на сроки и продолжительность цветения в условиях Омской области // Российские нанотехнологии. 2024. Т. 19. № 6. С. 781–795. doi: 10.56304/S1992722324602544. EDN FOOVQB.
7. Федорина Я. В., Хлесткина Е. К., Сеферова И. В., Вишнякова М. А. Молекулярно-генетические механизмы, лежащие в основе продвижения ареала возделывания сои к северу // Экологическая генетика. 2022. Т. 20. № 1. С. 13–30. <https://doi.org/10.17816/ecogen83879>. EDN ILIPDF.
8. Xia Z., Zhai H., Wu H., Xu K., Watanabe S., Harada K. The synchronized efforts to decipher the molecular basis for soybean maturity loci *E1*, *E2*, and *E3* that regulate flowering and maturity // Frontiers in Plant Science. 2021. No. 12. P. 632754. doi: 10.3389/fpls.2021.632754.

9. Gupta S., Kumawat G., Agrawal N., Tripathi R., Rajesh V., Nataraj V. [et al.]. Photoperiod trait: Insight in molecular mechanism for growth and maturity adaptation of soybean (*Glycine max*) to different latitudes // Plant Breeding. 2022. No. 4 (141). P. 483–500. doi: 10.1111/pbr.13041.
10. Zhang X., Wu T., Wen H., Song W., Xu C., Han T. [et al.]. Allelic variation of soybean maturity genes *E1–E4* in Huang-Huai-Hai river valley and Northwest China // Agriculture. 2021. Vol. 11. No. 6. P. 478. doi: 10.3390/agriculture11060478.
11. Синявская М. Г., Александрович В. В., Воронкова Е. В., Томашова А. Ю., Шатарнов О. П. Генетика признака «фотопериодическая реакция» у сои // Молекулярная и прикладная генетика. 2025. Т. 38. С. 133–143. EDN XLWNYF.
12. Liu L., Song W., Wang L., Sun X., Qi Y., Wu T. [et al.]. Allele combinations of maturity genes *E1–E4* affect adaptation of soybean to diverse geographic regions and farming systems in China // PLoS One. 2020. Vol. 15. No. 7. Art. e0235397. doi: 10.1371/journal.pone.0235397.
13. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Титов С. А. Новые сорта сои для Дальневосточного региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3 (55). С. 68–75. doi: 10.22450/1999-6837-2020-3-68-75. EDN GUITGP.
14. Перфильев Р. Н., Щербань А. Б., Салина Е. А. Разработка панели маркеров для генотипирования отечественных сортов сои по генам, контролирующим срок вегетации и реакцию на фотопериод // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 7. С. 761–769. doi: 10.18699/VJ21.087. EDN DKOSYA.
15. Xia Z., Watanabe S., Yamada T., Tsubokura Y., Nakashima H., Zhai H. [et al.]. Positional cloning and characterization reveal the molecular basis for soybean maturity locus *E1* that regulates photoperiodic flowering // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2012. No. 32 (109). P. E2155–64. doi: 10.1073/pnas.1117982109.
16. Watanabe S., Xia Z., Hideshima R., Tsubokura Y., Sato S., Yamanaka N. [et al.]. A map-based cloning strategy employing a residual heterozygous line reveals that the *GIGANTEA* gene is involved in soybean maturity and flowering // Genetics. 2011. No. 2 (188). P. 395–407. doi: 10.1534/genetics.110.125062.
17. Watanabe S., Hideshima R., Xia Z., Tsubokura Y., Sato S., Nakamoto Y. [et al.]. Map-based cloning of the gene associated with the soybean maturity locus *E3* // Genetics. 2009. No. 4 (182). P. 1251–1262. doi: 10.1534/genetics.108.098772.
18. Liu B., Kanazawa A., Matsumura H., Takahashi R., Harada K., Abe J. Genetic redundancy in soybean photoresponses associated with duplication of the phytochrome A gene // Genetics. 2008. No. 2 (180). P. 995–1007. doi: 10.1534/genetics.
19. Jia H., Jiang B., Wu C., Lu W., Hou W., Sun S. [et al.]. Maturity group classification and maturity locus genotyping of early-maturing soybean varieties from high-latitude cold regions // PLoS One. 2014. Vol. 9. No. 4. Art. e94139. doi: 10.1371/journal.pone.0094139.
20. Zheng N., Guo Y., Wang S., Zhang H., Wang L., Gao Y. [et al.]. Identification of *E1–E4* allele combinations and ecological adaptability of soybean varieties from different geographical origins in China // Frontiers in Plant Science. 2023. No. 14. P. 1222755. doi: 10.3389/fpls.2023.1222755.
21. Tsubokura Y., Watanabe S., Xia Z., Kanamori H., Yamagata H., Kaga A. [et al.]. Natural variation in the genes responsible for maturity loci *E1*, *E2*, *E3* and *E4* in soybean // Annals of Botany. 2014. No. 3 (113). P. 429–441. doi: 10.1093/aob/mct269.

References

1. Kurasch A. K., Hahn V., Leiser W. L., Vollmann J., Schori A., Béatrix C. A. [et al.]. Identification of mega-environments in Europe and effect of allelic variation at maturity *E* loci on adaptation of European soybean. Plant, Cell & Environment, 2017;40;5:765–778. doi: 10.1111/pce.12896.
2. Zhai H., Lü S., Wang Y., Chen X., Ren H., Yang J. [et al.]. Allelic variations at four major maturity *E* genes and transcriptional abundance of the *E1* gene are associated with flowering time and maturity of soybean cultivars. PLoS One, 2014;9;5:e97636. doi: 10.1371/journal.pone.0097636.

3. Miladinović J., Čeran M., Dorđević V., Balešević-Tubić S., Petrović K., Đukić V. [et al.]. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections. *Frontiers in Plant Science*, 2018;9:1286. doi: 10.3389/fpls.2018.01286.
4. Lin X., Liu B., Weller J. L., Abe J., Kong F. Molecular mechanisms for the photoperiodic regulation of flowering in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2021;63;6:981–994. doi: 10.1111/jipb.13021.
5. Ivanov S. V., Ramazanov S. A., Guchetl S. Z. Use of allele-specific molecular markers for screening the allele status of photoperiodic response genes in soybean varieties. *Maslichnye kul'tury*, 2025;4(204):22–30. doi: 10.25230/2412-608X-2025-4-204-22-30. EDN GLCYKO (in Russ.).
6. Krupin P. Yu., Omelyanyuk L. V., Samarina M. A., Arkhipov A. V., Asanov A. M., Ulyanov D. S. [et al.]. Analysis of the allelic structure of *E1–E4* photoperiodism genes in the soybean collection and its effect on the timing and duration of flowering in the Omsk region. *Rossiiskie nanotekhnologii*, 2024;19;6:781–795. doi: 10.56304/S1992722324602544. EDN FOOVQB (in Russ.).
7. Fedorina Ya. V., Khlestkina E. K., Seferova I. V., Vishnyakova M. A. Molecular and genetic mechanisms underlying the advancement of soybean cultivation area to the north. *Ekologicheskaya genetika*, 2022;20;1:13–30. <https://doi.org/10.17816/ecogen83879>. EDN ILIPDF (in Russ.).
8. Xia Z., Zhai H., Wu H., Xu K., Watanabe S., Harada K. The synchronized efforts to decipher the molecular basis for soybean maturity loci *E1*, *E2*, and *E3* that regulate flowering and maturity. *Frontiers in Plant Science*, 2021;12:632754. doi: 10.3389/fpls.2021.632754.
9. Gupta S., Kumawat G., Agrawal N., Tripathi R., Rajesh V., Nataraj V. [et al.]. Photoperiod trait: Insight in molecular mechanism for growth and maturity adaptation of soybean (*Glycine max*) to different latitudes. *Plant Breeding*, 2022;4(141):483–500. doi: 10.1111/pbr.13041.
10. Zhang X., Wu T., Wen H., Song W., Xu C., Han T. [et al.]. Allelic variation of soybean maturity genes *E1–E4* in Huang-Huai-Hai river valley and Northwest China. *Agriculture*, 2021;11;6:478. doi: 10.3390/agriculture11060478.
11. Sinyavskaya M. G., Aleksandrovich V. V., Voronkova E. V., Tomashova A. Yu., Shatarnov O. P. Genetics of the trait "photoperiodic reaction" in soybean. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*, 2025;38:133–143 EDN XLWNYF (in Russ.).
12. Liu L., Song W., Wang L., Sun X., Qi Y., Wu T. [et al.]. Allele combinations of maturity genes *E1–E4* affect adaptation of soybean to diverse geographic regions and farming systems in China. *PLoS One*, 2020;15;7:e0235397. doi: 10.1371/journal.pone.0235397.
13. Fokina E. M., Belyaeva G. N., Titov S. A. New soybean varieties for the Far East region. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2020;3(55):68–75. doi: 10.22450/1999-6837-2020-3-68-75. EDN GUITGP (in Russ.).
14. Perfil'yev R. N., Shcherban A. B., Salina E. A. Development of a marker panel for genotyping of domestic soybean cultivars for genes controlling the duration of vegetation and response to photoperiod. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2021;25;7:761–769. doi: 10.18699/VJ21.087. EDN DKOSYA (in Russ.).
15. Xia Z., Watanabe S., Yamada T., Tsubokura Y., Nakashima H., Zhai H. [et al.]. Positional cloning and characterization reveal the molecular basis for soybean maturity locus *E1* that regulates photoperiodic flowering. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012;32(109):E2155–64. doi: 10.1073/pnas.1117982109.
16. Watanabe S., Xia Z., Hideshima R., Tsubokura Y., Sato S., Yamanaka N. [et al.]. A map-based cloning strategy employing a residual heterozygous line reveals that the *GIGANTEA* gene is involved in soybean maturity and flowering. *Genetics*, 2011;2(188):395–407. doi: 10.1534/genetics.110.125062.
17. Watanabe S., Hideshima R., Xia Z., Tsubokura Y., Sato S., Nakamoto Y. [et al.]. Map-based cloning of the gene associated with the soybean maturity locus *E3*. *Genetics*, 2009;4(182):1251–1262. doi: 10.1534/genetics.108.098772.
18. Liu B., Kanazawa A., Matsumura H., Takahashi R., Harada K., Abe J. Genetic redundancy in soybean photoresponses associated with duplication of the phytochrome A gene. *Genetics*, 2008;2(180):995–1007. doi: 10.1534/genetics.

19. Jia H., Jiang B., Wu C., Lu W., Hou W., Sun S. [et al.]. Maturity group classification and maturity locus genotyping of early-maturing soybean varieties from high-latitude cold regions. PLoS One, 2014;9;4:e94139. doi: 10.1371/journal.pone.0094139.

20. Zheng N., Guo Y., Wang S., Zhang H., Wang L., Gao Y. [et al.]. Identification of *E1–E4* allele combinations and ecological adaptability of soybean varieties from different geographical origins in China. Frontiers in Plant Science, 2023;14:1222755. doi: 10.3389/fpls.2023.1222755.

21. Tsubokura Y., Watanabe S., Xia Z., Kanamori H., Yamagata H., Kaga A. [et al.]. Natural variation in the genes responsible for maturity loci *E1*, *E2*, *E3* and *E4* in soybean. Annals of Botany, 2014;3(113):429–441. doi: 10.1093/aob/mct269.

© Катрушенко А. А., Тимкин П. Д., Пензин А. А., Галиченко А. П., 2026

Статья поступила в редакцию 03.07.2026; одобрена после рецензирования 08.09.2026; принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 03.07.2026; approved after reviewing 08.09.2026; accepted for publication 09.09.2026.

Информация об авторах

Катрушенко Анастасия Андреевна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, lsi@vniisoi.ru;

Тимкин Павел Дмитриевич, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, tpd@vniisoi.ru;

Пензин Андрей Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, paa@vniisoi.ru;

Галиченко Анна Петровна, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, gap@vniisoi.ru

Information about authors

Anastasiya A. Katrushenko, Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Soybean, lsi@vniisoi.ru;

Pavel D. Timkin, Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Soybean, tpd@vniisoi.ru;

Andrei A. Penzin, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Soybean, paa@vniisoi.ru;

Anna P. Galichenko, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Soybean, gap@vniisoi.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.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.52/.58.087.7:577.152.34

EDN PUTENS

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-38-43>**Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови
у цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты****Ольга Витальевна Атавина**Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия, Atavina72@gmail.com

Аннотация. Щелочная фосфатаза является ключевым ферментом минерального обмена и маркером состояния костной ткани. У быстрорастущих цыплят-бройлеров нарушения в ее активности могут свидетельствовать о дисбалансе кальциево-фосфорного обмена. Парааминобензойная кислота как витаминоподобное вещество обладает метаболическим потенциалом, однако ее влияние на активность щелочной фосфатазы и, как следствие, на процессы костеобразования у бройлеров в разные сезоны года изучены недостаточно. Научно-хозяйственный опыт проведен в производственных условиях (на предприятии бройлерного птицеводства) Приамурья в разные сезоны года на цыплятах-бройлерах кросса «Hubbard F15 White». Птицу разделяли на контрольную группу, получавшую основной рацион, и опытную группу, дополнительно к основному рациону получавшую парааминобензойную кислоту. Установлено, что добавка парааминобензойной кислоты оказывала модулирующее влияние на активность щелочной фосфатазы, характер которого зависел от возраста птицы и сезона года. В начальный период выращивания (15 дней) различия между группами были незначительными. Однако к финальной стадии откорма (30–43 дня) в опытных группах в большинстве сезонов наблюдалось статистически значимое ($p < 0,05–0,01$) снижение активности щелочной фосфатазы по сравнению с контролем. Наиболее выраженное снижение зарегистрировано весной (на 21,9 % в 30 дней) и летом (на 21,1 % в 37 дней). При этом в те же периоды в костной ткани птиц опытных групп отмечалось повышение содержания золы, кальция и фосфора. Снижение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови на фоне применения парааминобензойной кислоты при одновременном усилении минерализации костной ткани свидетельствует о более эффективном и сбалансированном протекании процессов костеобразования.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, парааминобензойная кислота, щелочная фосфатаза, минеральный обмен, костная ткань, сезонность

Для цитирования: Атавина О. В. Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови у цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 38–43. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-38-43>.

Original article

**Alkaline phosphatase content in blood serum
of broiler chickens with the use of para-aminobenzoic acid****Olga V. Atavina**Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russian Federation, Atavina72@gmail.com

Abstract. Alkaline phosphatase is a key enzyme of mineral metabolism and a marker of bone tissue condition. In fast-growing broiler chickens, disturbances in its activity may indicate an imbalance in calcium-phosphorus metabolism. Para-aminobenzoic acid, as a vitamin-like substance, possesses metabolic potential. However, its effect on alkaline phosphatase activity and, consequently, on bone formation processes in broilers during different seasons of the year has been insufficiently studied. The scientific and economic experiment was conducted under production conditions (at a broiler poultry farm) in the Amur region during different seasons of the year on Hubbard F15 White broiler chickens. The bird was divided into a control group receiving the basic diet and an experimental group receiving para-aminobenzoic acid in addition to the basic diet. It was found that para-aminobenzoic acid supplementation exerted a modulating effect on alkaline phosphatase activity, the nature of which depended on the age of the birds and the season. In the initial rearing period (15 days), differences between groups were insignificant. Nevertheless, during the final fattening stage (30–43 days), the experimental groups in most seasons showed a statistically significant ($p < 0.05–0.01$) decrease in alkaline phosphatase activity compared to the control. The most pronounced decrease was recorded in spring (by 21.9% at 30 days) and summer (by 21.1% at 37 days). At the same time, in the same periods, the bone tissue of birds in the experimental groups showed increased ash, calcium, and phosphorus content. The decrease in serum alkaline phosphatase activity against the background of para-aminobenzoic acid supplementation, accompanied by enhanced bone mineralization, indicates a more efficient and balanced course of bone formation processes.

Keywords: broiler chickens, para-aminobenzoic acid, alkaline phosphatase, mineral metabolism, bone tissue, seasonality

For citation: Atavina O. V. Alkaline phosphatase content in blood serum of broiler chickens with the use of para-aminobenzoic acid. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:38–43. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-38-43>.

Введение. Интенсификация современного бройлерного птицеводства предъявляет более высокие требования к сбалансированности рационов по всем питательным и биологически активным веществам. Особую роль при этом играет минеральный обмен, адекватность которого определяет не только скорость роста, но и здоровье опорно-двигательного аппарата птицы [1]. Ключевым ферментом, участвующим в метаболизме костной ткани, является щелочная фосфатаза. Она катализирует гидролиз моноэфиров фосфорной кислоты в щелочной среде, обеспечивая тем самым доступность неорганического фосфата для процессов минерализации [2].

У растущих животных и птицы высокая активность щелочной фосфатазы (ЩФ) ассоциирована с активностью остеобластов и процессами костеобразования [3]. Однако чрезмерно высокая активность этого фермента в сыворотке крови может свидетельствовать о напряженности минерального обмена, нарушениях фосфорно-кальциевого гомеостаза или о патологических процессах в костной ткани [4].

Являясь витамином группы В, парааминобензойная кислота (ПАБК) выступает как незаменимый фактор роста для микро-

флоры желудочно-кишечного тракта, участвует в синтезе фолиевой кислоты и других метаболитов [5]. Имеются данные о ее способности стимулировать метаболические процессы и улучшать использование питательных веществ корма [6]. Однако ее влияние на ферментативные системы, связанные с минеральным обменом, в частности на щелочную фосфатазу, изучено недостаточно.

Кроме того, эффективность кормовых добавок может варьировать в зависимости от сезона года вследствие с изменениями микроклимата, светового режима и качества кормовой базы [7].

Цель исследований – изучить влияние парааминобензойной кислоты на динамику активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при применении витамина в рационе в различные сезоны года.

В задачи наших исследований входило изучение динамики активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе парааминобензойной кислоты в зимний, весенний, летний и осенний периоды с суточного возраста и до 43-х дней их выращивания.

Материалы и методы исследования. Опыт проводили в условиях птицефабрики Амурской области на цыплятах-бройлерах кросса «Hubbard F15 White». Для каждого сезона года (зима, весна, лето, осень) формировали контрольные и опытные группы птиц по методу пар-аналогов по возрасту и живой массы в количестве 200 голов в каждой.

Цыплята контрольной группы получали основной рацион, сбалансированный по питательным веществам, в соответствии с нормами, разработанными зоотехнической службой птицефабрики и согласующимися с научно обоснованными рекомендациями. Птице опытной группы скармливали основной рацион с добавкой парааминобензойной кислоты в количестве 10 мг/кг корма. Условия содержания и кормления соответствовали зоотехническим рекомендациям.

Забор крови из сердца проводили в возрасте 1; 15; 30; 37; 43 дней для определения активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови. Соответствующий показатель устанавливали унифицированным

кинетическим методом. Принцип метода основан на гидролизе п-нитрофенилфосфата в щелочной среде ($pH = 10,4$) с образованием п-нитрофенола, скорость образования которого пропорциональна активности фермента.

Полученные данные подвергли статистической обработке. Достоверность различий между группами оценивали по t -критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты показали, что активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров изменялась с возрастом и зависела как от сезона года, так и от применения парааминобензойной кислоты (табл. 1).

Анализ данных выявил общую тенденцию к снижению активности ЩФ в опытных группах в периоды интенсивного роста (30–43 дня), которая в ряде случаев достигала уровня статистической значимости. Так, в зимний период в 37-дневном возрасте активность ЩФ в опытной груп-

Таблица 1 – Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров при применении парааминобензойной кислоты ($M \pm m$)

Table 1 – Alkaline phosphatase activity in the blood serum of broiler chickens when using para-aminobenzoic acid ($M \pm m$)

В ед/мл (in U/ml)

Сезон	Возраст, дни	Контрольная группа	Опытная группа
Зима	15	196,4 $\pm$ 7,40	193,2 $\pm$ 11,9
	30	202,1 $\pm$ 4,8	187,9 $\pm$ 16,2*
	37	243,8 $\pm$ 11,6	201,9 $\pm$ 8,4**
	43	187,4 $\pm$ 10,9	187,9 $\pm$ 11,8
Весна	15	178,9 $\pm$ 14,8	156,3 $\pm$ 19,4
	30	187,9 $\pm$ 12,3	166,4 $\pm$ 20,1
	37	198,5 $\pm$ 17,8	191,3 $\pm$ 4,2
	43	185,3 $\pm$ 14,8	174,0 $\pm$ 9,5
Лето	15	229,4 $\pm$ 5,1	203,7 $\pm$ 23,8
	30	195,3 $\pm$ 6,2	154,2 $\pm$ 7,4**
	37	201,3 $\pm$ 9,4	158,9 $\pm$ 11,7**
	43	195,3 $\pm$ 14,2	161,9 $\pm$ 12,3*
Осень	15	167,3 $\pm$ 3,1	169,2 $\pm$ 4,9
	21	218,9 $\pm$ 5,9	199,3 $\pm$ 10,2*
	30	259,2 $\pm$ 8,3	221,7 $\pm$ 12,8*
	37	235,3 $\pm$ 13,6	211,9 $\pm$ 21,8
	43	211,7 $\pm$ 10,9	219,3 $\pm$ 8,3
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.			

пе была на 17,2 % ниже, чем в контроле (201,9 против 243,8 ед/мл, $p < 0,01$).

Наиболее выраженный и стабильный эффект ПАБК наблюдался в летний период. В возрасте 30; 37 и 43 дней активность фермента в опытной группе была достоверно ниже контрольных значений на 21,0 %, 21,1 % и 17,1 % соответственно ($p < 0,01-0,05$). В осенний период значимое снижение активности ЩФ под влиянием ПАБК отмечалось в возрасте 21 и 30 дней (на 8,9 и 14,5 % соответственно). В весенний период, несмотря на тенденцию к снижению активности ЩФ в опытной группе, различия не достигали уровня статистической значимости.

Результаты согласуются с данными биохимического анализа костной ткани, согласно которым у цыплят, получавших ПАБК, отмечалось достоверное увеличение содержания золы, кальция и фосфора в большеберцовой кости в зимний и весенний периоды (табл. 2).

Известно, что ЩФ играет ключевую роль в процессе минерализации, обеспечивая локальное увеличение концентрации неорганического фосфата [8]. Высокая ее активность в сыворотке крови может отражать как интенсивное костеобразование, так и компенсаторные механизмы при недостаточной эффективности минерализации [9].

Наблюдаемое в исследовании снижение активности ЩФ на фоне одновременного увеличения минеральной плотности кости позволяет предположить, что применение ПАБК способствует более сбалансированному и эффективному протеканию

процессов костеобразования. При оптимальном обеспечении организма кальцием и фосфором и эффективном их включении в костную ткань необходимость в повышенной активности фермента в системном кровотоке снижается. Потенциальным механизмом действия ПАБК может быть ее влияние на синтез фолиевой кислоты микрофлорой кишечника, которая, в свою очередь, участвует в синтезе пуринов и пиримидинов, необходимых для пролиферации остеобластов.

Сезонные различия в эффекте ПАБК, по-видимому, связаны с изменением метаболических потребностей птицы и модифицируют реакцию организма на биологически активные добавки под влиянием факторов внешней среды (температура, влажность, световой день).

Закключение. Проведенные исследования позволили установить, что включение парааминобензойной кислоты в дозе 10 мг/кг корма оказывает разнонаправленное, но в целом модулирующее влияние на активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови цыплят-бройлеров. Выраженность этого эффекта определяется как возрастным периодом, так и сезоном года.

Полученные результаты исследований позволяют сформулировать следующие положения, отражающие их новизну:

1. В начальный период выращивания (15 сут.) различия между контрольной и опытной группами были статистически незначимы во все сезоны. Наиболее выраженное действие парааминобензойной кислоты проявлялось в фазу интенсивного роста (30–43 сут.), когда в опытных груп-

Таблица 2 – Влияние парааминобензойной кислоты на концентрацию минеральных веществ большеберцовой кости цыплят-бройлеров в 43-дневном возрасте ($M \pm m$)

Table 2 – Effect of para-aminobenzoic acid on the concentration of mineral substances in the tibia of 43-day-old broiler chickens ($M \pm m$)

В процентах (in percent)

Сезон года	Группа	Зола	Кальций	Фосфор
Зима	контрольная	19,0 $\pm$ 1,1	8,4 $\pm$ 0,6	3,4 $\pm$ 0,4
	опытная	21,3 $\pm$ 3,2	10,1 $\pm$ 0,9*	3,8 $\pm$ 0,7
Весна	контрольная	21,3 $\pm$ 1,2	8,3 $\pm$ 0,9	4,1 $\pm$ 0,3
	опытная	27,4 $\pm$ 4,2*	11,1 $\pm$ 2,4	5,9 $\pm$ 0,4*
Лето	контрольная	14,0 $\pm$ 1,9	6,9 $\pm$ 1,0	2,5 $\pm$ 0,3
	опытная	14,9 $\pm$ 1,2	6,7 $\pm$ 0,9	3,2 $\pm$ 0,7*

* $p < 0,05$.

пах регистрировалось устойчивое снижение активности щелочной фосфатазы.

2. Эффективность парааминобензойной кислоты в отношении снижения активности щелочной фосфатазы имела четкую сезонную специфику. Наиболее стабильный и статистически подтвержденный результат получен в летний и осенний периоды (достоверные различия в 2–3 возрастных точках). В зимний период значимое различие зафиксировано только на 37 сут., а в весенний период, несмотря на устойчивую тенденцию к снижению, различия не достигли уровня значимости ($p > 0,05$), что указывает на меньшую стабильность действия добавки в условиях весеннего микроклимата и, возможно, изменчивости кормовой базы.

3. Ключевым выводом является то, что снижение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови у опытных групп происходило на фоне одновременного повышения содержания золы, кальция и фосфора в костной ткани, что свидетельствует не о торможении, а об оптимизации процессов костеобразования. Умеренная активность щелочной фосфатазы при улучшенной минерализа-

ции говорит о более эффективном использовании кальция и фосфора на тканевом уровне и снижении напряжения ферментативных систем системного кровотока.

4. Полученные данные подтверждают, что динамика активности щелочной фосфатазы служит информативным биохимическим маркером для оценки эффективности применения парааминобензойной кислоты в рационах бройлеров. Рекомендуется проводить мониторинг этого показателя в ключевые фазы роста (30–37 сут.) с учетом сезонного фактора. Это позволит обеспечить своевременную корректировку дозировки добавки, а также оценку состояния кальциево-фосфорного обмена.

Перечисленные положения позволяют считать достигнутой цель исследований. Нами было доказано, что парааминобензойная кислота модулирует активность щелочной фосфатазы в зависимости от возраста и сезона, причем наиболее выраженный положительный эффект (снижение ферментативной активности при улучшении минерализации кости) проявляется в летне-осенний период и в фазу завершающего откорма.

Список источников

1. Ganjigohari S., Ziaei N., Ramzani Ghara A., Tasharrofi S. Effects of nanocalcium carbonate on egg production performance and plasma calcium of laying hens // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018. Vol. 102. No. 1. P. e225–e232. doi: 10.1111/jpn.12731.
2. Okuyama K. Differentiation of committed osteoblast progenitors by octacalcium phosphate compared to calcium-deficient hydroxyapatite in Lep^{prcre}/Tomato mouse tibia // Acta Biomaterialia. 2022. Vol. 142. P. 332–344. doi: 10.1016/j.actbio.2022.02.016.
3. Георгиевский В. И. Физиология сельскохозяйственных животных. М. : Агропромиздат, 1990. 510 с.
4. Клетикова Л. В. Динамика обмена кальция и фосфора у высокопродуктивных кур в зависимости от периода яйцекладки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 1. С. 57–58. EDN RWFBRH.
5. Воронова И. В. Эффективность использования парааминобензойной кислоты в животноводстве и птицеводстве // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2012. № 4. С. 11–12. EDN PJBZZ.
6. Витамины и минеральные вещества: полная энциклопедия. СПб. : Весь, 2001. 367 с.
7. ВНИТИП: современные подходы к кормлению птицы // Комбикорма. 2017. № 1. С. 96–100. EDN VLCLCC.
8. Смолин С. Г., Карпушина О. В. Возрастная динамика кальциево-фосфорного обмена и естественной резистентности у бройлеров при применении парааминобензойной кислоты. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2007. 101 с. EDN QKYVKD.
9. Orimo H. The mechanism of mineralization and the role of alkaline phosphatase in health and disease // Journal of Nippon Medical School. 2019. Vol. 77. No. 1. P. 4–12. doi: 10.1272/jnms.77.4.

References

1. Ganjigohari S., Ziaei N., Ramzani Ghara A., Tasharrofi S. Effects of nanocalcium carbonate on egg production performance and plasma calcium of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2018;102;1:e225–e232. doi: 10.1111/jpn.12731.
2. Okuyama K. Differentiation of committed osteoblast progenitors by octacalcium phosphate compared to calcium-deficient hydroxyapatite in Leprcre/Tomato mouse tibia. *Acta Biomaterialia*, 2022;142:332–344. doi: 10.1016/j.actbio.2022.02.016.
3. Georgievsky V. I. *Physiology of agricultural animals*, Moscow, Agropromizdat, 1990, 510 p. (in Russ.).
4. Kletikova L. V. Dynamics of calcium and phosphorus metabolism in highly productive hens depending on the laying period. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014;1:57–58. EDN RWFBRH (in Russ.).
5. Voronova I. V. Effectiveness of using para-aminobenzoic acid in animal husbandry and poultry farming. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal. Sel'skokhozyaistvennye zhivotnye*, 2012;4:11–12. EDN PJBZZZ (in Russ.).
6. *Vitamins and minerals: complete encyclopedia*, Saint-Petersburg, Ves', 2001, 367 p. (in Russ.).
7. All Russian Poultry Research and Technological Institute: Modern approaches to poultry feeding. *Kombikorma*, 2017;1:96–100. EDN VLCLCC (in Russ.).
8. Smolin S. G., Karpushina O. V. *Age dynamics of calcium phosphorus metabolism and natural resistance in broilers when using para-aminobenzoic acid*, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2007, 101 p. EDN QKYVKD (in Russ.).
9. Orimo H. The mechanism of mineralization and the role of alkaline phosphatase in health and disease. *Journal of Nippon Medical School*, 2019;77;1:4–12. doi: 10.1272/jnms.77.4.

© Атавина О. В., 2026

Статья поступила в редакцию 28.05.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 02.09.2026.

The article was submitted 28.05.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 02.09.2026.

Информация об авторе

Атавина Ольга Витальевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии и организации ветеринарного дела, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Atavina72@gmail.com

Information about the author

Olga V. Atavina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Epizootology and Organization of Veterinary Medicine, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Atavina72@gmail.com

Научная статья

УДК 619:615.3:636.4

EDN RQENQY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-44-47>

Сравнительная оценка эффективности схем фармакокоррекции первичных и постинфекционных нефрозов у свиней крупной белой породы

Николай Петрович Зуев¹, Виталий Тимофеевич Лопатин²,
Виктор Алексеевич Шутиков³

^{1,2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I
Воронежская область, Воронеж, Россия

³ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронежская область, Воронеж, Россия

Аннотация. Выбор рациональной схемы фармакотерапии нефрозов у свиней в условиях промышленных комплексов остается актуальной задачей ветеринарной нефрологии, поскольку неэффективное лечение приводит к хронизации процесса, развитию почечной недостаточности и значительным экономическим потерям. Цель работы – сравнить терапевтическую эффективность двух схем фармакокоррекции нефрозов у свиней и обосновать оптимальный протокол лечения. На базе ООО «АПК «ПромАгро» были исследованы 6 свиноматок крупной белой породы с диагностированным нефрозом, сформированных в две опытные группы. Животным I группы назначали «Синулокс RTU» (8,75 мг/кг внутримышечно); «Уротропин 40 %» (0,5 мл/10 кг внутривенно, 2 раза в сутки); раствор «Рингера-Локка» (200 мл подкожно) и «Лауритин С» (3 мл внутримышечно, 2 раза в сутки). Животным II группы назначали «Пенбекс» (1 мл/10 кг внутримышечно); «Уротропин 40 %» (0,5 мл/10 кг внутривенно, один раз в сутки); «Раствор глюкозы 5 %» (200 мл подкожно) и «Тонокард» (3 мл/30 кг внутримышечно, 2 раза в сутки). Курс лечения составлял 5 дней. Оценивались клинические показатели, гематологические и биохимические параметры крови, показатели мочи до и после лечения. Установлено, что у животных I группы исчезновение клинических признаков нефроза отмечено на 5-е сутки, тогда как во II группе только на 7-е сутки. К 5-му дню лечения в I группе все показатели крови и мочи нормализовались. Во II группе на 5-е сутки сохранялся лейкоцитоз ($24,2 \times 10^9/\text{л}$) и лимфоцитоз (48 %), а биохимические показатели нормализовались только к 7-м суткам. Наибольшую терапевтическую эффективность при нефрозах у свиней демонстрирует схема, включающая «Амоксициллин» с клавулановой кислотой («Синулокс»), «Уротропин», раствор «Рингера-Локка» и «Лауритин С», обеспечивающая более быструю нормализацию лабораторных показателей и клинического состояния.

Ключевые слова: свиньи, нефроз, терапия, схемы фармакокоррекции, сравнительная эффективность

Для цитирования: Зуев Н. П., Лопатин В. Т., Шутиков В. А. Сравнительная оценка эффективности схем фармакокоррекции первичных и постинфекционных нефрозов у свиней крупной белой породы // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 44–47. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-44-47>.

Original article

Comparative evaluation of the effectiveness of pharmacocorrection schemes for primary and postinfectious nephrosis in large white breed pigs

Nikolay P. Zuev¹, Vitaly T. Lopatin², Victor A. Shutikov³

^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great
Voronezh region, Voronezh, Russian Federation

³ All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy
Voronezh region, Voronezh, Russian Federation

Abstract. The choice of a rational pharmacotherapy regimen for nephrosis in pigs remains an urgent task of veterinary nephrology. Ineffective treatment of animals leads to the chronization of the process, the development of kidney failure and significant economic losses. The aim of the research was to compare the therapeutic efficacy of two schemes of pharmacocorrection of nephrosis in pigs and to substantiate the optimal treatment protocol. On the basis of one of the agricultural enterprises, 6 sows of a large white breed with diagnosed nephrosis were examined. Group I animals were prescribed Sinulox RTU (8.75 mg/kg intramuscularly); Urotropin 40% (0.5 ml/10 kg intravenously, 2 times a day); Ringer-Locke solution (200 ml subcutaneously) and Lauritin C (3 ml intramuscularly, 2 times a day). Group II animals were prescribed Penbex (1 ml/10 kg intramuscularly); Urotropin 40% (0.5 ml/10 kg intravenously, once a day); glucose solution 5% (200 ml subcutaneously) and Tonocard (3 ml/30 kg intramuscularly, 2 times per day). The course of treatment was 5 days. In animals of group I, the disappearance of clinical signs of nephrosis was noted on the 5th day, whereas in group II only on the 7th day. By the 5th day of treatment in group I, all blood and urine parameters returned to normal. In group II, leukocytosis ($24.2 \times 10^9/l$) and lymphocytosis (48%) persisted on day 5, and biochemical parameters returned to normal only by day 7. The authors concluded that the pharmacocorrection scheme used for pigs of group I demonstrates the greatest therapeutic efficacy in nephrosis in pigs. It provided a faster normalization of laboratory parameters and clinical condition.

Keywords: pigs, nephrosis, therapy, pharmacocorrection schemes, comparative effectiveness

For citation: Zuev N. P., Lopatin V. T., Shutikov V. A. Comparative evaluation of the effectiveness of pharmacocorrection schemes for primary and postinfectious nephrosis in large white breed pigs. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:44–47. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-44-47>.

Введение. Нефрозы у свиней, протекающие с преимущественным поражением канальцевого аппарата, и интерстиция почек требуют комплексного подхода к фармакотерапии, включающего антибактериальные, дезинтоксикационные, диуретические и метаболические средства. В ветеринарной практике отсутствуют четкие протоколы лечения данной патологии с доказательной базой эффективности в условиях крупных агропромышленных комплексов. Выбор препаратов часто носит эмпирический характер, что обуславливает необходимость сравнительных исследований различных схем фармакокоррекции [1, 2].

Целью исследований явилось сравнительное изучение эффективности двух схем комплексного лечения нефрозов у свиней крупной белой породы и обоснование оптимального протокола фармакотерапии.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на свиноматках крупной белой породы в количестве 6 голов, возрастом 3–4 года, живой массой 180–250 кг. Животные содержались в ООО «АПК «ПромАгро» (Белгородская область). Диагноз нефроз установлен на основании комплексной клинико-лабораторной диагностики.

Животные были разделены на две опытные группы по три головы.

Животным I группы назначали следующие препараты:

«Синулокс RTU» («Амоксициллин» 140 мг + клавулановая кислота 35 мг в 1 мл) в дозе 1 мл на 20 кг массы тела внутримышечно, один раз в сутки в течение 5 дней;

«Уротропин 40 %» (гексаметилен-трамин) в дозе 0,5 мл на 10 кг внутривенно в ушную вену, 2 раза в сутки 5 дней;

раствор «Рингера-Локка» подкожно, дробно в разные места, по 200 мл на животное, один раз в сутки 3 дня;

«Лауритин С» в дозе 3 мл на животное, 2 раза в день внутримышечно 5 дней.

Животным II группы назначали следующие препараты:

«Пенбекс» («Пенициллина прокаин G» 200 000 ME + «Дигидрострептомицин сульфат» 250 мг + «Бетаметазон» 0,5 мг в 1 мл) в дозе 1 мл на 10 кг внутримышечно, один раз в сутки 5 дней;

«Уротропин 40 %» 0,5 мл на 10 кг внутривенно в ушную вену, один раз в сутки 5 дней;

раствор глюкозы 5 % подкожно, дробно в разные места, по 200 мл на животное, один раз в сутки 3 дня;

«Тонокард» 3 мл на 30 кг массы животного, 2 раза в день внутримышечно в течение 5 дней.

Обеим группам была рекомендована бессолевая диета с ограничением концентрированных кормов; потребление воды без ограничений.

Оценка эффективности проводилась по динамике клинических симптомов (общее состояние, аппетит, характер мочеиспускания, перкуссионная болезненность), гематологических показателей (общий анализ крови), биохимическим параметрам (мочевина, креатинин, общий белок, фосфор) и показателям мочи (белок, эритроциты, лейкоциты, удельный вес, рН) на 3-й и 5-й дни лечения.

Результаты исследований. *Клиническая динамика.* Уже на 3-и сутки лечения у животных обеих групп отмечалось улучшение общего состояния: исчезло угнетение, восстановился аппетит, животные перестали принимать сгорбленную позу при мочеиспускании.

Однако у животных I группы перкуссионная болезненность в поясничной области исчезла к 3-м суткам, тогда как во II группе только к 5-м суткам. Полное исчезновение клинических признаков нефроза в I группе зафиксировано на 5-е сутки, во II группе – на 7-е сутки.

Гематологическая динамика. У свиноматок I группы к 5-му дню лечения лейкоциты снизились с $28,2$ до $12,4 \times 10^9/\text{л}$ и соответствовали пределам нормы $11,0\text{--}22,0 \times 10^9/\text{л}$; СОЭ нормализовалась до уровня 3 мм/час; гемоглобин повысился до 122 г/л (норма 90–130 г/л); лимфоциты снизились до 35 % (норма 12–45 %).

Во II группе на 5-е сутки сохранялся умеренный лейкоцитоз ($24,2 \times 10^9/\text{л}$) и лимфоцитоз (48 %), что указывает на более медленное купирование воспалительного процесса.

Биохимическая динамика. В I группе к 5-му дню мочевины снизилась с 16,2 до 6,8 ммоль/л (норма 2,9–8,8 ммоль/л), креатинин – с 256 до 114 мкмоль/л (норма 70–208 мкмоль/л), общий белок – с 106,7 до 59,4 г/л (норма 58–83 г/л).

Во II группе на 3-й день мочевины оставалась повышенной (15,5 ммоль/л), креатинин составлял 230 мкмоль/л, общий белок – 66,1 г/л. Нормализация этих

показателей произошла к 7-м суткам (по клиническим данным).

Динамика показателей мочи. У свиноматок I группы к 5-му дню протеинурия полностью исчезла (белок 0 г/л при норме 0–30 г/л). Эритроциты и лейкоциты не обнаружены, удельный вес нормализовался до 1,020 (норма 1,015–1,030), рН составила 6,2 (норма 5,5–6,6), цвет мочи желтый. Во II группе аналогичные показатели нормализовались к 5-му дню по данным анализа мочи, однако клинические симптомы сохранялись еще дольше, что может свидетельствовать о более медленной репарации канальцевого эпителия.

Обсуждение результатов исследований. Преимущество схемы I группы свиноматок обусловлено, вероятно, более широким спектром антимикробного действия «Синулокса» («Амоксициллин» и клавулановая кислота) в отношении грамположительной и грамотрицательной микрофлоры, включая β -лактамазопродицирующие штаммы, часто выступающие этиологическим фактором при нефрозах [1]. Раствор «Рингера-Локка», в отличие от глюкозы, обеспечивал более эффективную коррекцию водно-электролитного и кислотно-щелочного баланса, что критически важно при нарушении канальцевой реабсорбции. Двукратное введение «Уротропина» обеспечивало более стабильную концентрацию препарата в моче и выраженное антимикробное действие в кислой среде мочевыводящих путей.

Заключение. Схема фармакокоррекции нефроза у свиней, включающая «Синулокс RTU», «Уротропин 40 %» (2 раза в сутки), раствор «Рингера-Локка», «Лауритин С», обеспечивает исчезновение клинических признаков заболевания на 5-е сутки и полную нормализацию гематологических, биохимических и урологических показателей. Альтернативная схема с применением «Пенбекса», «Уротропина» (один раз в сутки), «Глюкозы» и «Тонокарда» характеризуется замедленной динамикой клинического выздоровления (7-е сутки) и более поздней нормализацией лейкоцитарного профиля крови.

Для промышленных свиноводческих комплексов рекомендуется применение схемы I группы как более эффективной и позволяющей сократить сроки лечения и реабилитации животных.

Список источников

1. Семченко М. Ю., Зуев Н. П., Лопатин В. Т. Диагностическое и прогностическое значение лейкоцитарного индекса интоксикации // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2025. С. 1080–1084. EDN HJEUOU.

2. Лопатин В. Т., Зуев Н. П., Очин А. В. Терапевтическая эффективность схем лечения идиопатического цистита кошек // Животноводство в современных условиях: новые вызовы и пути их решения : материалы III междунар. науч.-практ. конф. Орел : Орловский государственный аграрный университет, 2025. С. 169–173. EDN IRMLKD.

References

1. Semchenko M. Yu., Zuev N. P., Lopatin V. T. Diagnostic and prognostic value of leukocyte intoxication index. Proceedings from Problems and prospects of scientific and innovative support of the agro-industrial complex of the regions: *VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 1080–1084), Kursk, Kurskii federal'nyi agrarnyi nauchnyi tsentr, 2025. EDN HJEUOU (in Russ.).

2. Lopatin V. T., Zuev N. P., Ochinnikov A. V. Therapeutic efficacy of treatment regimens for idiopathic feline cystitis. Proceedings from Animal husbandry in modern conditions: new challenges and ways to solve them: *III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 169–173), Orel, Orlovskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025. EDN IRMLKD (in Russ.).

© Зуев Н. П., Лопатин В. Т., Шутиков В. А., 2026

Статья поступила в редакцию 21.07.2026; одобрена после рецензирования 02.09.2026; принята к публикации 03.09.2026.

The article was submitted 21.07.2026; approved after reviewing 02.09.2026; accepted for publication 03.09.2026.

Информация об авторах

Зуев Николай Петрович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I;

Лопатин Виталий Тимофеевич, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры терапии и фармакологии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I;

Шутиков Виктор Алексеевич, младший научный сотрудник лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии

Information about the authors

Nikolay P. Zuev, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Epizootology and Parasitology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great;

Vitaly T. Lopatin, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy and Pharmacology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great;

Victor A. Shutikov, Junior Researcher at the Laboratory of Innovative Drugs for Recombinant Proteomics, All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy

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.

Научная статья

УДК 636.085.33

EDN NSSXDS

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-48-56>

Применение углеводного пребиотического корма в кормлении ремонтного молодняка крупного рогатого скота

Тамара Фёдоровна Лефлер¹, Пётр Павлович Конев²^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет

Красноярский край, Красноярск, Россия

¹ leflertam@yandex.ru, ² konevpetr.pk@gmail.com

Аннотация. В последние годы в связи с вынужденным импортозамещением в сфере племенных ресурсов особую значимость приобретает максимально полная реализация и сохранение продуктивного долголетия высокопродуктивных животных. Поиск, производство и применение специализированных кормовых средств, направленных на оптимизацию обменных процессов и повышение эффективности усвоения питательных веществ, является актуальной задачей современной зоотехнической науки. Доказано, что перспективным направлением выступает использование пребиотиков – веществ, избирательно стимулирующих рост и активность полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. В настоящей статье приведены результаты исследований по изучению влияния углеводного пребиотического корма УК 2-02 «Живой белок» на прирост живой массы, изменения физиологического развития. Были сформированы четыре группы ремонтного молодняка крупного рогатого скота: две группы телочек и две группы бычков, по 20 голов в каждой группе. Исследования проводились на телятах от рождения до 6-месячного возраста. В результате проведенного научно-хозяйственного опыта по изучению влияния УК 2-02 «Живой белок» на показатели роста и развития ремонтного молодняка крупного рогатого скота установлено, что при введении в рацион углеводного компонента в количестве 400 г в сутки наблюдается увеличение живой массы и среднесуточных приростов. Так, за шесть месяцев эксперимента по среднесуточному приросту живой массы телочки и бычки опытных групп превосходили молодняк из контрольных групп на 203 и 203 г или на 42,6 и 31,3 %, а по абсолютному приросту – на 35,2 и 37,2 кг или на 40,9 и 30,5 %. Определение коэффициентов роста телят подтверждает преимущество весовых характеристик молодняка опытных групп. Разница у телочек составляла 7,3 %, у бычков – 8,6 %. Молодняк опытных групп превосходил сверстников по широтным промерам, а, следовательно, и по таким индексам телосложения, как тазо-грудной, грудной, сбитости и костистости, но уступал по индексу высоконогости и растянутости. Для поддержания физиологических потребностей организма ремонтного молодняка крупного рогатого скота рекомендуем товаропроизводителям сельскохозяйственной продукции использовать в рационах телят молочного периода добавку УК 2-02 «Живой белок» в соответствии со схемой кормления.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ремонтный молодняк, пребиотики, углеводный пребиотический корм, живая масса, среднесуточный прирост, индексы телосложения, кормление, Красноярский край

Для цитирования: Лефлер Т. Ф., Конев П. П. Применение углеводного пребиотического корма в кормлении ремонтного молодняка крупного рогатого скота // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 48–56. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-48-56>.

Original article

The use of carbohydrate feed in feeding repair young cattle

Tamara F. Lefler¹, Pyotr P. Konev²

^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University
Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk, Russian Federation

¹ leflertam@yandex.ru, ² konevpetr.pk@gmail.com

Abstract. In modern conditions, the fullest possible realization and preservation of productive longevity of highly productive animals is of particular importance. The development and application of specialized feed products aimed at optimizing metabolic processes and increasing the efficiency of nutrient absorption is an urgent task of animal science. A promising direction is the use of prebiotics, substances that selectively stimulate the growth and activity of beneficial microflora of the gastrointestinal tract. The aim of the research was to study the effect of carbohydrate prebiotic feed UK 2-02 "Live protein" on body weight gain and changes in the physiological development of young cattle. To conduct the experiment, four groups of repair young cattle were formed: two groups of heifers and two groups of steers, 20 heads in each group. The studies were conducted on calves from birth to 6 months of age. As a result, it was found that when a carbohydrate component is introduced into the diet in the amount of 400 g per day, an increase in body weight and average daily gains is observed. During the 6 months of the experiment, the calves and bulls of the experimental groups outperformed the young from the control groups by 203 and 203 g or 42.6 and 31.3% in average daily weight gain, and by 35.2 and 37.2 kg or 40.9 and 30.5% in absolute weight gain. The determination of the growth coefficients of calves confirms the advantage of the weight characteristics of the young animals of the experimental groups. The difference between heifers was 7.3%, and bulls – 8.6%. The young of the experimental groups surpassed their peers in latitudinal measurements, and, consequently, in such indices of physique as: pelvic-thoracic, thoracic, bulge and bony, but inferior in the index of high-legged and elongation. It is recommended that agricultural producers, in order to maintain the physiological needs of the body of repair young cattle, use the studied feed additive in the diets of calves of the dairy period in accordance with the feeding scheme.

Keywords: cattle, repair young animals, prebiotics, carbohydrate prebiotic feed, live weight, average daily gain, body indexes, feeding, Krasnoyarsk krai

For citation: Lefler T. F., Konev P. P. The use of carbohydrate feed in feeding repair young cattle. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:48–56. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-48-56>.

Введение. На данный момент актуальной задачей современного молочного животноводства выступает организация полноценного кормления и выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота [1]. Для реализации генетического потенциала в полной мере основным фактором является уровень кормления и полноценность выдаваемого рациона, обусловленная поступлением в организм энергии и протеина [2]. Основная цель заключается в получении скороспелого и хорошо развитого ремонтного поголовья с формированием крепкой конституции.

Гонка за высокой продуктивностью снижает продуктивное долголетие животного, что приводит к неспособности самоукomплектования производства ремонтным молодняком. Подход к выращиванию ремонтного молодняка должен опираться на физиологические особенности животных для наибольшей сохранности и продуктивности на старте выращивания.

При выращивании сельскохозяйственных животных одним из немаловажных условий является их кормление, а также условия содержания и микроклимат. При несоблюдении данных условий отмечается задержка в развитии животного, при этом, в первую очередь, страдают внутренние органы и ткани. Не стоит забывать, что подход к кормлению и условиям содержания должен учитывать и региональные условия [3, 4].

Установлено, что более 70–75 % гибели телят происходит преимущественно в результате заболеваний желудочно-кишечного тракта и дыхательной системы. В основном это вызвано низким качеством молозива, нарушениями процесса выпойки или работы с банком молозива. В период выращивания в организме новорожденных телят интенсивно развиваются органы и ткани [5].

В постнатальный период начинается адаптация организма к условиям внешней

среды. Успешность адаптации напрямую зависит от создаваемой средовой микрофлоры в организме и формирования правильного пищеварения на этапе приучения молодняка к кормам, используемым на предприятиях.

Углеводный пребиотический компонент 2-02 «Живой белок» оказывает пребиотическое действие, стимулируя синтез микроорганизмов за счет растительных волокон в сочетании с моносахаридами и дисахаридами.

Цель исследований – изучить влияние углеводного пребиотического компонента УК 2-02 «Живой белок» на рост и развитие ремонтного молодняка крупного рогатого скота в условиях Красноярского края.

Материалы и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт по изучению эффективности применения углеводного пребиотического компонента в рационе кормления ремонтного молодняка проводился в ОПХ «Михайловское» (филиал Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН), расположенном в Ужурском районе Красноярского края, с сентября 2025 г. по февраль 2026 г. Все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания [6].

Кормление телят в молочный период выращивания осуществляли по детализированным нормам Федерального исследовательского центра животноводства ВИЖ (2021). Рационы были сбалансированы по обменной энергии, сырому протеину, клетчатке и минеральному составу, с использованием местных кормовых средств.

В процессе эксперимента проводилась оценка ремонтного молодняка по линейным, объемным и широтным промерам, на основании которых определялись индексы телосложения. Они позволяют не просто сравнить промеры животных, но и сделать выводы о направлении продуктивности и породных особенностях.

Индекс высоконогости показывает относительную длину ног животного. Высокий индекс свойствен животным молочного направления продуктивности; низкий – признак телосложения, характеризующий комбинированный тип:

$$ИВ = (ВХ - ГГ)/ВХ \times 100$$

где ВХ – высота в холке;

ГГ – глубина груди.

Индекс растянутости показывает, насколько туловище вытянуто в длину по сравнению с высотой в холке. Высокий индекс является показателем мясного направления продуктивности животных и указывает на хорошее развитие:

$$ИР = КДТ/ВХ \times 100$$

где КДТ – косая длина туловища.

Тазо-грудной индекс отображает отношение ширины груди к ширине зада. Данный индекс свидетельствует о развитии передней и задней частей туловища:

$$ТГИ = ШГ/ШМ \times 100$$

где ШГ – ширина груди

ШМ – ширина в маклоках.

Грудной индекс дополняет тазо-грудной и показывает развитие груди в ширину по отношению к ее глубине:

$$ГИ = ШГ/ГГ \times 100$$

Индекс сбитости характеризует относительную массивность и развитие туловища. Индекс костистости определяет развитие скелета, его массивность. Данные индексы находятся по приведенным формулам:

$$ИС = ОГ/КДТ \times 100,$$

$$ИК = ОП/ВХ \times 100$$

где ОГ – обхват груди;

ОП – обхват пясти.

В первые два месяца постэмбрионального развития основным видом корма для ремонтного молодняка служило цельное молоко (суточная дача 5,7 кг в первый месяц и 4,7 кг во второй месяц) с постепенным приучением к грубым кормам. С третьего месяца телятам изменяли структуру рациона путем замены молока на растительный тип кормления.

Схема кормления (табл. 1) является общей как для телочек, так и для бычков. При этом опытная группа в дополнение к

Таблица 1 – Схема кормления ремонтного молодняка

Table 1 – Feeding scheme for repair young animals

Возраст, мес.	Суточная дача, кг						Минеральная подкормка, г	
	молоко		сено	силос	концентрированные		соль поварен- ная	УК 2-02 «Живой белок»
	цельное	снятое			стартер	комбикорм		
Первый	170	0	0 ¹	0	4	0	50	50
Второй	140	0	7	0	2	15	100	100
Третий	0	0	25	20	0	40	200	150
Четвертый	0	0	40	65	0	55	350	200
Пятый	0	0	70	120	0	45	500	300
Шестой	0	0	100	170	0	30	500	400
Итого	310	0	242	375	6	185	1 700	1 200
¹ по сену в первый месяц кормления производится приучение животных к потреблению корма.								

основному рациону получала углеводный пребиотический компонент. В таблице 2 представлена питательность исследуемого кормового компонента.

Кормление телят осуществлялось с учетом их физиологических особенностей и было организовано так, что основой питания являлось молоко и небольшое количество добавки, поскольку в первый месяц постнатального периода теленка наблюда-

ется развитие пищеварительной системы. Во второй месяц происходит активный рост организма и его подготовка к переходу на растительную пищу; в третий месяц – переход на взрослый тип кормления. Четвертый месяц жизни молодняка является периодом активного роста костной и мышечной системы, поэтому предусматривается обогащение рациона белковым компонентом. Пятый и шестой месяцы яв-

Таблица 2 – Питательный состав углеводного пребиотического компонента

Table 2 – Nutritional composition of the carbohydrate prebiotic component

Состав компонента	Норма потребления	Фактическое содержание
Массовая доля влаги, %	19,0	16,0
Легкопереваримые углеводы, г/кг	350,0–420,0	385,0
в том числе сахара	200,0–300,0	261,0
Сырой протеин, г/кг	100,0–130,0	125,0
Сырой жир, г/кг	не нормируется	22,0
Сырая клетчатка, г/кг	80,0–100,0	82,0
Кальций, г/кг	не нормируется	1,51
Магний, г/кг	не нормируется	2,0
Медь, мг/кг	не нормируется	6,0
Цинк, мг/кг	не нормируется	30,2
Марганец, мг/кг	не нормируется	15,0
Кобальт, мг/кг	не нормируется	2,0
Йод, мг/кг	не нормируется	2,48
Селен, мг/кг	не нормируется	0,2
Витамин А, тыс. МЕ/кг	не нормируется	25,0
Витамин D ₃ , тыс. МЕ/кг	не нормируется	2,5
Витамин Е, г/кг	не нормируется	0,15
Обменная энергия, МДж/кг	9,0	9,2

ляются заключительным этапом молочного периода, в этот временной промежуток молодняк полностью переходит на взрослый тип кормления.

Питательность рационов определялась на основании данных химического анализа кормов (табл. 3). Для оценки энергетической и протеиновой обеспеченности использовались показатели обменной энергии, сухого вещества, сырого протеина, переваримого протеина, сырой клетчатки, сырого жира, крахмала, сахаров, а также макро- (кальций, фосфор, магний) и микроэлементов.

Из приведенных данных по фактическому потреблению кормов (табл. 4) видно, что цельное молоко выпивалось телятами в полном объеме. Учет поедаемости кормов выявил различия в потреблении грубых и концентрированных кормов. Так, в контрольных группах телочек и бычков потребление корма за период исследований оказалось ниже сравниваемых животных на 15,75 и 9,84 % соответственно. Худшее потребление грубых кормов телятами контрольных групп свидетельствует о позднем запуске рубцового пищеварения. Следовательно, введение углеводного пребиотического компонента в рацион кормления телят обеспечивает стабильно высокую поедаемость основных кормов в опытных группах независимо от пола.

В ходе проведения исследований установлено, что при рождении разницы между группами по живой массе не наблюдалось либо она была малозначительной.

Телочки контрольной и опытной групп имели массу 30,2 и 31,3 кг, а бычки – 29,9 и 32,6 кг соответственно (табл. 5).

С первого месяца и на протяжении всего полугодового периода исследований у животных опытных групп фиксировали достоверно большую живую массу, нежели у сравниваемого молодняка. У телочек опытной группы живая масса в конце первого месяца составляла 50,6 кг, что на 11,45 % больше показателя контрольной группы; к шести месяцам разница между сравниваемыми животными оказалась еще ощутимее, составив 29,0 % (151,5 кг против 117,4 кг).

У бычков опытной группы наблюдалась такая же тенденция по превосходству живой массы. В первый месяц установлены различия между бычками сравниваемых групп в 9,0 % или 3,1 кг, а к шести месяцам – 22,3 % или 34,5 кг.

Наиболее интенсивный рост во всех группах установлен в период со второго по шестой месяц, но необходимо отметить, что скорость роста у молодняка опытной группы была более интенсивной. Так, среднесуточный прирост у телочек опытной группы составил 0,680 кг, что на 42,6 % выше сверстниц из контрольной группы. У сравниваемых бычков разница в показателях составляла 31,3 % в пользу животных опытной группы (0,88 кг против 0,67 кг).

Абсолютный прирост живой массы за период исследований у телочек опытной группы составлял 121,3 кг, превысив

Таблица 3 – Фактическая питательность рациона по месяцам (на 1 голову в сутки)

Table 3 – Actual nutritional value of the diet by month (per 1 head per day)

На 1 голову в сутки (per 1 head per day)

Показатели	Месяцы					
	1	2	3	4	5	6
Обменная энергия, МДж	20,2	28,5	46,8	60,4	78,4	92,5
Сухое вещество, кг	1,72	2,41	4,57	6,02	7,85	9,43
Сырая клетчатка, г	178	385	1 008	1 490	2 058	2 685
Сырой протеин, г	286	412	652	750	900	950
Сырой жир, г	84	150	264	340	420	470
Крахмал, г	120	195	230	220	220	150
Переваримый протеин, г	199	284	382	410	480	490
Сахара, г	35	85	238	280	310	280
Кальций, г	10,4	14,8	20,5	28,6	38,4	48,0
Фосфор, г	3,9	5,6	8,2	11,4	15,2	18,5

Таблица 4 – Фактическое потребление кормов телятами, в среднем на одну голову

Table 4 – Actual consumption of feed by calves, on average per head

В килограммах (in kilogram)

Возраст, мес.	Вид корма	Норма	Телки		Бычки	
			контрольная	опытная	контрольная	опытная
Первый	молоко цельное	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
	сено	–	0,2	0,4	0,25	0,4
	стартер	0,4	0,3	0,4	0,35	0,4
Второй	молоко цельное	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
	сено	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7
	комбикорм	1,5	1,2	1,5	1,3	1,5
Третий	сено	2,5	2,0	2,5	2,2	2,5
	силос	2,0	1,5	2,0	1,7	2,0
	комбикорм	4,0	3,5	4,0	3,7	4,0
Четвертый	сено	4,0	3,2	4,0	3,5	4,0
	силос	6,5	5,2	6,5	5,7	6,5
	комбикорм	5,5	4,8	5,5	5,0	5,5
Пятый	сено	7,0	5,8	7,0	6,2	7,0
	силос	12,0	9,6	12,0	10,5	12,0
	комбикорм	4,5	4,0	4,5	4,2	4,5
Шестой	сено	10,0	8,5	10,0	9,0	10,0
	силос	17,0	13,6	17,0	15,0	17,0
	комбикорм	3,0	2,7	3,0	2,8	3,0
Итого	–	91	77,0	91,4	82,4	91,4

Таблица 5 – Показатели живой массы ремонтного молодняка

Table 5 – Live weight indicators of repair young animals

В килограммах (in kilogram)

Показатели	Телки		Бычки	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Рождение	31,3±0,65	30,2±0,46	32,6±0,97	29,9±0,64
Первый месяц	45,4±0,88	50,6±0,56*	52,2±1,01	55,3±0,68*
Второй месяц	60,1±1,38	70,7±0,78**	72,4±1,50	80,6±1,12**
Третий месяц	74,3±1,90	91,6±1,29**	92,6±2,18	106±1,63**
Четвертый месяц	88,9±2,54	112,2±1,74**	111,3±2,62	131±2,18**
Пятый месяц	103,4±3,10	132,7±2,23**	131,5±3,39	155,5±2,44**
Шестой месяц	117,4±2,89	151,5±2,99**	154,5±4,76	189±2,70**
Среднесуточный прирост	0,477±0,02	0,680±0,016**	0,677±0,02	0,880±0,01**
Абсолютный прирост за период исследований	86,1±2,07	121,3±3,12**	121,9±4,68	159,1±2,73**
Коэффициент роста, %	15,2	22,5	20,8	29,4
Примечание: степень достоверности * $P > 0,99$; ** $P > 0,999$ по отношению к контрольному значению.				

аналогичный показатель сверстниц контрольной группы на 35,2 кг. У бычков опытной группы данный показатель достиг 159,1 кг, что также достоверно выше живой массы телят из контрольной группы на 37,2 кг.

Определение коэффициентов роста подтверждает преимущество весовых характеристик молодняка опытных групп. При этом разница составляла 7,3 % у телочек и 8,6 % у бычков.

Таким образом, применение углеводного пребиотического компонента обеспечило стабильный прирост живой массы как у телочек, так и у бычков. Однако у бычков показатели прироста были несколько выше, чем у телочек, что согласуется с видовыми особенностями полового диморфизма.

По завершении исследований у телят в 6-месячном возрасте были взяты промеры и рассчитаны индексы телосложения (табл. 6). Животные опытной группы

имели превосходство по высоте в холке: на 3,4 см у телочек и на 4,8 см у бычков, что, в свою очередь, свидетельствует об интенсивном росте скелета под влиянием скармливаемого компонента. По глубине груди телочки и бычки опытных групп превосходили сверстников контрольных групп соответственно на 3,4 и 4,2 см, что свидетельствует о лучшем развитии грудной клетки.

Аналогичная тенденция наблюдается по другим линейным и широтным промерам. Так, молодняк опытных групп достоверно превосходил аналогов по ширине груди, косой длине туловища, обхвату груди за лопатками и обхвату пясти: телочки – на 4,4; 4,3; 6,2 и 1,6 см, бычки – на 5,3; 8,7; 11,5 и 2,2 см соответственно.

По индексам телосложения (табл. 7) у телочек и бычков опытных групп установлены более высокие значения: по грудному, сбитости – на 5,7 и 3,3 % соответственно (как для телочек, так и для бычков), по ко-

Таблица 6 – Основные промеры ремонтного молодняка в 6 месяцев

Table 6 – Basic measurements of repair young animals at 6 months

В сантиметрах (in centimeters)

Промеры	Телки		Бычки	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Высота в холке	91,8±0,65	95,2±0,72	97,6±0,90	102,4±0,85**
Глубина груди	35,1±0,38	38,5±0,42***	39,0±0,45	43,2±0,50***
Ширина груди	23,0±0,48	27,4±0,55***	26,5±0,60	31,8±0,65***
Ширина в маклоках	29,4±0,55	32,1±0,60*	31,8±0,68	35,6±0,70**
Косая длина туловища	105,2±0,79	109,5±0,85***	112,5±0,88	118,7±0,95***
Обхват груди	126,1±1,42	134,8±1,50***	137,8±1,65	149,3±1,70***
Обхват пясти	14,2±0,19	15,8±0,22***	15,0±0,23	17,2±0,25***
Примечание: степень достоверности * $P > 0,95$; ** $P > 0,99$; *** $P > 0,999$ по отношению к контрольному значению.				

Таблица 7 – Индексы телосложения ремонтного молодняка в 6 месяцев

Table 7 – Indices of the physique of repair young animals at 6 months

В процентах (in percent)

Индексы	Телки		Бычки	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Высоконогости	61,7	59,6	60,0	57,8
Растянутости	114,6	115,0	115,3	115,9
Тазо-грудной	78,2	85,4*	83,3	89,3**
Грудной	65,5	71,2**	67,9	73,6**
Сбитости	119,8	123,1*	122,5	125,8**
Костистости	15,5	16,6**	15,4	16,8**
Примечание: степень достоверности * $P > 0,99$; ** $P > 0,999$ по отношению к контрольному значению.				

стистости – на 1,1 % для телочек и 1,4 % для бычков по отношению к молодняку контрольной группы.

Таким образом, молодняк опытных групп превосходил сверстников по широтным промерам, а, следовательно, и по таким индексам телосложения, как тазо-грудной, грудной, сбитости и костистости, но уступал по индексу высоконогости и растянутости.

Заключение. В результате изучения влияния углеводного пребиотического компонента УК 2-02 «Живой белок» на показатели роста и развития ремонтного молодняка крупного рогатого скота установлено, что при введении в рацион кормовой добавки в количестве 400 г в сутки

наблюдается увеличение живой массы и среднесуточных приростов. За шесть месяцев эксперимента по среднесуточному приросту живой массы телочки и бычки опытных групп превосходили молодняк из контрольных групп на 203 и 203 г или на 42,6 и 31,3 % соответственно, а по абсолютному приросту – на 35,2 и 37,2 кг или на 40,9 и 30,5 % соответственно.

Таким образом, для поддержания физиологических потребностей организма ремонтного молодняка крупного рогатого скота рекомендуем товаропроизводителям сельскохозяйственной продукции использовать в рационах телят молочного периода добавку УК 2-02 «Живой белок» в соответствии со схемой кормления.

Список источников

1. Афанасьева А. И., Огуй В. Г., Галдак С. А. Влияние структуры рациона кормления на морфобioхимические показатели крови и уровень молочной продуктивности коров красной степной породы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007. № 9 (35). С. 36–40. EDN IRGOPJ.
2. Буряков Н., Косолапов А. Жидкие полисахариды в кормлении высокопродуктивных коров // Российский ветеринарный журнал. 2013. № 3. С. 34–36. EDN QZSLRH.
3. Миколайчик И. Н., Морозова Л. А., Матасов А. А. Современные аспекты выращивания молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 5. С. 17–25. EDN SBZYTH.
4. Плященко С. И., Сидоров В. Т. Естественная резистентность организма животных. Ленинград : Колос, 1979. 184 с.
5. Шабунин С. В., Востроилова Г. А., Беляев В. И., Алехин Ю. Н., Сашнина Л. Ю., Кабицкий С. Н. [и др.]. Фармако-токсикологическая оценка и эффективность тилоколина при колибактериозе и сальмонеллезе телят // Ветеринария. 2010. № 1. С. 48–52. EDN KZKPDB.
6. Лефлер Т. Ф., Конев П. П. Использование углеводного пребиотического компонента в кормлении быков-производителей // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2025. № 6 (219). С. 118–127. doi: 10.36718/1819-4036-2025-6-118-127. EDN FFPNKU.

References

1. Afanasyeva A. I., Ogui V. G., Galdak S. A. The influence of the structure of the feeding diet on the morphobiochemical parameters of blood and the level of milk productivity of cows of the red steppe breed. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2007;9(35): 36–40. EDN IRGOPJ (in Russ.).
2. Buryakov N., Kosolapov A. Liquid polysaccharides in feeding highly productive cows. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal*, 2013;3:34–36. EDN QZSLRH (in Russ.).
3. Mikolaychik I. N., Morozova L. A., Matasov A. A. Modern aspects of raising young cattle. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2014;5:17–25. EDN SBZYTH (in Russ.).
4. Plyashchenko S. I., Sidorov V. T. *Natural resistance of the animal organism*, Leningrad, Kolos, 1979, 184 p. (in Russ.).

5. Shabunin S. V., Vostroilova G. A., Belyaev V. I., Alyokhin Yu. N., Sashnina L. Yu., Kabitsky S. N. [et al.] Pharmacotoxicological assessment and efficacy of tilokolin in colibacteriosis and salmonellosis of calves. *Veterinariya*, 2010;1:48–52. EDN KZKPDB (in Russ.).

6. Lefler T. F., Konev P. P. The use of a carbohydrate prebiotic component in feeding breeding bulls. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025;6(219): 118–127. doi: 10.36718/1819-4036-2025-6-118-127. EDN FFPNKU (in Russ.).

© Лефлер Т. Ф., Конев П. П., 2026

Статья поступила в редакцию 15.07.2026; одобрена после рецензирования 04.09.2026; принята к публикации 07.09.2026.

The article was submitted 15.07.2026; approved after reviewing 04.09.2026; accepted for publication 07.09.2026.

Информация об авторах

Лефлер Тамара Фёдоровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой зоотехнии и переработки продуктов животноводства, Красноярский государственный аграрный университет, leflertam@yandex.ru;

Конев Пётр Павлович, аспирант, Красноярский государственный аграрный университет, konevpetr.pk@gmail.com

Information about the authors

Tamara F. Lefler, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Science and Animal Products Processing, Krasnoyarsk State Agrarian University, leflertam@yandex.ru;

Pyotr P. Konev, Postgraduate Student, Krasnoyarsk State Agrarian University, konevpetr.pk@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.

Научная статья

УДК 636.087.7:636.084.1

EDN LMRPQT

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-57-65>

Влияние кормовых добавок на переваримость питательных веществ рациона телят

Юлия Васильевна Матросова¹, Александр Александрович Овчинников²,
Елена Анатольевна Бабич³, Татьяна Владимировна Швецова⁴

^{1, 2, 4} Южно-Уральский государственный аграрный университет

Челябинская область, Троицк, Россия

³ ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»

Костонайская область, Заречное, Республика Казахстан

¹ vasilek_23@mail.ru, ² ovchib@bk.ru, ³ elena._74@mail.ru, ⁴ shtatv@mail.ru

Аннотация. Изучено в рационе телят молочного периода выращивания сочетание льняного жмыха и минерально-витаминной добавки Кальфостоник на фоне фитобиотической кормовой добавки на переваримость и использование питательных веществ рациона. Установлено, что как один фитобиотик из набора травы кровохлебки, ромашки и подорожника в виде 10 % водного раствора, применяемого совместно с молочными кормами и концентратами курсами по 10 дней, так и с Кальфостоником по 40 г/гол. в сутки и добавкой 40 г льняного жмыха по замене в рационе 10 % концентратов ежедневно, положительно повлияли на переваримость сухого и органического вещества рациона телят. Определено, что из всех опытных групп Кальфостоник и льняной жмых в большей степени повысили переваримость сырого протеина (на 5,3 и 5,6 %), сырого жира (на 2,7 и 1,1 %). Кормовые добавки стимулировали рубцовое пищеварение, отразившееся на увеличении переваримости сырой клетчатки у телят опытных групп на 2,7–4,0 %. Баланс азота был наибольшим в группе с льняным жмыхом и превосходил контрольную группу на 15,4 %, иные опытные группы – на 2,7–7,6 %. Обменная энергия рациона телят на фитодобавке с льняным жмыхом была выше аналогов контрольной группы на 1,9 %, с одной фитодобавкой – на 1,1 %, с Кальфостоником – на 1,3 %. Чистая энергия прироста телят, получавших фитобиотик, превосходила контрольную группу на 5,9 %, с Кальфостоником – на 8,4 %, с льняным жмыхом – на 4,3 %.

Ключевые слова: ремонтный молодняк, кормовые добавки, переваримость питательных веществ, баланс азота, баланс кальция, баланс фосфора, баланс энергии

Для цитирования: Матросова Ю. В., Овчинников А. А., Бабич Е. А., Швецова Т. В. Влияние кормовых добавок на переваримость питательных веществ рациона телят // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 57–65. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-57-65>.

Original article

Effect of feed additives on the digestibility of nutrients in calf diets

Yulia V. Matrosova¹, Alexander A. Ovchinnikov²,
Elena A. Babich³, Tatyana V. Shvetsova⁴

^{1, 2, 4} South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russian Federation

³ LLP "Agricultural Experimental Station "Zarechnoye"

Kostonay region, Zarechnoye, Republic of Kazakhstan

¹ vasilek_23@mail.ru, ² ovchib@bk.ru, ³ elena._74@mail.ru, ⁴ shtatv@mail.ru

Abstract. A combination of flaxseed cake and the mineral-vitamin supplement Calphostonic, along with a phytobiotic feed supplement, was studied in the diet of suckling calves to assess the digestibility and utilization of dietary nutrients. It was found that both the phytobiotic from the herb mix of burnet, chamomile and plantain taken separately and with Calphostonic had a positive effect on the digestibility of dry and organic matter in the calves' diet. The phytobiotic from a set of herbs of burnet, chamomile and plantain was administered as a 10% aqueous solution, combined with dairy feed and concentrates, in 10-day courses. Calphostonic was administered at a dose of 40 g/head per day, supplemented with 40 g of flaxseed cake, replacing 10% of the concentrates in the diet daily. It was determined that of all the experimental groups, Calphostonic and flaxseed cake increased the digestibility of crude protein to a greater extent by 5.3 and 5.6%, crude fat – by 2.7 and 1.1%. Feed additives stimulated rumen digestion, reflected in an increase in the digestibility of crude fiber in calves of the experimental groups by 2.7–4.0%. The nitrogen balance was the highest in the group with flaxseed cake and exceeded the control group by 15.4%, other experimental groups – by 2.7–7.6%. The metabolizable energy of the diet of calves on the phytoadditive with flaxseed cake was higher than analogs of the control group by 1.9%, with the phytoadditive alone – by 1.1%, with Calphostonic – by 1.3%. The net energy gain of calves receiving the phytobiotic exceeded that of the control group by 5.9%, with Calphostonic – by 8.4%, with flaxseed cake – by 4.3%.

Keywords: replacement young stock, feed additives, nutrient digestibility, balance of nitrogen, balance of calcium, balance of phosphorus, balance of energy

For citation: Matrosova Yu. V., Ovchinnikov A. A., Babich E. A., Shvetsova T. V. Effect of feed additives on the digestibility of nutrients in calf diets. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:57–65. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-57-65>.

Введение. Голштинизация крупного рогатого скота в Российской Федерации существенно изменила технологию выращивания ремонтного молодняка, отражающуюся на возрасте достижения живой массы для первого плодотворного осеменения, а также нормированное кормление нетелей, сухостойных и дойных коров.

Используемые схемы кормления телят молочного периода выращивания предусматривают расход как цельного молока, так и его заменителя, что во многом удешевляет стоимость единицы произведенной живой массы. Однако при этом рацион должен быть полностью сбалансированным по всем элементам питания, включая минеральную и витаминную части [1, 2]. Для стимулирования интенсивного роста молодняка используют различные биологически активные добавки витаминно-минерального состава, ускоряющие метаболические процессы в организме животных, повышающие трансформацию питательных веществ корма в продукцию [3–5].

В первые месяцы постнатального развития телят организм не адаптирован

к условиям окружающей среды, не совершенна система терморегуляции, не развиты преджелудки, имеет место низкая барьерная функция кишечника и дыхательных путей для внешнего патогена. Все это вызывает появление различных заболеваний заразной и незаразной этиологии. Чаще всего это диспепсия, которая со временем, при отсутствии лечения переходит в токсическую форму, заканчивающуюся обезвоживанием организма и его гибелью. Поэтому в данный возрастной период целесообразно использовать не антибактериальные препараты, а растительные комплексы из моно- или поликультур, позволяющие повысить защиту организма, противостоять патогену и увеличить продуктивность животных [6–8].

Целью исследований явилось сравнение переваримости питательных веществ рациона ремонтного молодняка молочного периода выращивания при использовании в рационе различных кормовых добавок.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований использовался голштинизированный скот сельско-

хозяйственного предприятия ТОО имени К. Маркса, Костанайской области Республики Казахстан. Первоначально было отобрано 80 коров сухостойного периода, которых разделили на четыре группы, по 20 голов в каждой. Принцип подбора животных в группы проводился с учетом возраста, происхождения и живой массы. Содержание коров было одинаковым для всех групп и включало выполнение всех технологических операций кормления, ухода и соблюдения зоогигиенических условий содержания.

Основным рационом кормления коров являлись грубые, сочные и концентрированные корма, подобранные с учетом нормированного кормления животных. Контрольная группа получала основной рацион, I опытная группа – кормовую добавку льняного жмыха по 0,5 кг/гол., II опытная группа дополнительно получала Кальфостоник по 100 г/гол. в сутки, III опытная группа – обе кормовые добавки в той же дозировке.

После отела коров из каждой контрольной и опытной группы была сформирована группа телят (телочки), по 12 голов в каждой, которые на фоне основного рациона кормления получали дополнительно фитобиотик из набора трав кровохлебки, ромашки, подорожника (I опытная группа), фитобиотик и Кальфостоник в дозировке 40 г/гол. в сутки (II опытная группа), фитобиотик и 10 % льняного жмыха по замене концентратов (III опытная группа).

Фитобиотик выпаивали 10 дней каждого месяца в виде 10-процентного отвара раствора. В расчете на один килограмм живой массы расход ромашки и подорожника составил 0,143 г, кровохлебки – 0,064 г, а на один килограмм сухого вещества рациона соответственно 4,8 и 2,2 г.

Физиологические исследования проводили при достижении телятами 6-месячного возраста по общепринятым методикам А. И. Овсянникова [9]. Химический состав кормов и биологического материала определяли на оборудовании фирмы «Велп» в межкафедральной лаборатории института ветеринарной медицины Южно-Уральского государственного аграрного университета. При расчете переваримости питательных веществ, расчета баланса азота, кальция и фосфора, а также энергии рациона использовали общепринятые методы и методики [9–12].

Полученный материал обрабатывали биометрически с определением уровня достоверности полученного материала.

Результаты исследований и их обсуждение. Молочный период выращивания телят является важным, так как за это время идет завершение формирования отделов желудочно-кишечного тракта, защитной функции организма, терморегуляции. Поэтому полноценное кормление телят во многом влияет на их рост и развитие, сохранность поголовья. Характеристики кормления животных контрольной и опытной групп можно представить по структуре рациона и концентрации питательных веществ в нем (табл. 1).

При одинаковом расходе молочных, грубых, сочных и концентрированных кормов в первых трех группах наблюдается тенденция повышенного их потребления у телят III опытной группы, что, в свою очередь, отразилось на концентрации питательных веществ в рационе в расчете на сухое вещество. Обеспеченность потребности телят в легкопереваримых углеводах обеспечивалось за счет патоки.

Расчет коэффициентов переваримости питательных веществ рациона телят показал (табл. 2), что животные, получавшие в рационе отдельно фитобиотик, витаминно-минеральную добавку Кальфостоник и льняной жмых на фоне комплексного фитобиотика, имели тенденцию к повышению в организме переваримости всех питательных веществ.

У групп телят добавка Кальфостоник и льняной жмых на фоне фитобиотика повысили переваримость сухого вещества на 2,7 и 1,9 % ($P \leq 0,05$ –0,01), органического вещества – на 2,6 % ($P \leq 0,05$) и 1,7 % соответственно. При этом у группы с одним фитобиотиком разница по переваримости сухого и органического вещества составила только 1,1 и 0,9 % соответственно.

Переваримость сырого протеина у животных I и II опытной групп была близкой по значению и превосходила контрольную группу на 4,8–5,3 %, в III опытной группе – на 5,6 % ($P \leq 0,05$). Обеспеченность рациона телят минерально-витаминной добавкой Кальфостоник и одним фитобиотиком положительно отразилась на переваримости сырого жира. Изучаемые кормовые добавки активизировали в организме животных опытных

Таблица 1 – Структура рациона кормления телят и концентрация питательных веществ в нем**Table 1 – Structure of the calf feeding ration and the concentration of nutrients in it**

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<i>Структура рациона, %</i>				
Грубые	15,0	15,0	15,0	14,9
Сочные	29,6	29,6	29,6	27,2
Концентраты	28,6	28,6	28,6	31,4
Молочные корма	25,7	25,7	25,7	25,4
Отходы технических производств	1,1	1,1	1,1	1,1
<i>Концентрация питательных веществ в 1 кг сухого вещества</i>				
Концентрация обменной энергии, МДж	10,3	10,3	10,3	10,4
Приходится переваримого протеина на одну энергетическую кормовую единицу, г	100	100	100	107
Сырая клетчатка, %	19,9	19,9	19,9	19,4
Сахаро-протеиновое отношение	0,9:1	0,9:1	0,9:1	0,8:1
Соотношение кальция к фосфору	1,4:1	1,4:1	1,4:1	1,3:1

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона телят**Table 2 – Digestibility coefficients of nutrients in calf diets****В процентах (in percent)**

Коэффициенты переваримости	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Сухое вещество	70,2±0,61	71,3±0,99	72,1±0,40*	72,9±0,57**
Органическое вещество	71,8±0,70	72,7±0,93	73,5±0,21	74,4±0,59*
Сырой протеин	63,5±2,28	68,3±0,78	68,8±0,38	69,1±0,66*
Сырой жир	52,0±5,20	53,5±0,69	54,7±0,49	53,1±0,76
Сырая клетчатка	48,2±3,25	50,9±0,32	51,6±0,72	52,2±0,32
Безазотистые экстрактивные вещества	85,0±0,55	84,4±1,78	85,2±0,26	86,4±1,08
* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.				

групп рубцовое пищеварение, в результате чего переваримость сырой клетчатки у телят I опытной группы оказалась выше контрольной на 2,7 %, во II – на 3,4 % и в III опытной группе – на 4,0 %.

Анализ использования азотистых веществ рациона в организме телят показал, что его потери с каловыми массами и мочой у животных I и II группы в сравнении с контрольной были выше на 0,90 и 0,58 г, в III группе – ниже на 1,96 г (рис. 1).

В результате большего потребления животными опытных групп азотистых веществ корма их отложение в теле было выше на 0,54; 1,52 и 3,07 г ($P \leq 0,001$) или

на 2,7; 7,6 и 3,07 % по I, II и III группам соответственно относительно контрольной группы. Также и использование азота от принятого количества у телят двух последних опытных групп было выше контрольной группы на 1,25 и 3,75 %.

Баланс кальция и фосфора в организме животных контрольной и опытных групп был положительным.

При этом в теле телят контрольной группы кальция откладывалось на уровне 5,62 г, в I опытной группе больше на 0,11 г, во II – на 0,55 г, в III опытной группе – на 0,72 г или на 2,0; 9,8 и 12,8 % соответственно.

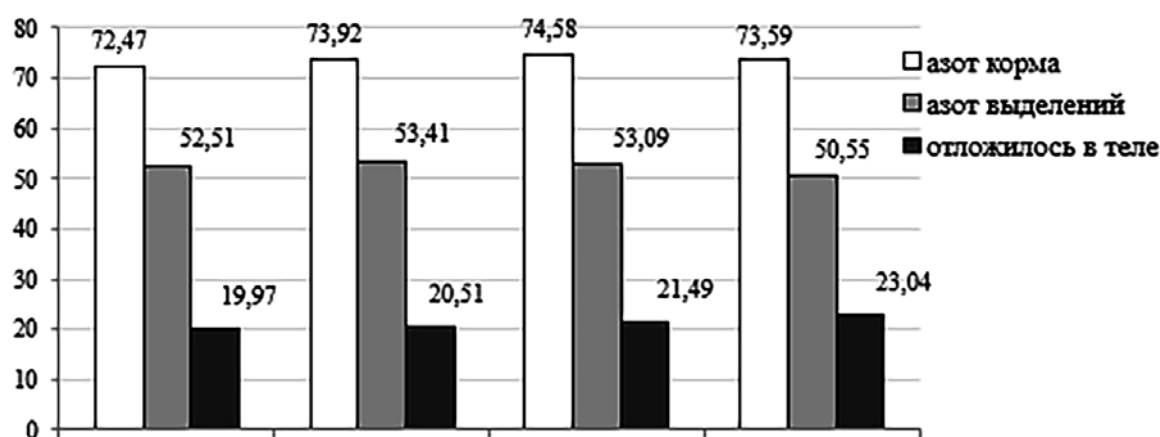
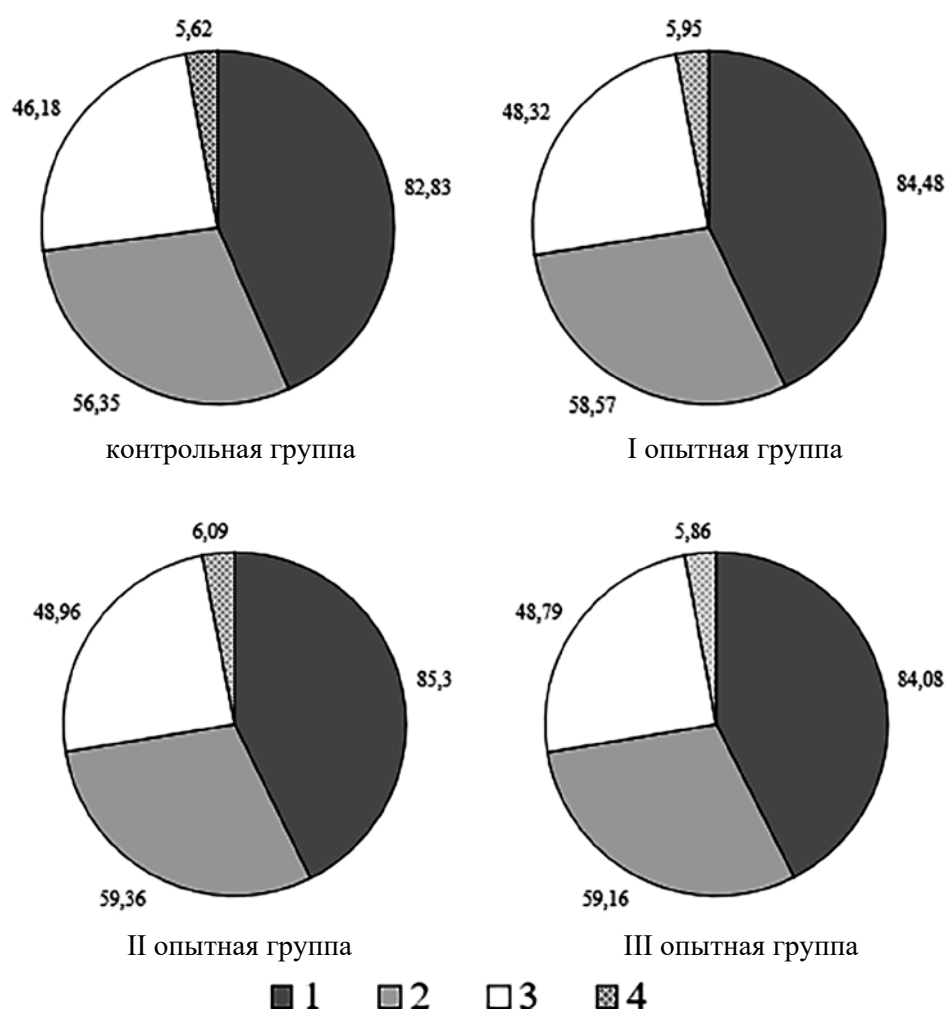


Рисунок 1 – Баланс азота в организме телят, грамм на голову в сутки
Figure 1 – Nitrogen balance in the body of calves, grams per head per day



1 – валовая энергия; 2 – переваримая энергия; 3 – обменная энергия; 4 – чистая энергия
1 – gross energy; 2 – digestible energy; 3 – metabolizable energy; 4 – net energy

Рисунок 2 – Баланс энергии в организме телят, МДж/гол. в сутки
Figure 2 – Energy balance in the body of calves, MJ/head per day

При среднесуточном отложении в теле телят контрольной группы фосфора на уровне 3,49 г, кормовые добавки увеличили его ретенцию в I, II и III опытных группах на 3,4; 8,0 и 9,7 % соответственно.

По химическому составу питательных веществ рациона телят можно определить валовое содержание энергии в нем. Количество переваримой и обменной энергии во многом зависит от коэффициентов переваримости всех компонентов органической части корма, а оставшаяся часть, за исключением чистой и обменной энергии поддерживающего корма, дает возможность определить чистую продуктивную энергию прироста телят (рис. 2).

Характерно отметить, что животные опытных групп в сравнении с контрольной потребляли с рационом больше энергии корма на 1,5–3,0 %. В свою очередь, количество переваримой энергии в их организме было выше на 3,9 % в I, на 5,3 % ($P \leq 0,001$) во II и на 5,0 % ($P \leq 0,01$) в III опытной группе. Аналогичные изменения были отмечены и в количестве обменной энергии, поступившей в организм животных.

В относительном выражении в контрольной группе ее количество от валовой составляло на уровне 56,1 %, тогда как в I опытной группе – 57,2 %, во II –

57,4 % ($P \leq 0,001$), в III опытной группе – 58,0 % ($P \leq 0,001$).

Если у животных контрольной группы чистая энергия корма была на уровне 5,62 МДж/гол. в сутки, то в I опытной группе она увеличилась на 5,9 %, во II – на 8,4 % ($P \leq 0,05$) и в III – на 4,3 %.

Более эффективное использование питательных веществ рациона телят молочного периода выращивания под влиянием сбалансированного кормления было показано в работе Ю. В. Сизовой [13]; фитобиотических кормовых добавок – в исследованиях Е. В. Сухановой с соавторами [14]; минеральных и витаминных комплексов в рационе – в исследованиях Д. К. Тарнавского, Т. А. Полевой [15], а также В. В. Зайцева с соавторами [16]; белковых добавок – в работах О. Ю. Брюхно с соавторами [17] и А. Т. Варакина с соавторами [18].

Заключение. Для повышения переваримости питательных веществ рациона телят молочного периода выращивания, большего отложения в теле азотистых веществ, кальция и фосфора, лучшего распределения в организме обменной энергии корма целесообразно использовать фитобиотическую кормовую добавку из набора трав ромашки, подорожника и кровохлебки в сочетании с льняным жмыхом.

Список источников

1. Суденкова Е., Марусевич А. До и после оптимизации рациона // Животноводство России. 2021. № 1. С. 39–40. doi: 10.25701/ZZR.2020.46.44.004. EDN FLJVBG.
2. Волгин В. И., Романенко Л. В., Федорова П. Н., Корочкина Е. А., Прохоренко З. Л. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, 2018. 260 с. EDN XVJNQL.
3. Машкина Е. И., Степаненко Е. С. Влияние витаминно-минерального питания на развитие телят-молочников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (149). С. 111–115. EDN YFPRNP.
4. Макаева А. М., Сизова Е. А., Атландерова К. Н. Переваримость кормов и обмен веществ молодняка крупного рогатого скота при введении в рацион минеральных комплексов // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 174–185. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-174. EDN BENVSM.
5. Сабитов М. Т., Фархутдинова А. Р., Галлямов Ф. Н. Особенности обмена некоторых микроэлементов у нетелей при скармливании им комплексной минерально-витаминной кормовой добавки // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 70–81. doi: 10.33284/2658-3135-104-3-70. EDN XUBOJH.
6. Дускаев Г. К., Левахин Г. И., Королев В. Л., Сиразетдинов Ф. Х. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 136–148. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136. EDN VXAGOD.

7. Janssen S. Alternatives to antibiotics in animal production // CAB Reviews. 2018. Vol. 13. No. 21. P. 1–13. doi: 10.1079/PAVSNR201813021.
8. Gheisar M. M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review // Italian Journal of Animal Science. 2018. Vol. 17. No. 1. P. 92–99. doi: 10.1080/1828051X.2017.1350120.
9. Овсянников А. И. Основы опытного дела. М. : Колос, 1976. 304 с.
10. Левахин В. И., Левахин Г. И., Мирошников С. А. Коррекция методики расчета конверсии энергии корма // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 1999. № 1. С. 65. EDN VCEMNR.
11. Калашников А. П., Фисинин В. И., Щеглов В. В., Первов Н. Г., Клейменов Н. И., Стрекозов Н. И. [и др.]. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие. М. : Знание, 2003. 456 с. EDN PXQMHL.
12. Фисинин В. И., Егоров И. А., Околелова Т. М., Имангулов Ш. А. Кормление сельскохозяйственной птицы : справочник. Сергиев Посад, 2000. 329 с. EDN SACRYN.
13. Сизова Ю. В. Влияние кормления на рост и развитие телят // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 106–108. EDN VVRYKL.
14. Суханова Е. В., Сычева Л. В., Морозков Н. А. Фитодобавка в кормлении телят // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2022. Т. 251. № 3. С. 251–261. doi: 10.31588/2413_4201_1883_3_251_261. EDN RWLFTF.
15. Тарнавский Д. К., Полевой Т. А. Использование микровита Енисей в кормлении телят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 5. С. 77–80. EDN MSNPDN.
16. Зайцев В. В., Сеитов М. С., Зайцева Л. И., Майоров И. Н. Влияние хвойно-фитогенной добавки на продуктивные показатели телят // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2026. № 1 (117). С. 257–262. doi: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-257-262. EDN LEYSLC.
17. Брюхно О. Ю., Карапетян А. К., Шерстюгина М. А., Агапова В. Н. Эффективность использования нута в кормлении телят // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 3238–3243. EDN WIMHDH.
18. Варакин А. Т., Злепкин В. А., Степурина Ю. Д., Симонов Г. А. 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.

References

1. Sudenkova E., Marusevich A. Before and after diet optimization. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2021;1:39–40. doi: 10.25701/ZZR.2020.46.44.004. EDN FLJVBG (in Russ.).
2. Volgin V. I., Romanenko L. V., Fedorova P. N., Korochkina E. A., Prokhorenko Z. L. *Complete feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity*, Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut genetiki i razvedeniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh, 2018, 260 p. EDN XVJNQL (in Russ.).
3. Mashkina E. I., Stepanenko E. S. The influence of vitamin and mineral nutrition on the development of dairy calves. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017; 3(149):111–115. EDN YFPRNP (in Russ.).
4. Makaeva A. M., Sizova E. A., Atlanderova K. N. Feed digestibility and metabolism of young cattle when introducing mineral complexes into the diet. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019;102;4:174–185. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-174. EDN BENVSM (in Russ.).
5. Sabitov M. T., Farkhutdinova A. R., Gallyamov F. N. Features of the metabolism of some microelements in heifers when feeding them a complex mineral-vitamin feed supplement. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2021;104;3:70–81. doi: 10.33284/2658-3135-104-3-70. EDN XUBOJH (in Russ.).
6. Duskaev G. K., Levakhin G. I., Korolev V. L., Sirazetdinov F. Kh. Use of probiotics and plant extracts to improve ruminant performance (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019;102;1:136–148. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-136. EDN VXAGOD (in Russ.).

7. Janssen S. Alternatives to antibiotics in animal production. CAB Reviews, 2018;13;21: 1–13. doi: 10.1079/PAVSNNR201813021.
8. Gheisar M. M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. Italian Journal of Animal Science, 2018;17;1:92–99. doi: 10.1080/1828051X.2017.1350120.
9. Ovsyannikov A. I. *Basics of experimental design*, Moscow, Kolos, 1976, 304 p. (in Russ.).
10. Levakhin V. I., Levakhin G. I., Miroshnikov S. A. Correction of the methodology for calculating feed energy conversion. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 1999;1:65. EDN VCEMNR (in Russ.).
11. Kalashnikov A. P., Fisinin V. I., Shcheglov V. V., Pervov N. G., Kleymenov N. I., Strekozov N. I. [et al.]. *Feeding norms and rations for farm animals: reference manual*, Moscow, Znanie, 2003, 456 p. EDN PXQMHL (in Russ.).
12. Fisinin V. I., Egorov I. A., Okolelova T. M., Imangulov Sh. A. *Feeding agricultural poultry: handbook*, Sergiev Posad, 2000, 329 p. EDN SACRYN (in Russ.).
13. Sizova Yu. V. Effect of feeding on the growth and development of calves. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016;2(58):106–108. EDN VVRYKL (in Russ.).
14. Sukhanova E. V., Sycheva L. V., Morozkov N. A. Phytoadditive in calf feeding. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny imeni N. E. Baumana*, 2022; 251;3:251–261. doi: 10.31588/2413_4201_1883_3_251_261. EDN RWLFTF (in Russ.).
15. Tarnavsky D. K., Polevoy T. A. Use of Microvit Yenisei in calf feeding. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010;5:77–80. EDN MSNPDN (in Russ.).
16. Zaitsev V. V., Seitov M. S., Zaitseva L. I., Mayorov I. N. Effect of a coniferous-phytogenic additive on the productive indicators of calves. *Ivestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2026;1(117):257–262. doi: 10.37670/2073-0853-2026-117-1-257-262. EDN LEYSLC (in Russ.).
17. Bryukhno O. Yu., Karapetyan A. K., Sherstyugina M. A., Agapova V. N. Efficiency of using chickpeas in feeding calves. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2016;2(42):3238–3243. EDN WIMHDH (in Russ.).
18. Varakin A. T., Zlepkin V. A., Stepurina Yu. D., Simonov G. A. Use of different types of oilcakes in calf rearing. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2025;5(83):295–304. doi: 10.32786/2071-9485-2025-05-33. EDN RAQDEF (in Russ.).

© Матросова Ю. В., Овчинников А. А., Бабич Е. А., Швецова Т. В., 2026

Статья поступила в редакцию 30.07.2026; одобрена после рецензирования 28.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.

The article was submitted 30.07.2026; approved after reviewing 28.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах

Матросова Юлия Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой птицеводства, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0980-3195>, Author ID: 409426, vasilek_23@mail.ru;

Овчинников Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru;

Бабич Елена Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, заведующая лабораторией племенного животноводства, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1248-3228>, Author ID: 910349, elena._76@mail.ru;

Швецова Татьяна Владимировна, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8785-3243>, shtatv@mail.ru

Information about authors

Yulia V. Matrosova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Poultry Department, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0980-3195>, Author ID: 409426, vasilek_23@mail.ru;

Alexander A. Ovchinnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru;

Elena A. Babich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Head of the Laboratory of Livestock Breeding, LLP "Agricultural Experimental Station "Zarechnoye", ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0980-3195>, Author ID: 409426, elena._76@mail.ru;

Tatyana V. Shvetsova, Postgraduate Student, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8785-3243>, shtatv@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.

Научная статья

УДК 591.1:636.5

EDN НТОХСП

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>**Влияние стресса на ферментную активность гидролаз в крови и на уровне энтеральной среды тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9****Екатерина Андреевна Мурадян¹, Артем Олегович Ревякин²,
Ирина Николаевна Сычёва³**^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия, muradyan@rgau-msha.ru

Аннотация. В условиях интенсивного птицеводства стресс-факторы, в частности повышенная плотность посадки, оказывают негативное влияние на физиологическое состояние и продуктивность цыплят-бройлеров. В работе изучено влияние технологического стресса на активность ключевых пищеварительных гидролаз – панкреатической амилазы и липазы в химусе тонкого кишечника и сыворотке крови у цыплят-бройлеров кросса Смена-9. Эксперимент проведен на двух группах птицы (15 голов в каждой): контрольная и опытная с плотностью посадки 20 и 30 кг/м² соответственно. Экспериментальные работы выполнялись в учебно-производственном птичнике Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в 2023 г. На 42-й день выращивания был проведен отбор образцов крови и химуса из различных отделов желудочно-кишечного тракта. Установлено, что в условиях стресса наблюдается снижение активности обеих гидролаз. Наиболее выраженные и стабильные изменения зафиксированы для липазы: ее активность в химусе двенадцатиперстной и тощей кишок, а также в сыворотке крови достоверно снижалась ($p < 0,05$) в опытной группе по сравнению с контрольной группой. Для панкреатической амилазы выявлена тенденция к снижению, однако статистически значимых различий по большинству изученных локаций не обнаружено. На основе полученных данных рассчитан индекс гидролаз, позволяющий комплексно оценить изменения ферментативной активности на разных участках кишечника. Результаты свидетельствуют о негативном влиянии стресса высокой плотности посадки на секреторную функцию поджелудочной железы и процессы пристеночного пищеварения у бройлеров, что отрицательно сказывается на конверсии корма, среднесуточных привесах и снижает экономическую эффективность.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, стресс, плотность посадки, пищеварительные ферменты, амилаза, липаза, химус, сыворотка крови, ферментная активность

Для цитирования: Мурадян Е. А., Ревякин А. О., Сычёва И. Н. Влияние стресса на ферментную активность гидролаз в крови и на уровне энтеральной среды тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9 // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 66–75. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>.

Original article

The effect of stress on the enzymatic activity of hydrolases in the blood and at the level of the enteral environment of the small intestine in broiler chickens of the Smena-9 cross**Ekaterina A. Muradyan¹, Artem O. Revyakin², Irina N. Sycheva³**^{1, 2, 3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russian Federation, muradyan@rgau-msha.ru

Abstract. Increased planting density refers to stress factors and has a negative impact on the physiological state and productivity of broiler chickens. The aim of the work was to study the effect of technological stress on the activity of key digestive hydrolases – pancreatic amy-

lase and lipase in the chyme of the small intestine and blood serum in broiler chickens of the Smena-9 cross. For the experiment, control and experimental groups with planting densities of 20 and 30 kg/m², respectively, were formed. On the 42nd day of cultivation, blood and chyme samples were taken from various parts of the gastrointestinal tract. It is proved that under stress conditions there is a decrease in the activity of both hydrolases. The most pronounced and stable changes were recorded for lipase. Lipase activity in duodenal and jejunal chyme, as well as in blood serum, significantly decreased ($p < 0.05$) in the experimental group compared with the control group. A downward trend was found for pancreatic amylase, but no statistically significant differences were found in most of the studied locations. Based on the data obtained on the dynamics of hydrolases, as well as the calculation of the hydrolase index, it can be concluded that high-density stress negatively affects the secretory function of the pancreas and the processes of parietal digestion in broilers. This has a negative effect on feed conversion and average daily weight gain, which leads to a decrease in poultry farming efficiency.

Keywords: broiler chickens, stress, stocking density, digestive enzymes, amylase, lipase, chyme, blood serum, enzyme activity

For citation: Muradyan E. A., Revyakin A. O., Sycheva I. N. The effect of stress on the enzymatic activity of hydrolases in the blood and at the level of the enteral environment of the small intestine in broiler chickens of the Smena-9 cross. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:66–75. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>.

Введение. Интенсивное животноводство подразумевает получение максимального количества продукции от животных при минимальных затратах. Однако реализация генетического потенциала возможна лишь при условии соответствия внешних факторов – кормление, технология выращивания и содержания, соблюдение зоогигиенических параметров и прочих потребностей животного.

В птицеводстве интенсификация часто приводит к повышенной плотности посадки птицы для максимально эффективного использования площадей и оборудования [1]. Однако обратной стороной интенсификации часто бывают различные стрессы – технологические, температурные и другие. Стресс представляет компенсаторную реакцию организма на неблагоприятные внешние факторы. Под влиянием стресса у животных снижается продуктивность, резистентность организма к инфекционным агентам, происходят метаболические нарушения [2].

Одним из частых проявлений стресса у птицы является снижение потребления корма, продуктивности и увеличение затрат кормов на единицу продукции [3]. Наряду со снижением продуктивности, в условиях технологического стресса ухудшается иммунный статус птицы и отмечается снижение веса иммунных органов (тимус, сумка Фабрициуса и селезенка) [4]. Для поддержания гомеостаза организму необходимо достаточное количество питательных ве-

ществ, таких как глюкоза, жирные кислоты, аминокислоты и витамины для удовлетворения специфических потребностей тканей. Однако в условиях стресса данных питательных веществ может быть недостаточно из-за снижения потребления корма, нарушения их усвоения и метаболизма. Кроме того, для предотвращения перегрева в условиях теплового стресса цыплята активно рассеивают тепло из своего тела, усиливая охлаждение путем испарения жидкости – учащенное дыхание, что является энергоемким процессом. В таких условиях наблюдается снижение поступления энергетических субстратов в ключевые метаболические ткани: мышцы и печень, что ведет к нарушению энергообеспечения организма [5].

Являющийся биологически активной молекулой инсулиноподобный фактор роста 1 (ИФР-1), оказывающий влияние на рост, метаболизм и синтез белка, очень чувствителен к тепловому стрессу, и снижение его активности тесно связано с уменьшением прироста массы тела, снижением мышечной массы и ухудшением эффективности использования корма у бройлеров, подверженных тепловому стрессу [6].

Физиологическое влияние стресса на организм достаточно хорошо изучено [7, 8], но взаимовлияния ферментов различных систем организма при этом исследованы недостаточно. Однако именно пищеварительная система и гепатопанкреатическая зона являются основными органами, регу-

лирующими многие процессы (пищеварительные, секреторные и др.), от которых также зависит выведение метаболитов, образующихся в результате стресс-факторов.

Поэтому изучение активности ферментных систем на уровне энтеральной среды, факторов влияющих на их активность имеет определяющее значение в понимании влияния стресса на пищеварение, усвоение питательных веществ и общий метаболизм животных [9].

В экспериментах на крысах были получены данные о снижении активности некоторых ферментов в химусе при стрессовых состояниях [10], которые коррелировали со снижением роста вследствие меньшего потребления корма и уменьшения его переваримости. Похожие результаты были получены и на других видах животных [11, 12].

Основным местом синтеза пищеварительных ферментов является поджелудочная железа, а синтезируемые ею липаза и панкреатическая амилаза обнаруживаются как в химусе, так и в крови животных [13].

Активность этих ферментов зависит от многих факторов – генетических особенностей, состава рациона, условий внешней среды, физиологического состояния. Достаточно часто данные показатели используются в клинике как маркеры патологических состояний. Но биохимический анализ венозной крови не раскрывает взаимосвязи гидролаз (амилазы и липазы) с энтеральной средой, что затрудняет комплексное изучение влияния различных факторов, в том числе стресса, который достаточно часто проявляется в условиях интенсивного птицеводства на ферментные системы организма.

Сельскохозяйственная птица, особенно высокопродуктивные кроссы бройлеров, отличается повышенным обменом веществ [14, 15]. Поэтому даже незначительные изменения в ферментных системах будут влиять на продуктивность и конверсию корма.

Таким образом, изучение влияния стрессовых состояний у высокопродуктивных цыплят-бройлеров на активность и взаимосвязь ферментов в крови и на уровне энтеральной среды относится к актуальной задаче сельскохозяйственной биологии.

Целью работы явилось изучение изменения активности пищеварительных гидролаз (панкреатической амилазы и липазы) в химусе тонкого кишечника и сыворотке крови у цыплят-бройлеров высокопродуктивного кросса Смена-9 при технологическом стрессе, вызванном повышенной плотностью посадки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Оценить влияние повышенной плотности посадки (30 кг/м²) на активность панкреатической амилазы и липазы в химусе различных отделов тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9 в 42-дневном возрасте.

2. Определить активность панкреатической амилазы и липазы в сыворотке крови, притекающей и оттекающей от разных отделов желудочно-кишечного тракта, а также в воротной вене.

3. Рассчитать и проанализировать индекс гидролаз (соотношение активности фермента в крови и химусе) для комплексной оценки изменений ферментативной активности на разных участках кишечника при стрессе.

4. Сопоставить изменения активности гидролаз в энтеральной среде и крови для выявления взаимосвязи между секреторной функцией поджелудочной железы и системными метаболическими изменениями в условиях стресса.

Материалы и методы исследования. Эксперимент проводился на базе учебно-производственного птичника Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в июле – августе 2023 г.

Для проведения эксперимента были сформированы две группы (по 15 голов): контрольная группа и группа, подвергнутая стрессу.

В опытной группе действующим стресс-фактором являлась увеличенная плотность посадки птицы. Для контрольной группы плотность посадки составляла 20, тогда как для опытной 30 килограмм живой массы на один квадратный метр.

Объекты исследований – бройлеры кросса «Смена-9».

В качестве маркерных ферментов были определены липаза и панкреатиче-

ская амилаза, являющиеся ключевыми пищеварительными ферментами, вырабатываемыми преимущественно поджелудочной железой для гидролиза углеводов и жиров соответственно.

Кровь отбирали из аорты, воротной и подкрыльцовой вены, а также оттекающую от двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишок. Во время убоя производили вскрытие цыплят и отбор образцов химуса из пяти отделов желудочно-кишечного тракта: двенадцатиперстной, тощей, подвздошной, ободочной и слепой кишок. Для определения ферментов в сыворотке использовали полуавтоматический анализатор BioChem SA, реагенты «Витал».

Альфа-амилазу в химусе определяли ферментативным фотометрическим тестом фирмы «Диавет» на приборе ФЭК-3 при длине волны 405 нм. Липазу устанавливали ферментативным колориметрическим тестом той же фирмы при длине волны 580 нм. При этом использованы методики F. Akinyemi, D. Adewole (2022).

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что секреторная активность поджелудочной железы регулируется в том числе нервной системой. Хронический стресс приводит к торможению парасимпатической нервной системы, которая посредством блуждающего нерва отвечает за стимуляцию поджелудочной железы, и, как следствие, наблюдается снижение секреции исследуемых гидролаз. Кроме этого, стрессовые состояния повышают уровень кортизола в крови, который оказывает угнетающее действие

на экзокринную функцию поджелудочной железы. Данные некоторых исследований свидетельствуют, что тепловой стресс значительно снижает экспрессию и активность ключевых пищеварительных ферментов, включая амилазу, химотрипсин, липазу и мальтазу [16].

В таблице 1 нами показано снижение активности амилазы и липазы в химусе разных отделов тонкого кишечника желудочно-кишечного тракта бройлеров при стрессе. В таблице 2 отмечено снижение активности этих ферментов в сыворотке крови. Снижение активности исследуемых гидролаз как в химусе, так и в крови цыплят опытной группы (при сопоставимых рационах) может свидетельствовать о влиянии стресса на данные показатели.

На основании полученных данных был определен индекс гидролаз как соотношение активности разницы между оттекающей и притекающей кровью к активности ферментов в химусе. Коэффициент позволяет оценить комплексные изменения в активности ферментов на каждом участке желудочно-кишечного тракта и получить совокупные данные об изменении ферментных систем при различных воздействиях, в том числе стрессорных. Индекс, имеющий значение более единицы, указывает на большую активность фермента в крови, менее единицы – в химусе. Изменение индекса гидролаз в разных отделах тонкого кишечника представлено в таблице 3.

Анализ полученных данных свидетельствует, что наиболее значительные

Таблица 1 – Содержание амилазы и липазы в химусе (n=15)

Table 1 – Amylase and lipase content in chyme (n=15)

В единицах на литр (in units per liter)

Отделы желудочно-кишечного тракта	Контрольная группа	Опытная группа
<i>Панкреатическая амилаза</i>		
Двенадцатиперстная кишка	548,5±74,62	512,45±71,15
Тощая кишка	625,5±93,41	536,5±66,43
Подвздошная кишка	538±82,1	502,5±45,69
<i>Липаза</i>		
Двенадцатиперстная кишка	10 321±850,25	8 096±735,34*
Тощая кишка	9 993±801,70	8 254±622,54*
Подвздошная кишка	6 595±790,83	6 071±541,22
* различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.		

Таблица 2 – Содержание амилазы и липазы в сыворотке крови (n=15)

Table 2 – Amylase and lipase content in blood serum (n=15)

В единицах на литр (in units per liter)

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
<i>Панкреатическая амилаза</i>		
Притекающая кровь	363±76,51	322±32,03
Кровь, оттекающая от кишок:		
– двенадцатиперстной	3 453±273,29	1 826±352,38*
– тощей	393±60,27	347±45,15
– подвздошной	428±54,66	335±35,18*
Воротная вена	473±79,23	384±55,86
<i>Липаза</i>		
Притекающая кровь	52±4,57	39±3,52*
Кровь, оттекающая от кишок:		
– двенадцатиперстной	86±2,48	63±1,30*
– тощей	115±2,32	78±3,53*
– подвздошной	59±3,81	44±2,55*
Воротная вена	88±2,84	68±1,49*
* различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.		

Таблица 3 – Изменение индексов амилазы и липазы по отделам тонкого кишечника

Table 3 – Changes in amylase and lipase indices in the small intestine

Группы	Двенадцатиперстная кишка	Тошая кишка	Подвздошная кишка
<i>Индекс амилазы</i>			
Контрольная	5,630	0,047	0,120
Опытная	2,930	0,047	0,030
<i>Индекс липазы</i>			
Контрольная	0,0329	0,0631	0,0106
Опытная	0,0297	0,0473	0,0082

комплексные показатели активности амилазы наблюдаются в двенадцатиперстной кишке. При воздействии стресса показатель снижается на 52 %, что свидетельствует о негативном влиянии на секреторную активность поджелудочной железы в отношении панкреатической амилазы.

Полученные в работе данные свидетельствуют о негативном влиянии технологического стресса на ферментативную активность пищеварительных гидролаз у цыплят-бройлеров кросса Смена-9. Снижение активности как панкреатической амилазы, так и липазы в химусе и сыворотке крови в опытной группе согласуется с известными представлениями о влиянии стресса на экзокринную функцию поджелудочной железы и процессы пищеварения в целом.

Хронический стресс, вызванный повышенной плотностью посадки, приводит к торможению парасимпатической нервной системы, которая через блуждающий нерв обеспечивает стимуляцию панкреатической секреции. Одновременно с этим активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси сопровождается повышением уровня кортизола в крови, который оказывает угнетающее действие на экзокринную функцию поджелудочной железы [16]. Снижение активности ферментов в химусе может быть также связано с нарушением процессов эмульгирования жиров и изменением кислотности кишечного содержимого, что косвенно влияет на эффективность работы гидролаз.

Стресс-фактор оказывает более выраженное влияние на активность липазы,

чем на активность амилазы. Так, в химусе двенадцатиперстной кишки активность липазы снижалась на 21,6 %, в тощей кишке – на 17,4 %, тогда как для амилазы эти изменения составили лишь 6,6 и 14,2 % соответственно и были статистически недостоверны.

Такая дифференциальная чувствительность может быть объяснена тем, что синтез и секреция липазы более энергозатратны для ацинарных клеток поджелудочной железы [13], а стресс, в первую очередь, нарушает энергетический гомеостаз организма.

Кроме того, снижение потребления корма в условиях стресса [3] приводит к уменьшению поступления липидов в кишечник, что снижает стимуляцию выработки липазы по механизму субстратной индукции. Другие исследования свидетельствуют о снижении экспрессии и активности амилазы, химотрипсина, липазы и мальтазы в условиях теплового стресса [16].

В эксперименте мы обнаружили, что активность липазы в сыворотке крови изменяется синхронно с ее активностью в химусе, что согласуется с исследованиями В. Г. Вертипрахова с соавторами, которые показали, что активность липазы в плазме крови следует за динамикой фермента в панкреатическом соке при смене липидного компонента рациона [13].

Наиболее выраженное снижение амилазы в крови наблюдалось в образцах, оттекающих от двенадцатиперстной кишки: в опытной группе активность снизилась почти вдвое. Расчет предложенного индекса гидролаз (отношение разницы активности фермента в оттекающей и притекающей крови к его активности в химусе) позволил получить обобщенную характеристику изменений ферментных систем на разных участках тонкого кишечника. Наиболее значительные изменения индекса амилазы (снижение на 52 % в двенадцатиперстной кишке) свидетельствуют о том, что данный отдел наиболее чувствителен к стрессорному воздействию, поскольку именно сюда поступает панкреатический сок и любые нарушения экзокринной функции поджелудочной железы, в первую очередь, отражаются на этом участке кишечника.

Индекс гидролаз может служить дополнительным диагностическим критери-

ем для оценки функционального состояния системы пищеварения при различных стресс-факторах. В отличие от прямых измерений активности ферментов, он нивелирует индивидуальные колебания и позволяет сравнивать данные между разными группами и экспериментами.

Снижение активности пищеварительных гидролаз в условиях стресса имеет прямые отрицательные последствия для продуктивности бройлеров. Уменьшение липолитической активности ведет к ухудшению переваривания и усвоения жиров, которые являются основным источником энергии в высокоэнергетических рационах современных кроссов [14, 15]. Амилазная недостаточность, в свою очередь, может снижать эффективность использования углеводов корма. В совокупности это приводит к увеличению затрат корма на единицу прироста живой массы, что подтверждается литературными данными о снижении эффективности использования корма при стрессе [3, 6, 17].

Особого внимания заслуживает тот факт, что наиболее чувствительным ферментом к стрессу оказалась липаза. Это согласуется с данными о том, что у бройлеров, особенно высокопродуктивных кроссов, липидный обмен крайне напряжен и любые нарушения в его регуляции быстро сказываются на продуктивных показателях [14].

Заключение. На основе результатов проведенных исследований нами установлено, что технологический стресс, вызванный повышенной плотностью посадки, оказывает негативное влияние на активность пищеварительных гидролаз у цыплят-бройлеров кросса Смена-9:

1. Повышенная плотность посадки (30 кг/м²) приводит к снижению активности липазы в химусе двенадцатиперстной и тощей кишок. В двенадцатиперстной кишке активность липазы снижалась на 21,6 % ($p < 0,05$), в тощей – на 17,4 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой с плотностью посадки 20 кг/м². Активность панкреатической амилазы в химусе проявляла тенденцию к снижению при стрессе, однако статистически значимых различий не обнаружено.

2. В сыворотке крови цыплят опытной группы зафиксировано также достоверное снижение активности липазы во

всех изученных отделах относительно контрольной группы. Активность панкреатической амилазы достоверно снижалась в сыворотке крови, оттекающей от двенадцатиперстной и подвздошной кишки.

3. Рассчитанный индекс гидролаз показал, что наиболее значительные изменения ферментативной активности под влиянием стресса происходят в двенадцатиперстной кишке. Индекс амилазы в этом отделе снизился на 52,0 % (с 5,63 до 2,93),

что свидетельствует о высокой чувствительности дуоденальной зоны к стрессорному воздействию.

4. Установлена синхронность изменений активности липазы в химусе и сыворотке крови, что позволяет использовать данный фермент и индекс липазы в качестве интегральных маркеров стресс-индуцированных нарушений экзокринной функции поджелудочной железы у бройлеров.

Список источников

1. Ablayeva E. A., Kavtarashvili A. Sh., Makhatov B. M., Bupabayeva L. K. Study of the effectiveness of the anti-stress preparation "hydro Rex vital" in broiler chicken production during the winter period // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің. 2025. Vol. 75. No. 4. P. 109–118. doi: 10.52081/bkaku.2025.v75.i4.289. EDN KGPDPY.

2. Мурадян Е. А., Ревякин А. О. Влияние добавки аскорбиновой кислоты на статус антиоксидантной системы и продуктивные показатели цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» в условиях стресса // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 1 (82). С. 147–153. doi: 10.34655/bgsha.2026.82.1.017. EDN JSPHJN.

3. Мурадян Е. А., Макаева В. И. Показатели стресс-устойчивости у цыплят-бройлеров при использовании стресс-протекторных препаратов // Тимирязевский биологический журнал. 2024. № 2. С. 86–90. doi: 10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90. EDN AEUYZT.

4. Кавтарашвили А. Ш., Колокольникова Т. Н. Физиология и продуктивность птицы при стрессе (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2010. Т. 45. № 4. С. 25–37. EDN MUKCUF.

5. Hirakawa R., Nurjanah S., Furukawa K., Murai A., Kikusato M., Nochi T. [et al.]. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens // Frontiers in Veterinary Science. 2020. Vol. 7. P. 46. doi: 10.3389/fvets.2020.00046.

6. Musa A. A., Mamat-Hamidi K., Idrus Z., Chung E. L. T., Samat N., Kassim N. A. Effects of heat stress on growth metrics, carcass characteristics, telomere length, and gene expression in chickens // Poultry Science. 2025. Vol. 104. No. 11. P. 105698. doi: 10.1016/j.psj.2025.105698.

7. Букаева Ю. Г., Мишурова М. Н. Механизм влияния стресса на продуктивность птицы // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука – производству : материалы нац. науч.-практ. конф. Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. С. 423–427. EDN OOIOMM.

8. Ghaleghafi A., Khorshidi K. J., Jafari M. A. Nutritional and managerial interventions on growth performance, nutrient transport-related genes and behavioral responses in heat stressed broiler chickens // Veterinary and Animal Science. 2025. Vol. 31. P. 100561. doi: 10.1016/j.vas.2025.100561.

9. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens – a comprehensive review // Archives Animal Breeding. 2022. Vol. 65. No. 1. P. 21–36. doi: 10.5194/aab-65-21-2022.

10. Мирзарахимова М. А., Кадилов Ш. К. Ферментный гомеостаз и секреция ферментов поджелудочной железы у крыс при сочетанном влиянии гипокинезии, высокой температуры и инсоляции // Молодой ученый. 2018. № 5 (191). С. 52–55. EDN YNTGPU.

11. Полякова Е. П., Макашова Т. А., Метревели Т. В., Ревякин А. О. Активность щелочной фосфатазы в пристеночной и полостной слизи разных отделов кишечника у мини свиней светлогорской породы // Биомедицина. 2014. № 4. С. 80–84. EDN TVVMQF.

12. Horiguchi M., Sunaga K. Effects of glucocorticoids, cold exposure and irregular feeding on hepatic and pancreatic enzyme activities in mice // *Journal of Japan Society of Nursing Research*. 1993. Vol. 16. No. 3. P. 3_11–3_21. doi: 10.15065/jjsnr.19930701001.
13. Вертипрахов В. Г., Фисинин В. И., Егоров И. А., Грозина А. А., Ленкова Т. Н., Манукян В. А. [и др.]. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 6. С. 1226–1233. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226rus. EDN YLSVFO.
14. Han M., Chen B., Dong Y., Miao Z., Su Y., Liu C. [et al.]. Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density // *Animals*. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 257. doi: 10.3390/ani13020257.
15. Akinyemi F., Adewole D. Effects of brown seaweed products on growth performance, plasma biochemistry, immune response, and antioxidant capacity of broiler chickens challenged with heat stress // *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. No. 12. P. 102215. doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.
16. Olayiwola S. F., Adedokun S. A. Heat stress in poultry: the role of nutritional supplements in alleviating heat stress and enhancing gut health in poultry // *Frontiers in Veterinary Science*. 2025. No. 12. P. 1691532. doi: 10.3389/fvets.2025.1691532.
17. Федорова А. О., Кухаренко Н. С., Труш Н. В., Гаврилов Ю. А., Гаврилова Г. А. Влияние транспортной болезни на клинический статус и некоторые продуктивные качества сельскохозяйственных животных // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2023. Т. 17. № 4. С. 111–121. doi: 10.22450/1999-6837-2023-17-4-111-121. EDN KDAYGR.

References

1. Ablayeva E. A., Kavtarashvili A. Sh., Makhatov B. M., Bupebayeva L. K. Study of the effectiveness of the anti-stress preparation "hydro Rex vital" in broiler chicken production during the winter period. *Korkyt Ata Kyzylorda State University*, 2025;75;4:109–118. doi: 10.52081/bkaku.2025.v75.i4.289. EDN KGPDYZ.
2. Muradyan E. A., Revyakin A. O. The effect of ascorbic acid supplementation on the antioxidant system status and productive performance of Smena 9 broiler chickens under stress conditions. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2026;1(82): 147–153. doi: 10.34655/bgsha.2026.82.1.017. EDN JSPHJN (in Russ.).
3. Muradyan E. A., Makaeva V. I. Indicators of stress resistance in broiler chickens using stress-protective drugs. *Timiryazevskii biologicheskii zhurnal*, 2024;2:86–90. doi: 10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90. EDN AEUYZT (in Russ.).
4. Kavtarashvili A. Sh., Kolokolnikova T. N. Physiology and productivity of poultry under stress (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2010;45;4:25–37. EDN MUKCUF (in Russ.).
5. Hirakawa R., Nurjanah S., Furukawa K., Murai A., Kikusato M., Nochi T. [et al.]. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 2020;7:46. doi: 10.3389/fvets.2020.00046.
6. Musa A. A., Mamat-Hamidi K., Idrus Z., Chung E. L. T., Samat N., Kassim N. A. Effects of heat stress on growth metrics, carcass characteristics, telomere length, and gene expression in chickens. *Poultry Science*, 2025;104;11:105698. doi: 10.1016/j.psj.2025.105698.
7. Bukaeva Yu. G., Mishurova M. N. The mechanism of the influence of stress on poultry productivity. Proceedings from Priority scientific research and innovative technologies in the agro-industrial complex: science to production: *Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 423–427), Volgograd, Volgogradskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019 EDN OOIOMM (in Russ.).
8. Ghaleghafi A., Khorshidi K. J., Jafari M. A. Nutritional and managerial interventions on growth performance, nutrient transport-related genes and behavioral responses in heat

stressed broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*, 2025;31:100561. doi: 10.1016/j.vas.2025.100561.

9. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens – a comprehensive review. *Archives Animal Breeding*, 2022;65;1:21–36. doi: 10.5194/aab-65-21-2022.

10. Mirzarakhimova M. A., Kadyrov Sh. K. Enzyme homeostasis and secretion of pancreatic enzymes in rats under the combined influence of hypokinesia, high temperature and insolation. *Molodoi uchenyi*, 2018,5(191):52–55. EDN YNTGPU (in Russ.).

11. Polyakova E. P., Makashova T. A., Metreveli T. V., Revyakin A. O. Alkaline phosphatase activity in the parietal and luminal mucus of different parts of the intestine in mini-pigs of the Svetlogorsk breed. *Biomeditsina*, 2014;4:80–84. EDN TVVMQF (in Russ.).

12. Horiguchi M., Sunaga K. Effects of glucocorticoids, cold exposure and irregular feeding on hepatic and pancreatic enzyme activities in mice. *Journal of Japan Society of Nursing Research*, 1993;16;3:3_11–3_21. doi: 10.15065/jjsnr.19930701001.

13. Vertiprakhov V. G., Fisinin V. I., Egorov I. A., Grozina A. A., Lenkova T. N., Manukyan V. A. [et al.]. Activity of digestive enzymes in duodenal chyme and blood plasma in original lines and hybrids of meat chickens when using biologically active additives in the diet. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2017;52;6:1226–1233. doi: 10.15389/agrobiol.2017.6.1226rus. EDN YLSVFO (in Russ.).

14. Han M., Chen B., Dong Y., Miao Z., Su Y., Liu C. [et al.]. Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density. *Animals*, 2023;13;2:257. doi: 10.3390/ani13020257.

15. Akinyemi F., Adewole D. Effects of brown seaweed products on growth performance, plasma biochemistry, immune response, and antioxidant capacity of broiler chickens challenged with heat stress. *Poultry Science*, 2022;101;12:102215. doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.

16. Olayiwola S. F., Adedokun S. A. Heat stress in poultry: the role of nutritional supplements in alleviating heat stress and enhancing gut health in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 2025;12:1691532. doi: 10.3389/fvets.2025.1691532.

17. Fedorova A. O., Kukharensko N. S., Trush N. V., Gavrilov Yu. A., Gavrilova G. A. The influence of transport disease on the clinical status and some productive qualities of farm animals. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2023;17;4:111–121. doi: 10.22450/1999-6837-2023-17-4-111-121. EDN KDAYGR (in Russ.).

© Мурадян Е. А., Ревякин А. О., Сычёва И. Н., 2026

Статья поступила в редакцию 20.07.2026; одобрена после рецензирования 08.09.2026; принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 20.07.2026; approved after reviewing 08.09.2026; accepted for publication 09.09.2026.

Информация об авторах

Мурадян Екатерина Андреевна, аспирант, ассистент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0009-0007-9287-9153, Author ID: 1173315, muradyan@rgau-msha.ru;

Ревякин Артем Олегович, кандидат биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0000-0001-5042-6147, Author ID: 419908, ar.revyakin@rgau-msha.ru;

Сычёва Ирина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0000-0003-3784-0508, Author ID: 766664, sycheva@rgau-msha.ru

Information about the authors

Ekaterina A. Muradyan, Postgraduate Student, Assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0009-0007-9287-9153, Author ID: 1173315, muradyan@rgau-msha.ru;

Artem O. Revyakin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0000-0001-5042-6147, Author ID: 419908, ar.revyakin@rgau-msha.ru;

Irina N. Sycheva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0000-0003-3784-0508, Author ID: 766664, sycheva@rgau-msha.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.

Научная статья

УДК 619:616.36-002:636.7

EDN ACGIJR

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-76-82>**Ретроспективный анализ распространенности
болезней печени у собак (на примере г. Астрахань)****Елена Петровна Побережец¹, Николай Александрович Пудовкин²,
Анна Сергеевна Стрельцова³**^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратовская область, Саратов, Россия^{2,3} Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева
Астраханская область, Астрахань, Россия¹ poberezhets.alna@mail.ru, ² niko-pudovkin@yandex.ru, ³ annastre28@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты ретроспективных исследований по изучению распространенности заболеваний печени у собак на примере г. Астрахань. Исследования проводились на базе кафедры морфологии, патологии животных и биологии Саратовского университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова и ветеринарной клиники г. Астрахани «Алабай» в период 2022–2025 гг. Объектом исследований служили истории болезни собак различных пород, возрастных и половых групп с патологиями печени (154 особи). Установлено, что наиболее частым диагнозом оказался гепатоз (27,9 %), второе место занял холангиогепатит (21,4 %), третье – холангит (12,3 %). Реже регистрировались фиброз печени (8,4 %), микрососудистая дисплазия (8,4 %) и хронический гепатит (7,1 %). Цирроз печени, острый гепатит и другие редкие патологии составили по менее 5 % случаев на каждое заболевание. Анализ породной и половозрастной структуры выявил определенные закономерности. Хронический гепатит чаще встречался у немецких овчарок и лабрадоров с выраженным преобладанием самок (72,7 %). Гепатоз был наиболее распространен среди такс и йоркширских терьеров с примерно равным соотношением полов. Холангиогепатит преимущественно поражал такс и кокер-спаниелей; при этом у такс доминировали самцы, а у кокер-спаниелей – суки. Холангит чаще диагностировали у такс, французских бульдогов и боксеров. Микрососудистая дисплазия в данной выборке встречалась у беспородных собак и французских бульдогов, преимущественно в старшей возрастной группе (средний возраст 12 лет 1 месяц). Наиболее старшими пациентами оказались собаки с хроническим гепатитом (средний возраст 11 лет 11 месяцев) и циррозом печени (11 лет 2 месяца), тогда как холангит диагностировали у более молодых животных (средний возраст 8 лет 8 месяцев).

Ключевые слова: собаки, заболевания печени, анализ распространенности, половозрастная структура заболеваемости, породная предрасположенность

Для цитирования: Побережец Е. П., Пудовкин Н. А., Стрельцова А. С. Ретроспективный анализ распространенности болезней печени у собак (на примере г. Астрахань) // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 76–82. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-76-82>.

Original article

**A retrospective analysis of the prevalence
of liver diseases in dogs (on the example of Astrakhan)****Elena P. Poberezhets¹, Nikolai A. Pudovkin², Anna S. Streltsova³**^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after
N. I. Vavilov, Saratov region, Saratov, Russian Federation

^{2,3} Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev
Astrakhan region, Astrakhan, Russian Federation

¹ poberezhets.alna@mail.ru, ² niko-pudovkin@yandex.ru, ³ annastre28@yandex.ru

Abstract. The authors present retrospective studies on the prevalence of liver diseases in dogs using the example of Astrakhan. The research was conducted at the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology of the Saratov University of Genetics, Biotechnology and Engineering and the Veterinary clinic "Alabai" (Astrakhan) in the period 2022–2025. The case histories of dogs of various breeds, age and sex groups with liver pathologies (154 individuals) were studied. It was found that the most common diagnosis was hepatosis (27.9%), followed by cholangiohepatitis (21.4%) and cholangitis (12.3%). Less common were liver fibrosis (8.4%), microvascular dysplasia (8.4%) and chronic hepatitis (7.1%). Liver cirrhosis, acute hepatitis, and other rare pathologies each accounted for less than 5% of cases. Chronic hepatitis was more common in German Shepherds and Labradors, with a significant female predominance (72.7%). Hepatosis was most common among dachshunds and Yorkshire terriers, with a roughly equal sex ratio. Cholangiohepatitis predominantly affected dachshunds and cocker spaniels, with males predominating in dachshunds and females in cocker spaniels. Cholangitis was most frequently diagnosed in dachshunds, French bulldogs, and boxers. Microvascular dysplasia in this sample was observed in mixed-breed dogs and French bulldogs, predominantly in the older age group. The oldest patients were dogs with chronic hepatitis and liver cirrhosis, while cholangitis was diagnosed in younger animals. Thus, the breed and sex-age structures of dogs in terms of the prevalence of liver diseases have certain patterns.

Keywords: dogs, liver diseases, prevalence analysis, sex and age structure of morbidity, breed predisposition

For citation: Poberezhets E. P., Pudovkin N. A., Streltsova A. S. A retrospective analysis of the prevalence of liver diseases in dogs (on the example of Astrakhan). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:76–82. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-76-82>.

Введение. Печень является самым крупным внутренним органом, выполняющим множество жизненно важных функций, включая продукцию желчи, участие в углеводном, белковом и липидном обменах [1]. У собак масса печени составляет приблизительно 3–5 % от общей массы тела. Кроме того, печень играет ключевую роль в депонировании водорастворимых и жирорастворимых витаминов, железа и гликогена, а также участвует в метаболизме гемоглобина и детоксикации токсических веществ [2]. Печень собак обеспечивает синтез белков и факторов свертывания крови [3], а также участвует во всех типах метаболических процессов.

Патологии гепатобилиарной системы входят в число основных причин заболеваемости и смертности среди мелких домашних животных [4, 5]. Повышение активности печеночных ферментов зачастую служит первым индикатором возможной патологии печени у собак [6]. Однако нужно учитывать, что на уровень этих ферментов могут влиять и внепеченочные расстройства, связанные с дей-

ствием эндотоксинов или инфекционных агентов [7].

Следовательно, для точной диагностики требуется комплексный подход, включающий сбор анамнеза, данных физического осмотра, лабораторных исследований, а также визуализационные методы и гистопатологию [8]. До выполнения биопсии, которая является окончательным методом диагностики, у собак часто применяют несколько неинвазивных подходов в качестве потенциальных диагностических альтернатив при заболеваниях печени [9].

Среди различных форм патологий печени у собак особое внимание уделяется хроническому гепатиту, фиброзу, циррозу, холангиогепатиту и гепатозам [10]. Дифференциальная диагностика этих состояний остается сложной задачей, требующей комплексной оценки клинических, лабораторных и морфологических данных [9]. Изучение региональных особенностей распространения заболеваний печени у собак имеет важное значение для оптимизации диагностических и лечебных подходов в

конкретных климатических и экологических условиях.

Целью работы явилось проведение ретроспективных исследований по изучению распространений заболеваний печени у собак на примере г. Астрахань. В соответствии с целью были поставлены и решены следующие задачи:

1) изучить этиологические факторы наиболее распространенных патологий печени у различных пород собак;

2) провести корреляционный анализ между возрастом, полом и тяжестью течения заболеваний.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе кафедры морфологии, патологии животных и биологии Саратовского университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова и ветеринарной клиники г. Астрахани «Алабай» в период 2022–2025 гг. Объектом исследований служили истории болезни собак различных пород, возрастных и половых групп с патологиями печени (всего 154 особи). Диагноз устанавливали на основании клинического осмотра, анамнестических данных, результатов лабораторных и инструментальных методов исследований.

Было проанализировано 1 954 истории болезни за 2022–2025 гг. При этом из данного числа случаев обращения владельцев собак 154 были с заболеваниями печени, из них 18 животным было проведено гистопатологическое исследование.

Статистическую обработку полученных результатов выполняли в программе PASW Statistics версии 1. Возраст животных представляли как медиана плюс (минус) интервал (минимум – максимум). Межпородные различия по возрасту среди собак оценивали с помощью критерия Манна-Уитни. Сравнение соотношения полов внутри отдельных пород проводили с аналогичным показателем в общей выборке собак. Критический уровень значимости принимали равным $p < 0,05$.

Результаты исследований. Распределение различных форм заболеваний по частоте встречаемости дано в таблице 1.

В ходе анализа структуры заболеваемости печени у исследуемых собак было выявлено, что наиболее распространенной патологией является гепатоз, который встречается в 43 случаях, что составляет 27,9 % от общего числа; на втором месте находится холангиогепатит с 33 случаями (21,4 %). В совокупности эти две нозологические формы составляют почти половину всех диагностированных заболеваний (49,3 %).

К заболеваниям со средней степенью распространенности относятся холангит (12,3 %), фиброз печени (8,4 %) и микрососудистая дисплазия (8,4 %), в то время как цирроз, острый гепатит и гемохроматоз встречаются значительно реже (менее 6 % каждое).

Такие патологии, как периаангит и абсцесс печени, являются единичными

Таблица 1 – Распространение заболеваний печени у собак (M±m)

Table 1 – Prevalence of liver diseases in dogs (M±m)

Заболевание	Количество животных	Процент
Холангиогепатит	33	21,4
Хронический гепатит	11	7,1
Фиброз печени	13	8,4
Холангит	19	12,3
Цирроз печени	8	5,2
Острый гепатит	3	1,9
Периаангит	1	0,6
Абсцесс печени	1	0,6
Микрососудистая дисплазия	13	8,4
Гепатоз	43	27,9
Атрофия гепатоцитов	2	1,3
Дисплазия	3	1,9
Гемохроматоз	4	2,6

случаями и составляют по 0,6 % соответственно. Таким образом, в структуре заболеваемости преобладают дистрофические изменения (гепатоз) и воспалительные процессы (холангиогепатит и холангит), на долю которых в сумме приходится более 60 % всех зарегистрированных случаев.

Результаты распределения заболеваний печени у собак по породе, среднему возрасту и полу обобщены в таблице 2.

Наиболее частым заболеванием установлен гепатоз (n=43). Средний возраст животных составил 10 лет 4 месяца, соотношение самцов и самок было примерно

Таблица 2 – Распределение случаев заболеваний печени у собак по породе, среднему возрасту и полу (n=154)

Table 2 – Distribution of cases of liver disease in dogs by breed, average age and sex (n=154)

Диагноз и порода	Средний возраст	Самцы		Самки	
		особей	%	особей	%
Гепатоз (n=43)	10 лет 4 мес.	22	51,2	21	48,8
– такса (n=7)	10 лет 8 мес.	4	57,1	3	42,9
– йоркширский терьер (n=7)	9 лет 7 мес.	4	57,1	3	42,9
– лабрадор (n=4)	11 лет 10 мес.	1	25,0	3	75,0
– немецкая овчарка (n=4)	10 лет 9 мес.	3	75,0	1	25,0
– французский бульдог (n=4)	9 лет 11 мес.	2	50,0	2	50,0
– чихуахуа (n=3)	9 лет 11 мес.	2	66,7	1	33,3
– алабай (n=3)	6 лет 3 мес.	0	0,0	3	100,0
– мопс (n=3)	9 лет 4 мес.	2	66,7	1	33,3
– беспородные (n=4)	12 лет 3 мес.	3	75,0	1	25,0
– прочие (n=4)	11 лет 7 мес.	1	25,0	3	75,0
Холангиогепатит (n=33)	9 лет 6 мес.	18	54,5	15	45,5
– такса (n=6)	7 лет 8 мес.	4	66,6	2	33,4
– кокер-спаниель (n=6)	9 лет 1 мес.	1	16,7	5	83,3
– цвергшнауцер (n=3)	10 лет 2 мес.	1	33,3	2	66,7
– померанский шпиц (n=2)	8 лет 10 мес.	1	50,0	1	50,0
– беспородные (n=10)	11 лет 1 мес.	7	70,0	3	30,0
– прочие (n=6)	9 лет 2 мес.	4	66,7	2	33,3
Холангит (n=19)	8 лет 8 мес.	9	47,4	10	52,6
– такса (n=5)	6 лет 11 мес.	3	60,0	2	40,0
– французский бульдог (n=4)	7 лет 11 мес.	2	50,0	2	50,0
– боксер (n=3)	9 лет 4 мес.	1	33,3	2	66,7
– немецкая овчарка (n=2)	11 лет 1 мес.	1	50,0	1	50,0
– беспородные (n=3)	10 лет 2 мес.	2	66,7	1	33,3
– прочие (n=2)	9 лет 1 мес.	0	0,0	2	100,0
Микрососудистая дистония (n=13)	12 лет 1 мес.	7	53,8	6	46,2
– французский бульдог (n=2)	13 лет 0 мес.	2	100,0	0	0,0
– беспородные (n=8)	11 лет 10 мес.	3	37,5	5	62,5
– прочие (n=3)	12 лет 3 мес.	2	66,7	1	33,3
Фиброз печени (n=13)	12 лет 1 мес.	7	53,8	6	46,2
– немецкая овчарка (n=2)	9 лет 11 мес.	0	0,0	2	100,0
– беспородные (n=6)	13 лет 0 мес.	4	66,7	2	33,3
– прочие (n=5)	11 лет 11 мес.	3	60,0	2	40,0
Хронический гепатит (n=11)	11 лет 11 мес.	3	27,3	8	72,7
– лабрадор (n=2)	12 лет 0 мес.	1	50,0	1	50,0
– немецкая овчарка (n=3)	13 лет 8 мес.	1	33,3	2	66,7
– беспородные (n=4)	11 лет 11 мес.	1	25,0	3	75,0
– прочие (n=2)	9 лет 3 мес.	0	0,0	2	100,0
Цирроз печени (n=8)	11 лет 2 мес.	4	50,0	4	50,0
– немецкая овчарка (n=2)	12 лет 3 мес.	1	50,0	1	50,0
– беспородные (n=4)	10 лет 11 мес.	1	25,0	3	75,0
– прочие (n=2)	10 лет 7 мес.	2	100,0	0	0,0

равным (51,2 и 48,8 % соответственно). Среди пород наиболее часто гепатоз регистрировали у такс (n=7), йоркширских терьеров (n=7), лабрадоров (n=4), немецких овчарок (n=4), французских бульдогов (n=4), чихуахуа (n=3), алабаев (n=3), мопсов (n=3), а также у беспородных собак (n=4). У алабаев (n=3) все пораженные животные были самками.

Холангиогепатит (n=33) диагностирован в среднем возрасте 9 лет 6 месяцев. Соотношение полов составило 54,5 % самцов и 45,5 % самок. Среди пород лидировали таксы (n=6) и кокер-спаниели (n=6), при этом у такс преобладали самцы (66,6 %), тогда как у кокер-спаниелей суки (83,3 %). Также отмечены случаи у цвергшнауцеров (n=3), померанских шпицев (n=2) и беспородных (n=10). При этом у последних преобладали самцы (70 %).

Холангит (n=19) выявлен в среднем возрасте 8 лет 8 месяцев, с почти равным распределением по полу (47,4 % самцов, 52,6 % самок). Наиболее часто поражались таксы (n=5), французские бульдоги (n=4), боксеры (n=3) и немецкие овчарки (n=2). У беспородных собак (n=3) преобладали самцы (66,7 %).

Фиброз печени (n=13) отмечен в среднем возрасте 12 лет 1 месяц, с незначительным преобладанием самцов (53,8 %). Среди беспородных животных (n=6) самцы составили 66,7 %. У лабрадоров (n=2) поражены были только самки.

Микрососудистая дисплазия (n=13) в данной выборке зарегистрирована в среднем возрасте 12 лет 1 месяц, соотношение самцов и самок 53,8 и 46,2 % соответственно. Среди беспородных живот-

ных (n=8) преобладали самки (62,5 %), тогда как у французских бульдогов (n=2) болели только самцы.

Хронический гепатит (n=11) диагностирован в наиболее старшем возрасте, в среднем 11 лет 11 месяцев, с выраженным преобладанием самок (72,7 %). Наиболее часто поражались немецкие овчарки (n=3) и лабрадоры (n=2). При этом у беспородных собак (n=4) самки составили 75 %.

Цирроз печени (n=8) выявлен в среднем возрасте 11 лет 2 месяца, с равным распределением по полу. Среди беспородных животных (n=4) отмечено преобладание самок (75 %).

Закключение. Проведенное исследование позволило охарактеризовать структуру заболеваний печени у собак в г. Астрахани.

Наиболее частым диагнозом оказалась гепатоз (27,9 %), второе место занял холангиогепатит (21,4 %), третье – холангит (12,3 %). Реже регистрировались фиброз печени (8,4 %), микрососудистая дисплазия (8,4 %) и хронический гепатит (7,1 %). Цирроз печени, острый гепатит и другие редкие патологии составили менее чем 5 % на каждое заболевание.

Хронический гепатит чаще встречался у немецких овчарок и лабрадоров с выраженным преобладанием самок. Гепатоз был наиболее распространен среди такс и йоркширских терьеров с примерно равным соотношением полов. Холангиогепатит преимущественно поражал такс и кокер-спаниелей; при этом у такс доминировали самцы, тогда как у кокер-спаниелей суки. Холангит чаще диагностировали у такс, французских бульдогов и боксеров.

Список источников

1. Руденко П. А., Луцай В. И., Светлов А. В., Руденко А. А., Горячева М. М. Компаративный анализ диагностической эффективности основных методов выявления гепатопатий у собак и кошек // Ветеринария и кормление. 2026. № 2. С. 170–175. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2026-2-35. EDN PXPHLR.
2. Колесников М. П., Пудовкин Н. А., Терновая А. М., Клюкин С. Д., Салаутин В. В. Состояние глюконеогенной функции печени собак, больных сахарным диабетом // Аграрный научный журнал. 2025. № 5. С. 50–53. doi: 10.28983/asj.y2025i5pp50-53. EDN VKGHCS.
3. Бабкина Т. Н., Ушакова Т. М. Корреляция расстройств редокс-гомеостаза и уровня метаболических процессов при гипотиреозе у собак // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2021. № 3 (51). С. 37–40. doi: 10.24412/2074-5036-2021-3-37-40. EDN BJHNIG.

4. Краснолобова Е. П., Сидорова К. А., Череменина Н. А. Гепатопатии моногастричных животных в условиях Северного Зауралья // *Международный вестник ветеринарии*. 2022. № 4. С. 308–313. doi: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.308. EDN QMENIW.
5. Попова И. А., Ватников Ю. А. Динамика развития анемии при поражениях печени у собак // *Ветеринария*. 2020. № 1. С. 16–20. doi: 10.30896/0042-4846.2020.23.1.16-20. EDN KVKPGP.
6. Радайкина Т. М., Пильгаев Ф. П. Комплексная диагностика хронического гепатита у собаки // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. № 99–5. С. 191–194. doi: 10.18411/trnio-07-2023-298. EDN PSESAX.
7. Мурашкина М. А., Шинкаренко А. Н. Компенсаторные процессы печени собак и кошек в случае повреждения лекарственными препаратами // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2020. № 2. С. 61–66. doi: 10.17238/issn2072-6023.2020.2.61. EDN FAGISF.
8. Максимович Д. М., Журавель Н. А., Наумова О. В., Мифтахутдинов А. В. Динамика клинико-гематологических показателей собак при циррозе печени на фоне разных схем терапии // *АПК России*. 2023. Т. 30. № 4. С. 538–544. doi: 10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-4-538-544. EDN DPWUJN.
9. Ушакова Т. М. Установление предикторных критериев функциональных расстройств органов в оси «печень – почки» у собак при неспецифическом реактивном гепатите // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2025. № 5 (115). С. 177–184. doi: 10.37670/2073-0853-2025-115-5-177-184. EDN BZMWWB.
10. Дроздова Л. И., Женихова Н. И., Бадова О. В. Морфогенез патологий печени у собак мелких пород // *Иппология и ветеринария*. 2020. № 1 (35). С. 122–123. EDN PDZILA.

References

1. Rudenko P. A., Lutsay V. I., Svetlov A. V., Rudenko A. A., Goryacheva M. M. Comparative analysis of diagnostic efficiency of the main methods for detecting hepatopathies in dogs and cats. *Veterinariya i kormlenie*, 2026;2:170–175. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2026-2-35. EDN PXPHLR (in Russ.).
2. Kolesnikov M. P., Pudovkin N. A., Ternovaya A. M., Klyukin S. D., Salautin V. V. The state of the gluconeogenic function of the liver in dogs with diabetes mellitus. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2025;5:50–53. doi: 10.28983/asj.y2025i5pp50-53. EDN VKGHCS (in Russ.).
3. Babkina T. N., Ushakova T. M. Correlation of redox homeostasis disorders and the level of metabolic processes in hypothyroidism in dogs. *Aktualnye voprosy veterinarnoi biologii*, 2021;3(51):37–40. doi: 10.24412/2074-5036-2021-3-37-40. EDN BJHNIG (in Russ.).
4. Krasnolobova E. P., Sidorova K. A., Cheremenina N. A. Hepatopathies of monogastric animals in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*, 2022;4:308–313. doi: 10.52419/issn2072-2419.2022.4.308. EDN QMENIW (in Russ.).
5. Popova I. A., Vatnikov Yu. A. Dynamics of anemia development in dogs with liver lesions. *Veterinariya*, 2020;1:16–20. doi: 10.30896/0042-4846.2020.23.1.16-20. EDN KVKPGP (in Russ.).
6. Radaikina T. M., Pilgaev F. P. Comprehensive diagnosis of chronic hepatitis in a dog. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2023;99–5:191–194. doi: 10.18411/trnio-07-2023-298. EDN PSESAX (in Russ.).
7. Murashkina M. A., Shinkarenko A. N. Compensatory processes of the liver in dogs and cats in case of drug-induced damage. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2020;2:61–66. doi: 10.17238/issn2072-6023.2020.2.61. EDN FAGISF (in Russ.).
8. Maksimovich D. M., Zhuravel N. A., Naumova O. V., Miftakhutdinov A. V. Dynamics of clinical and hematological parameters in dogs with liver cirrhosis against the background of different therapy regimens. *APK Rossii*, 2023;30;4:538–544. doi: 10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-4-538-544. EDN DPWUJN (in Russ.).

9. Ushakova T. M. Establishment of predictor criteria for functional disorders of organs in the "liver – kidneys" axis in dogs with nonspecific reactive hepatitis. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025;5(115):177–184. doi: 10.37670/2073-0853-2025-115-5-177-184. EDN BZMWWB (in Russ.).

10. Drozdova L. I., Zhenikhova N. I., Badova O. V. Morphogenesis of liver pathologies in small breed dogs. *Ippologiya i veterinariya*, 2020;1(35):122–123. EDN PDZILA (in Russ.).

© Побережец Е. П., Пудовкин Н. А., Стрельцова А. С., 2026

Статья поступила в редакцию 19.06.2026; одобрена после рецензирования 21.08.2026; принята к публикации 03.09.2026.

The article was submitted 19.06.2026; approved after reviewing 31.08.2026; accepted for publication 03.09.2026.

Информация об авторах

Побережец Елена Петровна, соискатель, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Author ID: 1246635, poberezhets.alna@mail.ru;

Пудовкин Николай Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, патологии животных и биологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова; профессор кафедры ветеринарной медицины, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, ORCID: 0000-0003-0665-1130, Author ID: 632317, niko-pudovkin@yandex.ru;

Стрельцова Анна Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой ветеринарной медицины, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Author ID: 315817, annastre28@yandex.ru

Information about authors

Elena P. Poberezhets, Degree Seeker, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Author ID: 1246635, poberezhets.alna@mail.ru;

Nikolai A. Pudovkin, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov; Professor of the Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, ORCID: 0000-0003-0665-1130, Author ID: 632317, niko-pudovkin@yandex.ru;

Anna S. Streltsova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, Author ID: 315817, annastre28@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.

Научная статья

УДК 619:616.7

EDN BNHFHL

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-83-91>

Влияние антиоксиданта ТФ-15 на структурно-функциональную характеристику опорно-двигательного аппарата лабораторных животных при экспериментальном ревматоидном артрите

**Андрей Валентинович Сахаров¹, Владлена Евгеньевна Ушкова²,
Александр Александрович Макеев³**

^{1, 2, 3} Новосибирский государственный педагогический университет

Новосибирская область, Новосибирск, Россия

¹ asakharov142@yandex.ru, ² ushkova.vladlena@mail.ru, ³ 9628280784@mail.ru

Аннотация. В статье представлены особенности патоморфологических изменений тканей суставного аппарата крыс при моделировании ревматоидного артрита. Уточнены морфогенетические закономерности развития воспаления и деструкции структурных элементов сустава при экспериментальном моделировании данного заболевания. Установлен дифференцированный характер реакции клеток эпителия синовиальной оболочки на повреждение – от легкой в форме гиперплазии до некроза в терминальной стадии. Показано разрушение тканей сустава с развитием паннуса, сублетальных и летальных повреждений клеток и межклеточного вещества гиалинового хряща сустава. Исследована биологическая активность нового синтетического антиоксиданта ТФ-15 (1,4-дигидрокси-2-[(додецилсульфанил)метил]бензол) в отношении защиты тканей сустава при воспроизведении аутоиммунного воспаления у лабораторных крыс. На основании отсутствия выраженных признаков синовита и некроза гиалинового хряща установлен хондропротекторный эффект данного антиоксидантного соединения. Результаты исследований обосновывают эффективность и необходимость применения средств антиоксидантной защиты тканей структурных элементов суставов тазовой конечности крыс при ревматоидном артрите.

Ключевые слова: ревматоидный артрит, модель, эксперимент, антиоксидант, сустав, синовиальная оболочка, гиалиновый хрящ

Для цитирования: Сахаров А. В., Ушкова В. Е., Макеев А. А. Влияние антиоксиданта ТФ-15 на структурно-функциональную характеристику опорно-двигательного аппарата лабораторных животных при экспериментальном ревматоидном артрите // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 83–91. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-83-91>.

Original article

The effect of the antioxidant TF-15 on the structural and functional characteristics of the musculoskeletal system in laboratory animals with experimental rheumatoid arthritis

Andrey V. Sakharov¹, Vladlena E. Ushkova², Aleksandr A. Makeev³

^{1, 2, 3} Novosibirsk State Pedagogical University

Novosibirsk region, Novosibirsk, Russian Federation

¹ asakharov142@yandex.ru, ² ushkova.vladlena@mail.ru, ³ 9628280784@mail.ru

Abstract. The features of pathomorphological changes in the tissues of the rat articular apparatus during the modeling of rheumatoid arthritis are presented in the article. The morphogenetic patterns of the development of inflammation and destruction of the structural elements of the joint during the experimental modeling of this disease have been clarified. The differentiated nature

of the response of the synovial membrane epithelial cells to damage has been established. The destruction of the joint tissues with the development of pannus, sublethal and lethal damage to the cells and intercellular substance of the hyaline cartilage of the joint has been shown. The biological activity of a new synthetic antioxidant, TF-15 (1,4-dihydroxy-2-[(dodecylsulfanyl)methyl] benzene), has been studied in terms of protecting joint tissues during the reproduction of autoimmune inflammation in laboratory rats. Based on the absence of pronounced signs of synovitis and hyaline cartilage necrosis, the chondroprotective effect of this antioxidant compound has been established. The results obtained by the authors show the effectiveness and necessity of using antioxidant protection agents for the tissues of the structural elements of the joints of the pelvic limb of rats with rheumatoid arthritis.

Keywords: rheumatoid arthritis, model, experiment, antioxidant, joint, synovial membrane, hyaline cartilage

For citation: Sakharov A. V., Ushkova V. E., Makeev A. A. The effect of the antioxidant TF-15 on the structural and functional characteristics of the musculoskeletal system in laboratory animals with experimental rheumatoid arthritis. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:83–91. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-83-91>.

Введение. В соответствии со стратегией научно-технологического развития Российской Федерации особая роль принадлежит созданию и развитию научной базы для реализации высокопродуктивного и экологически безопасного ведения сельскохозяйственного производства, созданию безопасных и качественных продуктов питания [1, 2]. В условиях перевода молочного скотоводства на промышленную основу на многих крупных животноводческих предприятиях возросло количество болезней области дистального отдела конечностей [3, 4]. В этой связи важное значение отводится разработке теоретических основ диагностики, профилактики и лечения болезней животных. В общей структуре инфекционных и незаразных заболеваний как продуктивных, так и непродуктивных животных особое место занимают ортопедические патологии [5].

Среди множества форм заболеваний структур опорно-двигательного аппарата гнойно-некротического характера, таких как гнойные артриты копытцевого и венечного суставов, флегмоны и язвы венчика, пальцевый и межпальцевый дерматит и многие другие, за пределами внимания практикующих врачей остается группа заболеваний иной этиологии. Ревматоидный артрит представляет системное хроническое аутоиммунное воспаление суставов трубчатых костей среднего и малого калибра с прогрессирующей деструкцией гиалинового хряща эпифиза, пластинки роста и субхондральной костной ткани [6–8]. В настоящее время в лечении ревматоидного артрита достигнут определенный

прогресс. Современные методы терапии данного заболевания включают широкий спектр лекарственных средств, эффективно снижающих болевой синдром и воспаление. Однако некоторые патогенетические механизмы ревматоидного артрита остаются недостаточно изученными, что отражается на качестве лечения данной патологии. Считается, что при ревматоидном артрите клетки воспаления активно экспрессируют активные метаболиты кислорода и участвуют в деструкции клеток и межклеточного вещества соединительной ткани [9, 10]. Регуляция активности свободнорадикальных процессов в тканевых компартментах структур опорно-двигательного аппарата, как известно, осуществляется за счет активности системы антиоксидантной защиты. Принимая во внимание, что гиалиновая хрящевая ткань эпифизов суставов, метаэпифизарной пластинки роста у растущих животных не содержит кровеносных сосудов, клетки хондрогенного дифферона нетерпимы к кислороду и отличаются депрессией системы антиоксидантной защиты. В этом случае уточнение роли свободнорадикальных процессов в развитии ревматоидного воспаления, оценка эффективности управления редокс-зависимым гомеостазом в структурах суставного хряща становятся вполне понятными и логичными.

Целью исследований явилось экспериментальное обоснование применения средств антиоксидантной защиты гиалиновой хрящевой ткани суставов при моделировании ревматоидного артрита у лабораторных крыс.

Задачи исследования включали:

1. В экспериментах на лабораторных крысах методами морфологического анализа оценить адекватность модели коллаген-индуцированного артрита.

2. Изучить возможность применения нового антиоксиданта ТФ-15 для управления процессами воспаления и деструкции структурных элементов сустава.

Материал и методы исследований. Экспериментальная часть работы выполнена в двух сериях экспериментов на самцах крыс линии Вистар 6-месячного возраста. У экспериментальных животных ($n=40$) моделировали коллаген-индуцированный артрит путем однократного введения нативного бычьего коллагена II типа (Sigma) в 0,1 М уксусной кислоте с неполным адъювантом Фрейнда (Difco). За основу протоколов индукции АИА/КИА взята модель из работы [11]. Раствор вводили внутрикожно в области дорсальной поверхности спины в основании хвоста (4–6) точек (по 400 мкг бычьего коллагена II типа на одно животное).

Для дальнейшего эксперимента были отобраны животные с признаками артрита, которые были разделены на две опытные группы по визуальной оценке развития воспаления – припухлость лап. Ее оценивали путем измерения штангенциркулем средней толщины обеих задних лап на 30-е сутки после моделирования артрита. Положительной реакцией считали превышение измеряемого показателя на более 10 мм.

Крыс первой опытной группы не лечили ($n=28$), тогда как крысы второй опытной группы ($n=31$) ежедневно в течение четырех недель перорально получали антиоксидант ТФ-15 в дозе 50 мг на 1 кг массы тела. Антиоксидант ТФ-15 (1,4-дигидрокси-2-[(додецилсульфанил)метил]бензол) синтезирован в Научно-исследовательском институте химии антиоксидантов Новосибирского государственного педагогического университета. Данное вещество принадлежит к классу синтетических антиоксидантов, которое по физическим и химическим свойствам близко к природным многоатомным фенолам и их производным [12]. Контролем служили животные, которые содержались в стандартных условиях вивария и с ними никаких манипуляций не производилось.

На 30 сутки наблюдения крыс всех групп выводили из эксперимента под эфирным наркозом. Фрагменты задней конечности, включая таранно-берцовый сустав (*Articulatio talocruralis*), выделяли единым тканевым комплексом, фиксировали в 10-процентном растворе нейтрального формалина при температуре от нуля до 4 °С, декальцинировали в насыщенном растворе ЭДТА на боратном буфере при уровне pH = 7,2. Обезвоживание и уплотнение материала проводили в соответствии со стандартной патоморфологической процедурой [13].

Срезы толщиной 5–10 мкм готовили на ротационном полуавтоматическом микротоме SLEE CUT 5062 (Германия). Обзорные препараты окрашивали гематоксилином Бемера и эозином. Суммарные кислые гликозаминогликаны (ГАГ) выявляли в гистохимической реакции с альциановым синим по Сиддмену. Локализацию коллагена в параартикулярной ткани, межклеточном веществе гиалинового хряща и костной тканях конечности определяли при постановке реакции по Маллори.

Препараты изучали в проходящем свете с использованием комплекса оптического-структурного анализа Axio Imager.M2 с программным обеспечением для анализа изображений AxioVision Z2 M2 (CARL ZEISS, Германия).

Цифровая обработка материала осуществлялась при помощи CCD-камеры AxioCam HR с программным обеспечением Zen Lite (CARL ZEISS, Германия).

Результаты исследований и их обсуждение. На обзорных препаратах в параартикулярной соединительной ткани таранно-берцового сустава животных, у которых моделировали ревматоидный артрит, определяются участки фрагментации и некроза коллагеновых фибрилл, инфильтрации клетками воспаления и формирование гранулем.

В тканях связочного аппарата сустава отмечается инфильтрация стромы клетками воспаления, среди которых идентифицируются нейтрофилы и лимфоциты, деструкция межклеточного вещества соединительной ткани. Характерным признаком является замещение плотной оформленной волокнистой соединительной ткани грануляционной тканью с признаками ее активной васкуляризации. В

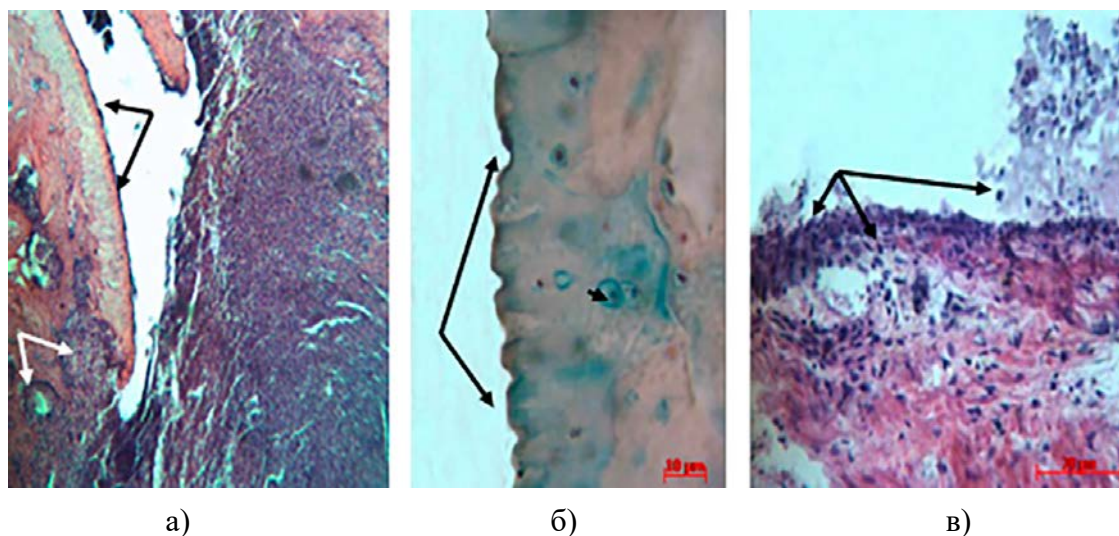
расширенных кровеносных капиллярах регистрируются признаки сладж-феномена эритроцитов, обусловленных, как считается, потерей отрицательного заряда протеогликанами надмембранного комплекса данных клеток. Среди клеток соединительной ткани перивасально определяются нейтрофилы и лимфоциты.

Активный рост грануляционной ткани, содержащей клетки воспалительного инфильтрата, приводит к формированию паннуса, который вызывает деструкцию суставного хряща и замещение костной ткани грануляционной (рис. 1, а). Деструкция суставного хряща за счет активности макрофагов и клеток воспаления приводит к нарушению конгруэнтности суставных поверхностей и формированию многочисленных узур (рис. 1, б). Хрящевая ткань суставных поверхностей характеризуется нарушением тинкториальных свойств, что проявляется в появлении обширных участков в виде секвестров, не имеющих положительной реакции на кислые ГАГ при по-

становке реакции с альциановым синим. В суставной полости определяется инфильтрат, что содержит белково-углеводный компонент и клетки воспаления (рис. 1, в).

Синовиальная оболочка во всех исследуемых образцах животных данной группы характеризуется нарушением ее структурно-функциональной организации. Типичным признаком для всех образцов является отсутствие ее ворсинчатого строения. Среди эпителиоцитов обнаруживается высокое содержание полиморфно-ядерных лейкоцитов (рис. 1, в).

У животных, которым на фоне ревматоидного артрита вводили антиоксидант ТФ-15, в дерме выявляются незначительные признаки дегенеративно-дистрофических изменений межклеточного вещества. Коллагеновые волокна сетчатого слоя дермы имеют типичную для данной ткани архитектуру – формируют крупнопетлистую сеть. Однако регистрируются признаки слабовыраженного отека коллагеновых волокон, особенно в паравасальном ком-



а) светлой стрелкой обозначен синовиальный паннус, темной – деструкция суставного хряща и формирование узур (гематоксилин и эозин, увеличение 200×); б) нарушение зональности строения суставного хряща обозначено головкой стрелки, формирование узур – темной стрелкой (окрашивание по Сиддмену); в) локализация клеток воспалительного инфильтрата в синовиальной оболочке и просвете суставной полости обозначена темной стрелкой (гематоксилин и эозин)

а) the light arrow indicates the synovial pannus, the dark arrow indicates destruction of the articular cartilage and the formation of erosions (hematoxylin and eosin, magnification 200×); б) disruption of the zonal structure of the articular cartilage is indicated by the arrowhead, the formation of erosions is indicated by the dark arrow (Stidman's stain); в) the localization of cells of the inflammatory infiltrate in the synovial membrane and the lumen of the joint cavity is indicated by a dark arrow (hematoxylin and eosin)

Рисунок 1 – Структурные элементы берцово-таранного сустава и связочного аппарата животных первой опытной группы
Figure 1 – The tarsometatarsal joint and soft tissues of the ligamentous apparatus in animals from the first experimental group

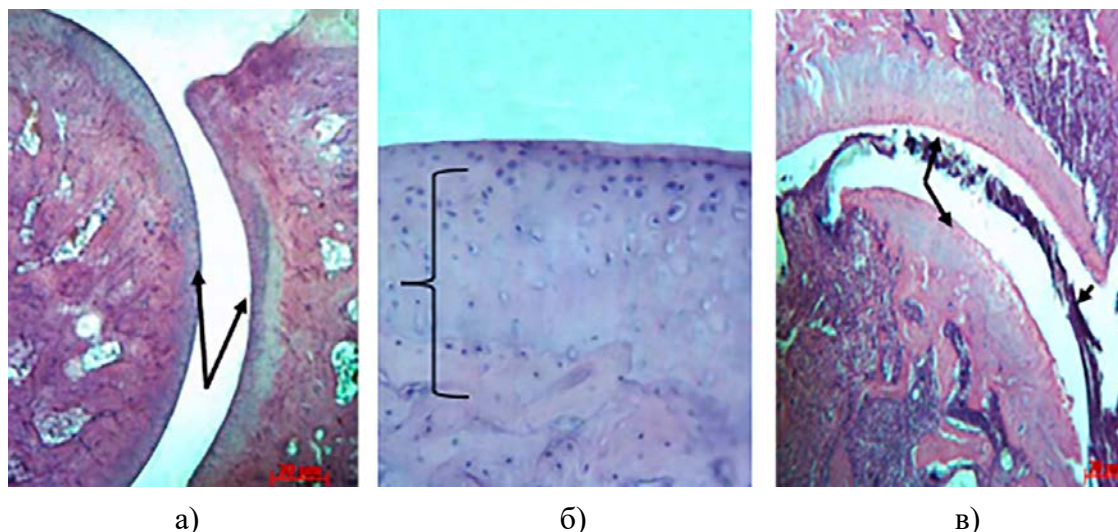
партменте. Стенки преимущественно артериол и венул дермы незначительно утолщены и имеют признаки слабовыраженного мукоидного набухания. В тканях связочного аппарата берцово-таранного сустава структура коллагеновых волокон сохраняет схожую закономерность строения.

При исследовании образцов берцово-таранного сустава крыс второй опытной группы четко определяется суставная полость и поверхности эпифизов костей (рис. 2, а). Обращает внимание, что поверхности костей конгруэнтны, гладкие, не имеют узур и трещин. В структуре суставного хряща определяется характерная для данного вида сочленения костей зональность его строения (рис. 2, б).

При постановке реакции с альциановым синим в территориальном и межтерриториальном матриксе определяется высокое содержание кислых ГАГ (рис. 3, а). Связки, соединяющие суставные поверхности, имеют особенности строения синовиальной оболочки и подлежащей соединительной ткани. Синовиальная оболочка характеризуется повышенной складчатостью (рис. 3, б). Синовиоциты равномерно

покрывают поверхность ворсин и имеют признаки гипертрофии. Как правило, это крупные клетки овальной формы с хорошо выраженным ядром и обильной умеренно базофильной цитоплазмой. При постановке реакции с альциановым синим на поверхности синовиальной оболочки, а также в цитоплазме единичных синовиоцитов обнаруживается интенсивная реакция на суммарные ГАГ. При этом в подлежащей соединительной ткани синовиальной оболочки отсутствуют признаки воспаления, но имеются признаки слабовыраженной дистрофии межклеточного вещества. На отдельных участках синовиальная оболочка лишена синовиоцитов и ее поверхность имеет признаки локального склероза (рис. 3, в).

На участке взаимодействия Шарпеевых волокон и суставной поверхности коллагеновые волокна образуют плотные пучки, которые интегрируют с хрящевой тканью. При этом выраженной деструкции клеток и межклеточного вещества соединительной ткани в данном компартменте не отмечается. В мягких тканях, окружающих связочный аппарат таранно-берцово-

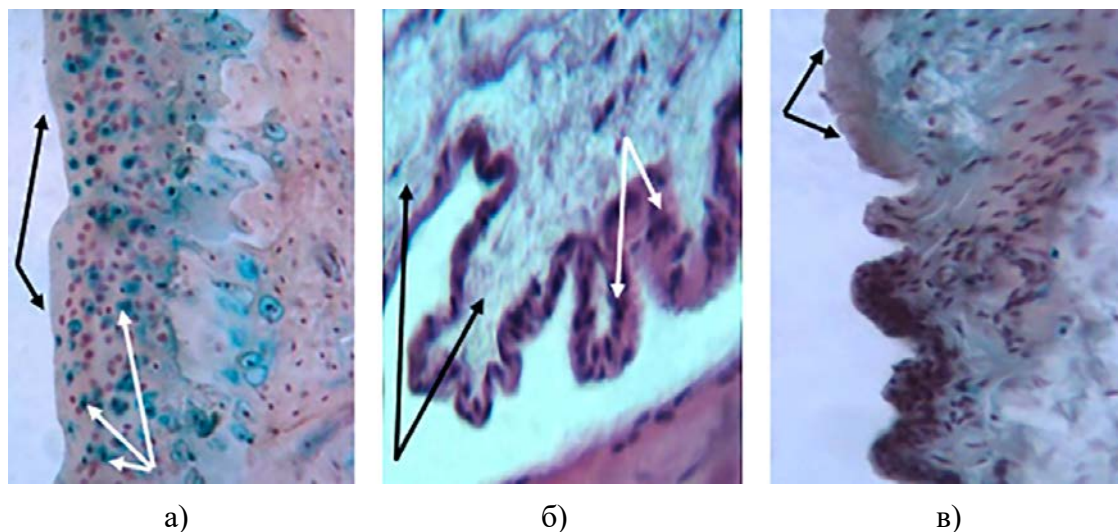


а) сохранение конгруэнтности сустава; б) зональность строения суставного хряща обозначена скобкой (увеличение 400×); в) клетки воспаления в просвете сустава обозначены головкой стрелки, темной стрелкой показана деструкция суставного хряща (гематоксилин-эозин)

a) preservation of joint congruency; б) the zonal structure of the articular cartilage is indicated by a bracket (magnification 400×); в) inflammatory cells in the joint cavity are indicated by the arrowhead, the dark arrow indicates destruction of the articular cartilage (hematoxylin and eosin stain)

Рисунок 2 – Структурные элементы берцово-таранного сустава и связочного аппарата животных второй опытной группы (а, б) и первой опытной группы (в)

Figure 2 – The tarsometatarsal joint and soft tissues in animals from the second experimental group (а, б) and the first experimental group (в)



а) гиалиновый хрящ суставной поверхности; светлая стрелка – синтетически активные хондроциты суставного хряща (окрашивание по Сиддмену, увеличение 200×); б, в) синовиальная оболочка сустава; темной стрелкой обозначена строма синовиальной оболочки, светлой – гипертрофия клеток эпителия синовиальной оболочки (гематоксилин и эозин, увеличение 400×); головкой стрелки обозначен склероз ворсин синовиальной оболочки (окрашивание по Сиддмену, увеличение 400×)

a) hyaline cartilage of the articular surface; light arrow – synthetically active chondrocytes in the cells of the articular cartilage (Stidman's stain, magnification 200×); б, в) synovial membrane of the joint; the dark arrow indicates the stroma of the synovial membrane; the light arrow indicates the epithelium (hematoxylin and eosin, magnification 400×); the arrowhead indicates sclerosis of the synovial villi (Stidman's stain, magnification 400×)

Рисунок 3 – Структурные элементы таранно-берцового сустава животных второй опытной группы

Figure 3 – Structural elements of the tarsal-tibial joint in animals from the second experimental group

вого сустава, структура коллагеновых волокон сохраняет схожую закономерность ее строения (рис 3, а). Однако мукоидное набухание коллагеновых волокон стенки кровеносных сосудов крупного калибра и эндотелия является установленной закономерностью и типичным признаком их строения в данном тканевом компартменте.

Закключение. 1. Воспроизведенная на лабораторных крысах модель коллаген-индуцированного артрита является адекватной, отражает развитие основных морфогенетических закономерностей моделируемого заболевания через воспаление и деструкцию структурных элементов сустава. Морфологическим отражением указанных процессов является инфильтрация лейкоцитов в параартикулярное тканевое пространство и суставную полость, гиперплазия или в терминальной стадии некроз клеток эпителия синовиальной оболочки, разрушение тканей сустава с развитием паннуса, развитие сублетальных и летальных повреждений клеток и

межклеточного вещества гиалинового хряща сустава.

2. В исследуемых образцах опорно-двигательного аппарата крыс при моделировании коллаген-индуцированного артрита и использовании антиоксиданта ТФ-15 закономерным выступает очаговая гипертрофия синовиальной оболочки в сочетании с редкими локальными участками ее реактивных склеротических изменений, отсутствие признаков синовита и некроза гиалинового хряща.

Результаты работы позволяют сделать вполне обоснованное заключение, что среди многих молекулярно-генетических механизмов развития воспаления, обусловленных действием медиаторов, цитокинов, иммунных комплексов и других специфических белков, высокая роль принадлежит системе антиоксидантной защиты. Это особенно актуально для бессосудистых тканей, в данном случае гиалиновой хрящевой ткани. Особенности метаболизма хондроцитов, связанные с

низким уровнем использования данными клетками кислорода, обуславливают эволюционно закрепившийся низкий уровень экспрессии ими ферментативных и неферментативных антиоксидантов.

Именно это обстоятельство делает настоящим поиском эффективных природных и синтетических антиоксидантных соединений, обеспечивающих регуляцию редокс-гомеостаза в тканевых компартментах сустава. В контексте про-

веденного исследования становится понятным, что при проведении ортопедической диспансеризации продуктивных или непродуктивных животных и выявлении по клинико-морфологическим признакам патологий опорно-двигательного аппарата, соответствующим ревматоидному артриту, применение средств антиоксидантной защиты является одним из эффективных подходов к защите структурных элементов суставов.

Список источников

1. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Колесников А. В. Наращивание объемов агропромышленного производства для обеспечения продовольственной безопасности и увеличения экспортного потенциала АПК России // Экономика региона. 2022. Т. 18. № 4. С. 1178–1193. doi: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15. EDN VIABUO.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280003> (дата обращения: 16.07.2026).
3. Концевая С. Ю., Нефедов А. М., Луцай В. И., Лавров С. И., Пекуровский Д. А. Оценка степени хромоты у коров // Аграрная наука. 2021. № 354 (11–12). С. 43–45. doi: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45. EDN IUDOEА.
4. Комаров В. Ю. Хромота у коров // Вестник аграрной науки. 2021. № 6 (93). С. 25–31. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.6.25. EDN OVKYXP.
5. Качалин М. Д. Клинико-экспериментальное обоснование и внедрение современных методов моделирования и коррекции ортопедических патологий у животных : дис. ... докт. ветеринар. наук. М., 2023. 283 с.
6. Weyand C. M., Goronzy J. J. The immunology of rheumatoid arthritis // Nature Immunology. 2021. Vol. 22. P. 10–18. doi: 10.1038/s41590-020-00816-x.
7. Скупневский С. В., Пухаева Е. Г., Бадтиев А. К., Руруа Ф. К., Батагова Ф. Э., Фарниева Ж. Г. Роль метаболического статуса лимфоцитов в патогенезе ревматоидного артрита // Современная ревматология. 2021. Т. 15. № 5. С. 26–32. doi: 10.14412/1996-7012-2021-5-26-32. EDN DJMQYB.
8. Ouyang Z., Dong L., Yao F. Cartilage-related collagens in osteoarthritis and rheumatoid arthritis: from pathogenesis to therapeutics // International Journal of Molecular Sciences. 2023. Vol. 24. No. 12. Art. 9841. doi: 10.3390/ijms24129841.
9. Рыкунова А. Я., Зверев Я. Ф. Современные представления о патогенезе ревматоидного артрита // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2024. Т. 68. № 4. С. 59–70. doi: 10.48612/pfiet/0031-2991.2024.04.59-70. EDN VUPPWX.
10. Kaur G., Sharma A., Bhatnagar A. Role of oxidative stress in pathophysiology of rheumatoid arthritis: insights into NRF2–KEAP1 signalling // Autoimmunity. 2021. Vol. 54. No. 7. P. 385–397. doi: 10.1080/08916934.2021.1963959.
11. Baddack U., Hartmann S., Bang H. A chronic model of arthritis supported by a strain-specific periarticular lymph node in BALB/c mice // Nature Communications. 2013. Vol. 4. Art. 1644. doi: 10.1038/ncomms2625.
12. Емельянова И. А., Ягунов С. Е., Хольшин С. В., Кандалинцева Н. В., Просенко О. И. Синтез и антиоксидантные свойства (додecilсульфанил)метильных производных гидрохинона // Известия Академии наук. Серия химическая. 2022. Т. 71. № 10. С. 2199–2206. EDN GZZDYN.
13. Макалиш Т. П., Головкин И. О., Маслова Г. В. Особенности ремоделирования костной ткани при применении антисмысловых олигонуклеотидов в модели ревматоидного артрита // Вестник современной клинической медицины. 2024. Т. 17. Вып. 6. С. 146–153. doi: 10.20969/VSKM.2024.17(6).146-153. EDN JJJFIA.

References

1. Ushachev I. G., Maslova V. V., Kolesnikov A. V. Increasing agricultural production to ensure food security and boost the export potential of Russia's agro-industrial complex. *Ekonomika regiona*, 2022;18;4:1178–1193. doi: 10.17059/ekon.reg.2022-4-15. EDN VIABUO (in Russ.).
2. Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 145 of February 28, 2024. *Publication.pravo.gov.ru* Retrieved from <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280003> (Accessed 16 July 2026) (in Russ.).
3. Kontsevaya S. Yu., Nefedov A. M., Lutsai V. I., Lavrov S. I., Pekurovsky D. A. Assessment of lameness in cows. *Agrarnaya nauka*, 2021;354(11–12):43–45. doi: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45. EDN IUOEAE (in Russ.).
4. Komarov V. Yu. Lameness in cows. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2021;6(93):25–31. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.6.25. EDN OVXYXP (in Russ.).
5. Kachalin M. D. Clinical and experimental justification and implementation of modern methods for modeling and correcting orthopedic pathologies in animals. *Doctor's thesis*. Moscow, 2023, 283 p. (in Russ.).
6. Weyand C. M., Goronzy J. J. The immunology of rheumatoid arthritis. *Nature Immunology*, 2021;22:10–18. doi: 10.1038/s41590-020-00816-x.
7. Skupnevsky S. V., Pukhaeva E. G., Badtiev A. K., Rurua F. K., Batagova F. E., Farnieva Zh. G. The role of the metabolic status of lymphocytes in the pathogenesis of rheumatoid arthritis. *Sovremennaya revmatologiya*, 2021;15;5:26–32. doi: 10.14412/1996-7012-2021-5-26-32. EDN DJMQYB (in Russ.).
8. Ouyang Z., Dong L., Yao F. Cartilage-related collagens in osteoarthritis and rheumatoid arthritis: from pathogenesis to therapeutics. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023;24;12:9841. doi: 10.3390/ijms24129841.
9. Rykunova A. Ya., Zverev Ya. F. Current concepts on the pathogenesis of rheumatoid arthritis. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, 2024;68;4:59–70. doi: 10.48612/pfiet/0031-2991.2024.04.59-70. EDN VUPPWX (in Russ.).
10. Kaur G., Sharma A., Bhatnagar A. Role of oxidative stress in pathophysiology of rheumatoid arthritis: insights into NRF2–KEAP1 signalling. *Autoimmunity*, 2021;54;7:385–397. doi: 10.1080/08916934.2021.1963959.
11. Baddack U., Hartmann S., Bang H. A chronic model of arthritis supported by a strain-specific periarticular lymph node in BALB/c mice. *Nature Communications*, 2013;4:1644. doi: 10.1038/ncomms2625.
12. Emelyanova I. A., Yagunov S. E., Holshin S. V., Kandalintseva N. V., Prosenko O. I. Synthesis and antioxidant properties (dodecyl sulfanyl)methyl derivatives of hydroquinone. *Izvestiya Akademii nauk. Seriya khimicheskaya*, 2022;71;10:2199–2206. EDN GZZDYN (in Russ.).
13. Makalish T. P., Golovkin I. O., Maslova G. V. Features of bone remodeling with the use of antisense oligonucleotides in a model of rheumatoid arthritis. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny*, 2024;17;6:146–153. doi: 10.20969/VSKM.2024.17(6).146-153. EDN JJFIA (in Russ.).

© Сахаров А. В., Ушкова В. Е., Макеев А. А., 2026

Статья поступила в редакцию 21.07.2026; одобрена после рецензирования 05.09.2026; принята к публикации 08.09.2026.

The article was submitted 21.07.2026; approved after reviewing 05.09.2026; accepted for publication 08.09.2026.

Информация об авторах

Сахаров Андрей Валентинович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и экологии, Новосибирский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5076-2113>, asakharov142@yandex.ru;

Ушкова Владлена Евгеньевна, старший преподаватель кафедры биологии и экологии, Новосибирский государственный педагогический университет, Author ID: 1347278, ushkova.vladlena@mail.ru;

Макеев Александр Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и экологии, Новосибирский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1636-1859>, 9628280784@mail.ru

Information about authors

Andrey V. Sakharov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and Ecology, Novosibirsk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5076-2113>, asakharov142@yandex.ru;

Vladlena E. Ushkova, Senior Lecturer of the Department of Biology and Ecology, Novosibirsk State Pedagogical University, Author ID: 1347278, ushkova.vladlena@mail.ru;

Aleksandr A. Makeev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Ecology, Novosibirsk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1636-1859>, 9628280784@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.

Научная статья

УДК 636.22/.28.084.51-053

EDN DFRCUL

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-92-100>

Эффективность кормления первотелок при разных способах их содержания

Елена Юрьевна Цис¹, Василий Мартынович Дуборезов²

^{1,2} Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Московская область, Дубровицы, Россия

¹ tsis-elen@yandex.ru, ² korma10@yandex.ru

Аннотация. В статье изложены результаты эксперимента по оценке влияния эффективности сбалансированного кормления первотелок при разных способах их содержания на молочную продуктивность, качество молока и живую массу. Продолжительность эксперимента составила 365 дней. Общее количество подопытных коров-первотелок – 395 голов, в том числе 121 голова находилась на ферме при привязном способе содержания и 274 первотелки содержались на молочном комплексе при свободном перемещении в секции. Кормили их сбалансированным по детализированным нормам рационом. Анализ учета зоотехнических показателей животных выявил их высокий потенциал продуктивности. Но более полная его реализация отмечена в условиях содержания первотелок без привязи. За 305 дней лактации от каждой коровы получено 8 249,9 кг молока, в то время как на привязи удой у коров за этот период оказался ниже на 19,9 %. Определены коэффициенты корреляции между массой тела и ростом продуктивности (0,59, $p < 0,01$) у коров-первотелок при привязном способе содержания, а также между увеличением живой массы и выходом молочного жира и белка (0,59 и 0,60 соответственно, $p < 0,01$). На эту зависимость следует обращать внимание при выращивании ремонтного молодняка. Отбирать телок для ремонта желательно с учетом не только продуктивности их родителей, но также и их массы. Результаты исследований по эффективности отдачи рационов при различных способах содержания позволяют сделать вывод о необходимости организации нормированного кормления молочных коров посредством дифференцированной раздачи концентрированных кормов.

Ключевые слова: первотелки, способ содержания, продуктивность, качество молока, живая масса, корреляция

Финансирование: исследование проведено в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ № FGGN-2024-0016.

Для цитирования: Цис Е. Ю., Дуборезов В. М. Эффективность кормления первотелок при разных способах их содержания // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 92–100. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-92-100>.

Original article

Efficiency of feeding first-calf heifers in different cattle-keeping systems

Elena Yu. Tsis¹, Vasily M. Duborezov²

^{1,2} Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst Moscow region, Dubrovitsy, Russian Federation

¹ tsis-elen@yandex.ru, ² korma10@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of an experiment to evaluate the effect of the effectiveness of balanced feeding of first-calf heifers with different methods of their maintenance on milk productivity, milk quality and live weight. The duration of the experiment was 365 days. The total number of experimental first-calf heifers was 395 heads, including 121 heads were on the

farm with a tethered method of keeping and 274 first-calf heifers were kept at the dairy complex with free movement in the section. They were fed a balanced diet according to detailed standards. An analysis of animal zootechnical indicators revealed their high productivity potential. However, this potential was more fully realized in the conditions of free-range first-calf heifers. During the 305-day lactation period, each cow produced 8,249.9 kg of milk, while the yield of cows on a leash was 19.9% lower. Correlation coefficients have been established between body weight and productivity growth (0.59, $p < 0.01$) in first-calf heifers with a tethered method of keeping, as well as between the increase in live weight and the yield of milk fat and protein (0.59 and 0.60, respectively, $p < 0.01$). This relationship should be taken into account when raising replacement heifers. When selecting heifers for replacement, it is advisable to consider not only the productivity of their parents, but also their weight. The results of studies on the effectiveness of feeding different types of rations under different housing conditions suggest that it is necessary to organize a standardized feeding system for dairy cows by providing them with differentiated amounts of concentrated feed.

Keywords: first-calf heifers, housing method, productivity, milk quality, live weight, correlation

Funding: the study was conducted as part of a state assignment with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for fundamental scientific research, No. FGGN-2024-0016.

For citation: Tsis E. Yu., Duborezov V. M. Efficiency of feeding first-calf heifers in different cattle-keeping systems. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:92–100. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-92-100>.

Введение. Устойчивое развитие молочного животноводства неразрывно связано с высокой продуктивностью, качественными характеристиками молока, благополучием животных и рациональным использованием природных ресурсов [1–3]. Россия занимает лидирующие позиции в мире по производству сырого молока, сыров и сливочного масла [4]. Интенсификация производства молока является приоритетной задачей и включает в себя несколько аспектов, одним из которых стало увеличение продолжительности продуктивного использования коров с высоким генетическим потенциалом [5–7].

В последние годы наблюдается тенденция уменьшения численности молочного скота. Однако за счет совершенствования племенных качеств стада, увеличения продуктивности животных и применения высокотехнологичных приемов, в том числе содержания и грамотного кормления, сельскохозяйственные производители не снижают объемы производства товарного молока [8, 9].

В ряде научных работ подчеркивается взаимосвязь между уровнем продуктивности первотелок и их последующей молочной продуктивностью. Также установлена зависимость между уровнем молочной продуктивности первотелок и их живой массой [10–12]. На эти параметры значительное влияние оказывает обеспе-

ченность необходимыми питательными компонентами как в период выращивания ремонтного молодняка, так и после первого отела [13–15].

В этой связи данное исследование ориентировано на изучение эффективности кормления первотелок при разных способах содержания.

Цель исследований – определить эффективность кормления сбалансированным рационом первотелок, находящихся на привязи, с их сверстницами, содержащимися в секциях при свободном перемещении.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований послужили первотелки черно-пестрой породы племенного завода «Наро-Осановский» (Московская область). При содержании и обслуживании коров соблюдены требования действующих нормативных документов, в частности ГОСТ 33044–2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики».

В период исследований использовали данные зоотехнического учета животных за 365 дней. Общее количество подопытных коров-первотелок составило 395 голов, из которых 121 первотелка находилась на привязи в условиях молочно-товарной фермы, 274 головы – при беспривязном содержании в условиях молочного комплекса.

Кормление подопытных животных было одинаковым и осуществлялось в соответствии с требованиями детализированных норм [16]. Состав основного рациона на протяжении исследований не менялся и состоял из 19 кг силоса (кукуруза), 15 кг силоса (травы многолетние), 1 кг сена (тимофеевка с овсяницей), 5 кг дробины пивной. Концентраты вводили в кормосмесь в виде комбикорма, приготовленного на комбикормовом заводе хозяйства по собственному рецепту.

Энергетическая и протеиновая ценность рациона представлена в таблице 1.

Молочную продуктивность определяли с использованием молокомера МК-5 при проведении ежемесячных контрольных доек в течении всего учетного периода. Качество молока устанавливали в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Московское» по племенной работе с использованием оборудования «CombiFoss FT+».

Обработка полученного материала была подвергнута биометрическому анализу в специализированной программе «SPSS Statistics» (IBM, США) v. 23. Критерием достоверности различий считали уровень значимости $P \leq 0,05$. Взаимосвязь групповых различий оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты исследований. Для увеличения продолжительности хозяйственного использования высокопродуктивных животных и получения молока

высокого качества необходимо поддерживать их здоровье [17]. Важным аспектом, влияющим на пожизненную продуктивность коров, является продуктивность коров-первотелок.

Согласно исследованиям Н. Д. Виноградовой с соавторами (2025), для каждого региона (природно-климатической зоны) определяется свой оптимальный показатель продуктивности животных. Этот показатель выражается взаимосвязью между генетическим потенциалом животных и условиями окружающей среды в конкретном регионе [18].

Племенной завод «Наро-Осановский» имеет высокопродуктивное стадо молочного типа, что подтверждается достаточно высокой продуктивностью первотелок. Однако их продуктивность при различных способах содержания имеет существенные различия. При привязном способе содержания удой молока за законченную лактацию оказался значительно ниже, чем у первотелок, находящихся без привязи (6 878,6 кг против 8 249,9 кг). Таким образом, отклонение между удоями достигает 1 371,3 кг или 19,9 % (табл. 2).

Максимальный удой молока от одной коровы (животное по кличке «Лопасть») за учетный период получен в условиях беспривязного содержания и составил 12 809 кг при содержании жира 4,00 %, белка – 3,23 %. Максимальный показатель массы тела данной коровы соответствует 610 кг.

Таблица 1 – Питательная ценность рациона коров-первотелок

Table 1 – Nutritional value of the diet of first-calf cows

Показатели	Значения
Концентрация обменной энергии, МДж/кг	10,1
Сырой протеин / сухое вещество	15,5
Сырой жир / сухое вещество	3,71
Сырая клетчатка / сухое вещество	18,7
Сухое вещество, кг	21,9

Таблица 2 – Удой первотелок за лактацию

Table 2 – Milk yield of the first calf per lactation

В килограммах (in kilogram)

Способ содержания	Значение	Минимум	Максимум	Медиана
Привязный	6 878,6±111,7	4 237	10 325	6 777
Беспривязный	8 249,9±76,8	3 442	12 809	8 315

При этом наивысший удой сверстницы при привязном содержании (корова по кличке «Махотка») составил 10 325 кг. В то же время содержание жира и белка в молоке также отмечено относительно высокое – 4,00 и 3,43 % соответственно. Живая масса коровы – 605 кг.

Более детальный анализ продуктивности коров-первотелок проведен с распределением животных на группы в зависимости от величины удоя за законченную лактацию с градацией 1 000 кг молока. Удельный вес первотелок, находящихся на привязи, имел незначительные различия, которые составляли между собой менее 10 %. Так, процентное соотношение высокопродуктивных коров (удой свыше 8 000 кг) от общего поголовья составило 21,5 %, а низкопродуктивных коров (удой менее 6 000 кг) – 25,6 % (табл. 3).

При беспривязном способе содержания структура поголовья по удою коренным образом отличается. Коров с удоем менее 6 000 кг выявлено всего 5,1 %, в то же время высокопродуктивных коров (свыше 8 000 кг) – большинство (59,5 %).

При этом, если средний удой за законченную и условно законченную лактацию низкопродуктивных коров при обоих способах содержания отличался незначительно (5 425 кг на привязи и 5 401 кг при беспривязном способе), разница по среднему удою у высокопродуктивных коров оказалась более существенной – 415 кг в пользу первотелок, находящихся в секциях на молочном комплексе.

При детальном анализе установлено, что в хозяйстве при разных способах содержания животных с продуктивностью от 7 000 до 8 000 кг молока было примерно на одинаковом уровне: привязное – 22,3 % от общего числа первотелок на ферме со средней продуктивностью 7 391 кг; беспривязное – 24,5 % от общего числа первотелок на молочном комплексе со средней продуктивностью 7 612 кг.

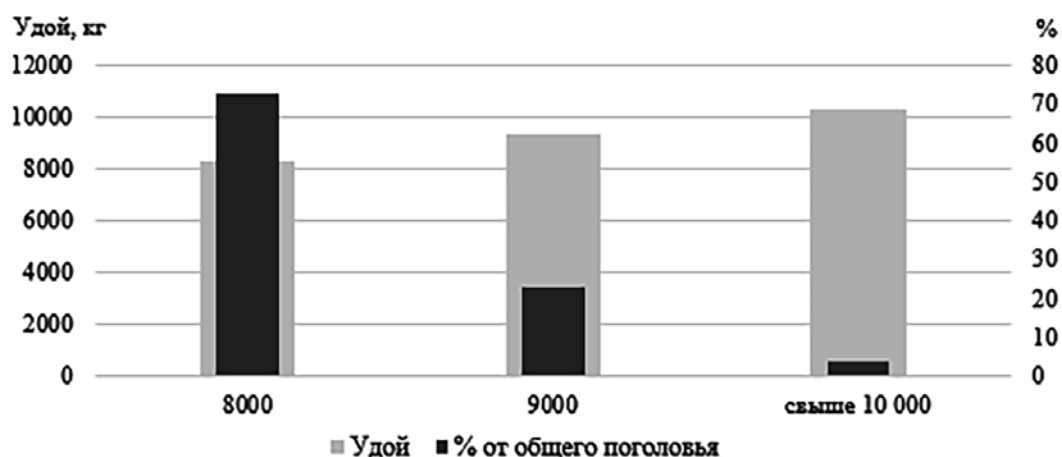
Структура по высокопродуктивным коровам (свыше 8 000 кг молока) представлена на диаграммах (рис. 1).

Первотелок с продуктивностью от 9 000 до 10 000 кг молока было 23 % от общего числа высокопродуктивных жи-

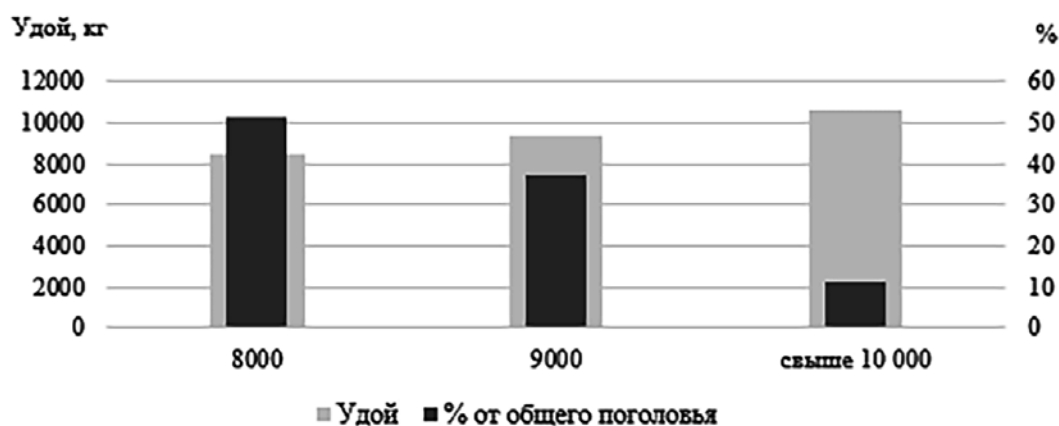
Таблица 3 – Характеристика первотелок по уровню продуктивности

Table 3 – Characteristics of primary heifers by productivity level

Показатели	Продуктивность, кг			
	менее 6 000	6 001–7 000	7 001–8 000	свыше 8 000
<i>Привязный способ содержания</i>				
Поголовье, %	25,6	30,6	22,3	21,5
Дойные дни	274±5,1	294±3,1	298±2,8	304±1,0
Удой, кг	5 424±54	6 481±48	7 391±52	8 646±123
Содержание жира, %	4,11±0,05	4,01±0,03	4,00±0,03	3,95±0,02
Выход молочного жира, кг	223±3,6	260±2,8	296±3,2	341±5,1
Содержание белка, %	3,48±0,03	3,43±0,02	3,44±0,03	3,43±0,02
Выход молочного белка, кг	188±2,7	222±2,3	254±3,6	297±4,7
Живая масса, кг	543±4,1	540±3,4	569±4,4	575±3,9
Коэффициент молочности	998	1 200	1 299	1 503
<i>Беспривязный способ содержания</i>				
Поголовье, %	5,1	10,9	24,5	59,5
Дойные дни	278±8,0	326±12,6	327±9,1	359±8,4
Удой, кг	5 401±79	6 608±54	7 612±35	9 061±61
Содержание жира, %	4,08±0,04	4,04±0,02	4,03±0,01	4,01±0,01
Выход молочного жира, кг	224±2,0	274±2,3	312±1,5	366±2,3
Содержание белка, %	3,31±0,02	3,26±0,01	3,26±0,01	3,25±0,01
Выход молочного белка, кг	177±2,5	217±1,9	249±1,2	295±1,9
Живая масса, кг	577±10,4	581±6,0	599±2,9	595±2,7
Коэффициент молочности	876	1 137	1 270	1 523



привязный способ содержания (tethered method of keeping)



беспривязный способ содержания (non-tethered method of keeping)

Рисунок 1 – Структура высокопродуктивных коров при разных способах содержания
Figure 1 – The structure of highly productive cows under different methods of keeping

вотных при привязном способе содержания, тогда как на молочном комплексе их удельный вес составил 37,4 %. При этом следует отметить, что при беспривязном способе содержания 18 голов имели продуктивность свыше 10 000 кг молока.

Анализируя содержание в молоке жира, прослеживается тенденция: при повышении продуктивности, не зависимо от способа содержания, количество жира в молоке снижается. Однако в конечном итоге, более важно не конкретное содержание жира в молоке, а его валовой выход. Расчеты показали практически равные показатели выхода молочного жира у низкопродуктивных коров: 223 кг на привязи и 224 кг при беспривязном способе. Валовой выход молочного жира у высокопродуктивных коров при беспривязном содержании составил 366 кг, что на 25 кг

или на 7,3 % больше, чем у животных на привязи.

Белково-молочность первотелок у животных на привязи имела более высокие показатели. Содержание белка достигало от 3,43 до 3,48 % против 3,25–3,31 % при беспривязном содержании.

Данные отдельных исследований свидетельствуют о взаимосвязи живой массы коров-первотелок с их продуктивностью [11, 13, 19].

В ходе наших исследований по изучению эффективности кормления первотелок при разных способах содержания было установлено, что с увеличением живой массы проявляется тенденция увеличения молочной продуктивности. Так, первотелки молочно-товарной фермы со средней живой массой 540 кг имели сред-

ную продуктивность 6 481 кг, а при живой массе 575 кг – 8 646 кг. У первотелок, которые содержались на молочном комплексе, отмечена похожая тенденция: при живой массе 581 кг удой молока достигал уровня 6 608 кг, а при увеличении массы до 595 кг – 9 061 кг.

Дополнительной оценкой молочности коров служит коэффициент молочности. Он представляет количество произведенного коровой молока за лактацию на 100 кг массы ее тела. Оптимальное значение данного коэффициента для современного молочного скота – 1 200–1 500. Нами были получены относительно высокие показатели коэффициента молочности, что можно объяснить тем, что первотелки имеют сравнительно высокую продуктивность и низкую живую массу. Следовательно, животные этих групп обладают выраженным молочным типом.

Научные работы подтверждают наличие прямой зависимости между массой тела коров и объемом производимого ими молока. Выявлено, что скорость развития молодняка, предназначенного для ремонта стада, оказывает влияние на их будущие показатели молочной продуктивности. При этом важно подчеркнуть, что животные, демонстрирующие активный рост и развитие, достигают оптимальной массы для оплодотворения и хозяйственного использования в более ранние сроки [5, 6, 14].

С экономической точки зрения, такие животные являются более выгодными, поскольку позволяют раньше начать получать продукцию и, соответственно, быстрее вернуть инвестированные денежные средства. Таким образом, ускоренный рост молодняка положительно сказывается на эффективности молочного производства.

В результате проведенного анализа результатов исследований отмечена положительная корреляция удоя с повышением массы тела первотелок на привязи, при

этом коэффициент корреляции составил 0,59 ($p < 0,01$). Кроме того, выявлена аналогичная взаимосвязь между увеличением живой массой и количеством молочного жира и белка (коэффициенты корреляции 0,59 и 0,60 соответственно при $p < 0,01$).

У коров-первотелок, содержащихся на молочном комплексе, нами установлена слабовыраженная корреляция между увеличением живой массы и количеством дойных дней (0,33 при $p < 0,01$). При практически одинаковом уровне продуктивности первотелок (7 391 кг на молочно-товарной ферме и 7 612 кг на молочном комплексе) разница в количестве дойных дней составила 29. У высокопродуктивных животных (свыше 8 000 кг молока) число дойных дней увеличилось на 55.

Закключение. Анализ зоотехнических показателей первотелок при различных способах содержания показал, что животные имеют достаточно высокий генетический потенциал продуктивности. На фоне сбалансированного кормления при беспривязном способе содержания животные реализуют свой потенциал в большей степени.

Выявленная положительная взаимосвязь между живой массой животных и уровнем молочной продуктивности у коров, находящихся на привязи, позволяет нам рекомендовать более тщательно подходить к отбору телок, предназначенных для ремонта стада. Наряду с продуктивностью родителей следует учитывать также их рост и развитие. Для замены выбывших коров следует вводить в стадо более крупных животных.

Результаты исследований позволяют также сделать вывод о необходимости более тщательного подхода к способу дифференцированной раздачи концентрированных кормов животным при привязном способе содержания с учетом их продуктивности.

Список источников

1. Новгородова И. П. Физиологические и поведенческие биомаркеры благополучия крупного рогатого скота // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2025. № 8 (221). С. 177–192. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-8-177-192>. EDN HHUPSK.
2. Tangorra F. M., Calcante A., Vigone G. Assessment of technical-productive aspects in Italian dairy farms equipped with automatic milking systems: A multivariate statistical analysis

approach // Journal of Dairy Science. 2022. Vol. 105. Issue 9. P. 7539–7549. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20859>.

3. Цис Е. Ю., Дуборезов В. М. Характеристика компонентного состава молока первотелок при разном уровне кормления // Аграрная наука. 2025. № 1. С. 86–92. doi: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-86-92. EDN MZQCMW.

4. Карташова В. Молочный рынок России демонстрирует рост // Животноводство России. 2025. № 2. С. 2–5. EDN PGHDIJ.

5. Curtis G., McGregor Argo C., Jones D. The impact of early life nutrition and housing on growth and reproduction in dairy cattle // PloS ONE. 2018. Vol. 13. No. 2. Art. e0191687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191687>.

6. Гридин В. Ф., Гридина С. Л., Лешонок О. И., Костомахин Н. М., Позднякова Н. А., Лушников Н. А. Направленное выращивание телок в регионе Урала – гарантия высокой молочной продуктивности коров // Главный зоотехник. 2023. № 4 (237). С. 3–11. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2304-01>. EDN RHBOXY.

7. Шуварин М. В., Завиваев С. Н., Данилов Д. Ю., Борисова Е. Е., Пекуровский Д. А. Экономическое обоснование выбора рационального способа содержания молочного скота // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. 2025. № 2 (165). С. 115–127. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2025-2-115-127>. EDN RFMXXL.

8. Скоркин В. К., Гаджиев А. М. Анализ эффективности производства молока при привязном содержании коров // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 1 (45). С. 9–13. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-1-9>. EDN LSOGHK.

9. Самбуrows Н. В., Федоров Ю. Н. Хозяйственно-биологические особенности первотелок голштинской породы разного происхождения при акклиматизации в хозяйстве в условиях Центральной России // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 316–327. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.316rus>. EDN JMMUKN.

10. Белова С. Н., Плешков В. А. Продуктивное долголетие коров в зависимости от способа содержания // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2023. № 2. С. 142–148. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-142-148>. EDN FNMNDJ.

11. Сударев Н. П., Абылкасымов Д. А., Абрампальская О. В., Чаргеишвили С. В., Востряков К. В. Продуктивное долголетие и эффективность использования коров при разных способах содержания в промышленных условиях // Зоотехния. 2022. № 3. С. 2–5. <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.74.67.001>. EDN BAQVBW.

12. Khan M. A., Weary D. M., Von Keyserlingk M. A. G. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers // Journal of Dairy Science. 2011. Vol. 94. No. 3. P. 1071–1081. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3733>.

13. Иванова И. П., Григорьев М. Е., Пилипчук В. К. Продуктивное долголетие коров в зависимости от системы содержания // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (159). С. 126–130. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-126-130>. EDN XPFSSSE.

14. Кузякина Л. И., Усманова Е. Н. Параметры телосложения и их взаимосвязь с продуктивностью у коров герефордской породы // Вестник Вятского государственного агро-технологического университета. 2025. № 3 (25). С. 65–70. EDN CRHVOX.

15. Лепехина Т. В. Продуктивность коров-первотелок разных линий в стаде ООО «Авдеевское» Московской области // Вестник Ошского государственного университета. 2022. № 4. С. 81–93. <https://doi.org/10.52754/16947452-2022-4-81>. EDN ZOKOQX.

16. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах / под ред. Р. В. Некрасова, А. В. Головина, Е. А. Махаева. М. : Российская академия наук, 2018. 290 с. EDN XVLDML.

17. Дуборезов В. М., Цис Е. Ю. Молочная продуктивность коров при различном способе их содержания // Ветеринария и кормление. 2025. № 5. С. 32–36. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-5-7>. EDN RSFITA.

18. Виноградова Н. Д., Падерина Р. В. Влияние возраста первого осеменения на продуктивное долголетие коров // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025. № 1. С. 67–71. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.1.67>. EDN PAVYUB.

19. Басонов О. А., Кулаткова А. С., Гинойн Р. В. Химический состав и технологические свойства молока коров-первотелок при разных способах содержания и технологиях доения // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2024. № 3 (71). С. 29–35. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2024-71-3-29-36>. EDN DEDBSU.

References

1. Novgorodova I. P. Physiological and behavioral biomarkers of cattle welfare. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025;8(221):177–192. doi: 10.36718/1819-4036-2025-8-177-192. EDN HHUPSK (in Russ.).

2. Tangorra F. M., Calcante A., Vigone G. Assessment of technical-productive aspects in Italian dairy farms equipped with automatic milking systems: A multivariate statistical analysis approach. *Journal of Dairy Science*, 2022;105;9:7539–7549. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20859>.

3. Tsis E. Yu., Duborezov V. M. Characteristics of the component composition of milk from first-calf heifers at different feeding levels. *Agrarnaya nauka*, 2025;1:86–92. doi: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-86-92. EDN MZQCMW (in Russ.).

4. Kartashova V. The Russian dairy market shows growth. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2025;2:2–5. EDN PGHDIJ (in Russ.).

5. Curtis G., McGregor Argo C., Jones D. The impact of early life nutrition and housing on growth and reproduction in dairy cattle. *PloS ONE*, 2018;13;2:e0191687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191687>.

6. Gridin V. F., Gridina S. L., Leshonok O. I., Kostomakhin N. M., Pozdnyakova N. A., Lushnikov N. A. Correct rearing of heifers in the Ural region is a guarantee of high milk productivity of cows. *Glavnyi zootekhnika*, 2023;4(237):3–11. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2304-01>. EDN PHBOXY (in Russ.).

7. Shuvarin M. V., Zavivaev S. N., Danilov D. Yu., Borisova E. E., Pekurovsky D. A. Economic justification for choosing a rational method of keeping dairy cattle. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-ekonomicheskogo universiteta*, 2025;2(165):115–127. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2025-2-115-127>. EDN RFMXXL (in Russ.).

8. Skorkin V. K., Gadzhiev A. M. Analysis of cows' milk production efficiency at tie-stall keeping system. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*, 2022;1(45):9–13. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-1-9>. EDN LSOGHK (in Russ.).

9. Samburov N. V., Fedorov Yu. N. Economic and biological characteristics of the first-calving holstein heifers of different origin during acclimatization on a farm in Central Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2022;57;2:316–327. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.2.316rus>. EDN JMMUKN (in Russ.).

10. Belova S. N., Pleshkov V. A. The productive longevity of cows depends on the livestock-keeping method. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023;2:142–148. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-142-148>. EDN FNMNDJ (in Russ.).

11. Sudarev N. P., Abylkasymov D. A., Abrampalskaya O. V., Chargeishvili S. V., Vostryakov K. V. Productive longevity and efficiency of the use of cows with different methods of keeping in industrial conditions. *Zootekhnika*, 2022;3:2–5. <https://doi.org/10.25708/ZT.2022.74.67.001>. EDN BAQVBW (in Russ.).

12. Khan M. A., Weary D. M., Von Keyserlingk M. A. G. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 2011;94;3:1071–1081. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3733>.

13. Ivanova I. P., Grigoryev M. E., Pilipchuk V. K. Productive longevity of the cows depending on the system of keeping. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;6(159):126–130. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-126-130>. EDN XPFSSE (in Russ.).

14. Kuzyakina L. I., Usmanova E. N. Body parameters and their relationship with productivity of hereford cows. *Vestnik Vyatskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*, 2025;3(25):65–70. EDN CRHVOX (in Russ.).
15. Lepekhina T. V. Productivity of first-calf cows of different lines in the herd of LLC "Avdeevskoe" of the Moscow region. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2022;4: 81–93. <https://doi.org/10.52754/16947452-2022-4-81>. EDN ZOKOQX (in Russ.).
16. Nekrasov R. V., Golovin A. V., Makhaev E. A. (Eds.). *Norms of needs of dairy cattle and pigs in nutrients*, Moscow, Rossiiskaya akademiya nauk, 2018, 290 p. EDN XVLDM (in Russ.).
17. Duborezov V. M., Tsis E. Yu. Milk productivity of cows at different way of their keeping. *Veterinariya i kormlenie*, 2025;5:32–36. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-5-7>. EDN RSFITA (in Russ.).
18. Vinogradova N. D., Paderina R. V. Influence of the age of the first insemination on the productive longevity of cows. *Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii*, 2025;1:67–71. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.1.67>. EDN PAVYUB (in Russ.).
19. Basonov O. A., Kulatkova A. S., Ginoyan R. V. Chemical composition and technological properties of milk from first-calf heifers under different housing systems and milking technology. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024;3(71):29–35. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2024-71-3-29-36>. EDN DEDBSU (in Russ.).

© Цис Е. Ю., Дуборезов В. М., 2026

Статья поступила в редакцию 15.07.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.

The article was submitted 15.07.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах

Цис Елена Юрьевна, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, tsis-elen@yandex.ru;

Дуборезов Василий Мартынович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, korma10@yandex.ru

Information about authors

Elena Yu. Tsis, Researcher of the Department of Feeding of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, tsis-elen@yandex.ru;

Vasily M. Duborezov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Feeding of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, korma10@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.

Научная статья

УДК 636.2:591.11

EDN ZRKYWO

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-101-110>**Биохимические показатели крови лактирующих коров голштинской породы при скармливании бетулина и его комбинации с «AL KARAL»****Павел Павлович Ягудин¹, Алексей Владимирович Степанов²**^{1,2} Уральский государственный аграрный университетСвердловская область, Екатеринбург, Россия, mrsaiton@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние бетулина и его комбинации с препаратом гуминовых и фульвовых кислот «AL KARAL» на биохимические показатели сыворотки крови лактирующих коров голштинской породы в условиях Нижнесергинского района Свердловской области. Сформированы три группы животных методом аналогов с учетом возраста, живой массы, стадии лактации и продуктивности. Контрольная группа получала базовый рацион, первая опытная – базовый рацион с добавлением бетулина в дозе 10 г на голову в сутки, вторая опытная – базовый рацион с добавлением 10 г бетулина и 150 мл «AL KARAL» на голову в сутки. Проведено двукратное биохимическое исследование сыворотки крови 15 голов (по 5 животных из каждой группы). Установлено, что к концу периода максимальных удоев в контрольной группе активность аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы не значительно вышла за пределы нормативных значений (36,74 и 110,56 Е/л соответственно), что указывает на развитие цитолитического синдрома. В опытных группах добавки обеспечили выраженный гепатопротекторный эффект: аспартатаминотрансфераза достоверно снизилась до 84,36 Е/л (1 группа) и 82,62 Е/л (2 группа), а аланинаминотрансфераза осталась в пределах физиологической нормы. Содержание глюкозы в контрольной группе достоверно снизилось (до 2,998 ммоль/л), тогда как комбинация бетулина с добавкой «AL KARAL» (2 группа) обеспечила ее стабилизацию на оптимальном уровне 3,68 ммоль/л, достоверно превышающем контрольные значения. Вместе с тем, у всех групп животных к концу опыта отмечено снижение содержания кальция и каротина ниже нормативных значений, что свидетельствует об их интенсивном выведении с молоком и необходимости дополнительной минерально-витаминной коррекции рациона. Комбинированное использование бетулина с добавкой «AL KARAL» рекомендовано для гепатопротекции и стабилизации энергетического обмена у лактирующих коров.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, лактация, биохимия крови, бетулин, гуминовые кислоты, кормовые добавки, гепатопротекция

Благодарности: исследование выполнено при поддержке администрации ПСК «Нива» и с использованием аналитических мощностей лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Агроплем».

Для цитирования: Ягудин П. П., Степанов А. В. Биохимические показатели крови лактирующих коров голштинской породы при скармливании бетулина и его комбинации с «AL KARAL» // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 101–110. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-101-110>.

Original article

Biochemical blood parameters of lactating Holstein cows fed betulin and its combination with "AL KARAL"**Pavel P. Yagudin¹, Alexey V. Stepanov²**^{1,2} Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federationmrsaiton@mail.ru

Abstract. The authors present the results of studies of the effect of betulin and its combination with the preparation of humic and fulvic acids "AL KARAL" on the biochemical parameters of blood serum of lactating Holstein cows in the Sverdlovsk region. To conduct experimental studies, three groups of animals were formed using the analog method, taking into account age, body weight, lactation stage and productivity. The control group received a basic diet, the first experimental group received a basic diet with the addition of betulin at a dose of 10 g per head per day, the second experimental group received a basic diet with the addition of 10 g of betulin and 150 ml of AL KARAL per head per day. It was established that by the end of the period of maximum milk yield in the control group, the activity of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase did not significantly exceed the normative values (36,74 and 110,56 u/l, respectively), which indicates the development of cytolytic syndrome. In the experimental groups, the supplements provided a pronounced hepatoprotective effect: aspartate aminotransferase significantly decreased to 84,36 u/l (group 1) and 82,62 u/l (group 2), while alanine aminotransferase remained within the physiological norm. The glucose content in the control group significantly decreased (to 2,998 mmol/L), whereas the combination of betulin with the "AL KARAL" supplement (group 2) ensured its stabilization at an optimal level of 3,68 mmol/L, which significantly exceeded the control values. By the end of the experiment, all groups of animals showed a decrease in the content of calcium and carotene below the standard values, which indicates their intensive excretion in milk and necessitates additional mineral and vitamin correction of the diet. The combined use of betulin with the additive "AL KARAL" is recommended. This will ensure hepatoprotection and stabilization of energy metabolism in lactating cows.

Keywords: cattle, Holstein cows, lactation, blood biochemistry, betulin, humic acids, feed additives, hepatoprotection

Acknowledgments: the study was carried out with the support of the Niva PSK administration and using the analytical capabilities of the Agroplem JSC milk quality control laboratory.

For citation: Yagudin P. P., Stepanov A. V. Biochemical blood parameters of lactating Holstein cows fed betulin and its combination with "AL KARAL". *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:101–110. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-101-110>.

Введение. Биохимические показатели сыворотки крови являются объективными индикаторами функционального состояния внутренних органов и интенсивности обменных процессов у молочных коров и закономерно варьируют в зависимости от стадии лактации, уровня продуктивности, состава рациона и сезона года [1, 2]. Активность печеночных трансаминаз – аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы, концентрация общего белка, глюкозы, макроэлементов и каротина позволяют выявить субклинические нарушения белкового, углеводного, минерального и витаминного обмена на доклинической стадии, что имеет критическое значение для профилактики метаболических заболеваний высокопродуктивных животных [3, 4].

В условиях интенсивного молочного скотоводства коровы подвергаются значительной метаболической нагрузке, особенно в первую треть лактации, когда энергетические потребности организма превышают возможности потребления корма, что приводит к развитию отрица-

тельного энергетического баланса, мобилизации резервов организма и повышению риска кетоза, жирового гепатоза и других нарушений обмена веществ [5]. Повышение активности трансаминаз в сыворотке крови является маркером функциональных нарушений печени и характерно для высокопродуктивных коров в транзитный период и в раннюю лактацию [6, 7]. Гипокальциемия, гипофосфатемия и дефицит каротина также часто наблюдаются у лактирующих животных и требуют своевременной коррекции [8].

Одним из наиболее эффективных и экологически безопасных способов коррекции метаболических нарушений является использование кормовых добавок природного происхождения, обладающих комплексным действием на организм животных. В последние годы увеличивается интерес к применению биологически активных веществ растительного происхождения, таких как тритерпеноиды и гуминовые вещества, которые проявляют иммуномодулирующую, антиоксидантную, гепатопротекторную и детоксика-

ционную активность без побочных эффектов, характерных для синтетических препаратов [9].

Бетулин – пентациклический три-терпеновый спирт лупанового ряда, выделяемый из наружного слоя коры березы, составляющий до 20–30 % ее сухой массы, который является одним из наиболее доступных природных тритерпеноидов. В многочисленных исследованиях установлено, что бетулин и его производные проявляют выраженные гепатопротекторные, противовоспалительные, антиоксидантные, гиполипидемические и иммуномодулирующие свойства [10, 11]. Механизм гепатопротекторного действия бетулина связывают с его способностью модулировать сигнальные пути, снижать продукцию провоспалительных цитокинов, стабилизировать мембраны гепатоцитов, активировать антиоксидантные ферментные системы и ингибировать процессы перекисного окисления липидов [10].

Л. А. Гнездилова с соавторами (2025) в серии работ продемонстрировала, что применение бетулиносодержащей кормовой добавки в дозе 10 мг на 1 кг живой массы на протяжении 14 дней способствовало нормализации биохимических показателей крови телят и дойных коров, повышению лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки, а также нормализации уровня иммуноглобулинов [12, 13]. Мониторинг биохимических параметров сыворотки крови на фоне применения бетулина подтвердил отсутствие токсических эффектов и гепатопротекторное действие добавки [14].

Параллельно с исследованиями бетулина значительный интерес представляют гуминовые и фульвовые кислоты – группа природных высокомолекулярных органических соединений, образующихся в процессе гумификации растительных остатков и широко распространенных в почвах, торфах, сапропелях и бурых углях [15]. Гуминовые кислоты представляют собой сложные полидисперсные системы с развитой ароматической структурой, содержащие карбоксильные, фенольные, хиноидные и другие функциональные группы, обуславливающие их высокую реакционную способность и хелатирующую активность. Фульвовые кислоты являются низкомолекулярной фракцией гуминовых веществ, характеризующейся более вы-

сокой растворимостью, подвижностью и биодоступностью.

Гуминовые и фульвовые кислоты обладают уникальным комплексом биологических свойств: способностью связывать и выводить из организма тяжелые металлы и токсины, стимулировать ферментативную активность, улучшать усвоение минеральных элементов, нормализовать микрофлору желудочно-кишечного тракта, оказывать противовоспалительное и иммуномодулирующее действие. Молекулярный механизм действия гуминовых веществ связывают с их способностью взаимодействовать с клеточными рецепторами, модулировать активность факторов транскрипции и влиять на экспрессию генов, участвующих в регуляции иммунного ответа и метаболических процессов [16].

Н. И. Воробьев с соавторами (2023) показали, что кормовая добавка на основе гуминовых веществ из торфа положительно влияет на биохимические показатели крови дойных коров: у животных опытной группы активность аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы была ниже на 55,5 и 86,8 % соответственно по сравнению с контролем, а концентрация мочевины – ниже на 14,5 %, что указывает на нормализацию энергетического обмена и улучшение функционального состояния печени [17]. Исследованиями Х. З. Валитова с соавторами (2021) установлено, что включение в рацион лактирующих коров кормовой добавки на основе гуминовых кислот способствовало повышению содержания гемоглобина, эритроцитов и щелочного резерва крови [18].

В работе А. А. Ратцевой и М. Х. Баймишева (2025) показано влияние кормовой добавки, содержащей гуминовые и фульвовые кислоты, на морфологические показатели крови дойных коров в сухостойный период и установлена положительная динамика основных гематологических параметров [19]. Т. Б. Лашкова (2024) доказала, что использование фульвокислоты в рационе молодняка крупного рогатого скота позволяет улучшить биохимические показатели крови, повысить усвоение питательных веществ и улучшить воспроизводительные качества телок [20].

На основании литературных данных, следует отметить, что, несмотря на значительное количество исследований,

посвященных отдельному применению бетулина и гуминовых кислот, практически отсутствуют работы, изучающие их сочетанное влияние на биохимический статус крови лактирующих коров.

Между тем теоретические предположения позволяют предположить возможность синергического взаимодействия: бетулин проявляет выраженную гепатопротекторную, противовоспалительную и гиполлипидемическую активность, а гуминовые и фульвовые кислоты могут усиливать его биодоступность за счет хелатирующих свойств и мембранотропного действия, потенцируя и пролонгируя его эффекты. Кроме того, гуминовые вещества способны улучшать всасывание биологически активных соединений в желудочно-кишечном тракте, нормализовать минеральный обмен и повышать переваримость питательных веществ рациона, что может повышать эффективность перорального применения бетулина.

Цель исследований – изучить влияние кормовой добавки бетулина и его комбинации с препаратом гуминовых и фульвовых кислот «AL KARAL» на биохимические показатели крови лактирующих коров голштинской породы в первую треть лактации.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в период 2025 г. в условиях сельскохозяйственного предприятия Нижнесергинского района Свердловской области на лактирующих коровах голштинской породы. Методом пар-аналогов с учетом возраста, живой массы, стадии лактации, линейной принадлежности и уровня продуктивности были сформированы три группы животных. Все группы находились в одинаковых условиях содержания (стойлово-привязное содержание) и получали один и тот же базовый рацион, сбалансированный по основным питательным и биологически активным веществам в соответствии с детализированными нормами кормления молочного скота.

Схема эксперимента включала следующие варианты:

Контрольная группа – базовый рацион без добавок.

Первая опытная группа – базовый рацион + бетулин (стандартизированный

экстракт бересты) в дозировке 10 г на голову в сутки.

Вторая опытная группа – базовый рацион + бетулин в дозе 10 г на голову в сутки + жидкая гуминово-фульвовая добавка «AL KARAL» в дозе 150 мл на голову в сутки.

Нами использованы следующие кормовые добавки:

1. *Бетулин* – стандартизированный экстракт бересты (бетулин 50 % и выше, лигнин древесный 18 %, лупеол 13 %, метиловый эфир бетулиновой кислоты 7 %), представляющий собой мелкодисперсный порошок белого или кремового цвета.

2. «AL KARAL» – жидкая гуминово-фульвовая добавка с содержанием фульвовых кислот 60–70 %, гуминовых кислот 30–40 % и экстракта люцерны.

Добавку, содержащую бетулин, задавали индивидуально каждому животному опытных групп в смеси с концентратами. Доза внесения экстракта бересты установлена на основании результатов ранее опубликованных исследований по пероральному применению бетулина в ветеринарной практике крупного рогатого скота и составила 10 г на голову в сутки [12, 13]. Согласно данным сертификата производителя, использованная добавка содержит чистого бетулина в количестве 50 %. Таким образом, 10 г экстракта обеспечивает поступление 5 г (5 000 мг) чистого бетулина на голову в сутки. При средней живой массе коров 500 кг доза чистого бетулина составляет 10 мг/кг живой массы в сутки.

Для биохимических исследований из каждой группы методом случайного отбора были выбраны по 5 коров (всего 15 голов). Взятие проб крови проводили двукратно: в начале эксперимента и по его завершении. Кровь отбирали из хвостовой вены в утренние часы до кормления животных с использованием вакуумных пробирок без антикоагулянта. Полученные пробы крови центрифугировали при скорости 3 000 оборотов в минуту в течение 15 минут для получения сыворотки.

В сыворотке крови определяли следующие биохимические показатели:

– активность аланинаминотрансферазы (АЛТ, Е/л);

– активность аспаратаминотрансферазы (АСТ, Е/л);

- активность щелочной фосфатазы (ЩФ, Е/л);
- содержание общего белка (г/л);
- содержание глюкозы (ммоль/л);
- содержание кальция (ммоль/л);
- содержание неорганического фосфора (ммоль/л);
- содержание каротина (мг/‰).

Биохимические исследования выполняли с использованием стандартных наборов реагентов производства Парма (Россия) на автоматическом биохимическом анализаторе. Определение каротина проводили фотометрическим методом.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием табличного процессора Microsoft Excel. Для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое (M), ошибку среднего арифметического (m) и коэффициент вариации (Cv). Для оценки достоверности различий между группами по итоговым показателям применяли независимый t -критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. В течение научно-хозяйственного опыта рационы подопытных коров по содержанию основных элементов значительно не различались. Все 15 коров, участвовавших в биохимических исследованиях, оставались клинически здоровыми на протяжении всего периода наблюдений. Круглогодичный клинический осмотр не выявил признаков заболеваний, токсических реакций или отказа от корма. Температура тела, частота дыхания и пульса находились в пределах физиологических норм. Биохимические показатели крови лактирующих коров в начале и в конце периода скармливания добавок представлены в таблице 1.

Анализ активности печеночных трансаминаз показывает, что на начало опыта у всех коров наблюдалось функциональное напряжение печени: уровень АСТ находился у верхней границы нормы (около 108–109 Е/л). Но к концу опыта в контрольной группе ситуация изменилась: активность АСТ незначительно вышла за пределы физиологической нормы и составила 110,56 Е/л, а уровень АЛТ вырос до 36,74 Е/л (при норме до 35,0 Е/л).

Это может означать, что в контрольной группе развился цитолитический синдром (клетки печени (гепатоциты) начали разрушаться из-за нехватки энергии и токсической нагрузки).

В опытных группах картина оказалась иной. Бетулин (1-я группа) и особенно его комбинация с добавкой «AL KARAL» (2-я группа) показали выраженный гепатопротекторный эффект. Активность АСТ в 1-й и 2-й опытных группах достоверно снизилась до 84,36 и 82,62 Е/л соответственно. Разница с контролем оказалась достоверной ($p \leq 0,05$, табл. 2). Уровень АЛТ не только не увеличился, но и остался стабильным (25,72 и 23,36 Е/л соответственно), что также достоверно ниже контрольных значений ($p \leq 0,05$).

Таким образом, можно сделать вывод, что добавки улучшают состояние печени коровы перерабатывать токсины, сохраняя целостность клеток.

В молочном скотоводстве очень важно предотвратить кетоз, который возникает из-за дефицита энергии. Корова не может восполнить потерянную с молоком энергию только за счет кормов и вынуждена использовать энергетические резервы своего организма. Животное теряет массу тела, а в печени нарушается углеводный обмен. В контрольной группе уровень глюкозы к концу лактации достоверно снизился с 3,594 до 2,998 ммоль/л ($p \leq 0,01$). Это означает, что шанс развития скрытого кетоза у соответствующих коров был очень высок.

Похожая картина, но с небольшим отличием, наблюдалась в 1-й опытной группе (снижение до 3,22 ммоль/л). Коровы 2-й опытной группы, получавшие комбинацию бетулина и добавки «AL KARAL», сохранили уровень глюкозы на оптимальном физиологическом уровне (3,68 ммоль/л). Разница с контрольной группой оказалась достоверной ($p \leq 0,05$, табл. 2). Эффект обусловлен совместным действием гуминовых и фульвовых кислот с бетулином: они усиливают обмен веществ и помогают организму лучше использовать энергию корма для выработки глюкозы.

С молоком высокопродуктивных коров интенсивно вымываются макроэлементы и витамины. Анализ минерального обмена (табл. 1) показывает, что к

Таблица 1 – Биохимические показатели сыворотки крови лактирующих коров

Table 1 – Biochemical parameters of blood serum in lactating cows

Показатели	Норма	Группы					
		контрольная		первая опытная		вторая опытная	
		$M \pm m$	C_v	$M \pm m$	C_v	$M \pm m$	C_v
В начале опыта							
АЛТ, Е/л	6,9–35,0	25,74±2,99	25,94	25,38±3,37	29,69	25,94±1,97	17,02
АСТ, Е/л	45,0–110,0	109,82±6,07	12,36	109,66±10,68	21,79	108,36±7,10	14,64
Общий белок, г/л	62,0–82,0	77,74±2,30	6,60	76,97±18,95	55,06	78,87±19,38	54,94
Глюкоза, ммоль/л	2,3–4,1	3,59±0,05	3,08	3,69±0,06	3,72	3,64±0,09	5,47
Кальций, ммоль/л	2,1–2,8	2,00±0,19	20,92	2,02±0,07	7,34	2,02±0,12	13,74
Фосфор, ммоль/л	1,4–2,5	1,99±0,05	5,77	1,98±0,07	7,79	2,03±0,08	8,51
Каротин, мг/%	0,4–1,0	0,43±0,02	12,52	0,43±0,02	10,78	0,44±0,03	15,09
Щелочная фосфатаза, Е/л	18,0–153,0	99,80±14,31	32,06	102,44±11,03	24,07	97,10±10,40	23,96
В конце опыта							
АЛТ, Е/л	6,9–35,0	36,74±4,06	24,72	25,72±1,66	14,41	23,36±1,31	12,59
АСТ, Е/л	45,0–110,0	110,56±7,16	14,49	84,36±6,38	16,90	82,62±6,95	18,81
Общий белок, г/л	62,0–82,0	78,14±2,16	6,19	79,44±1,04	2,92	81,80±0,74	2,02
Глюкоза, ммоль/л	2,3–4,1	2,99±0,10	7,31	3,22±0,04	2,72	3,68±0,26	15,77
Кальций, ммоль/л	2,1–2,8	1,90±0,07	8,32	2,00±0,10	11,73	2,06±0,18	19,30
Фосфор, ммоль/л	1,4–2,5	1,55±0,19	27,59	1,86±0,24	29,34	1,89±0,18	21,38
Каротин, мг/%	0,4–1,0	0,34±0,02	13,41	0,35±0,02	11,43	0,34±0,01	7,50
Щелочная фосфатаза, Е/л	18,0–153,0	106,16±8,72	18,36	113,74±6,38	12,54	93,26±3,38	8,10

к концу опыта уровень кальция во всех группах опустился ниже нормативных значений (1,90–2,06 ммоль/л при норме от 2,1 ммоль/л). Несмотря на то, что добавки на всасывание кальция достоверно не повлияли (разница между группами недостоверная), во 2-й опытной группе потеря кальция была минимальной.

Аналогичная ситуация сложилась с каротином: его уровень уменьшился ниже нормы (до 0,34–0,35 мг/%) у всех животных, что говорит о его большом расходе на антиоксидантную защиту и синтез молока.

Однако по фосфору ситуация другая. В контрольной группе его уровень уменьшился до 1,552 ммоль/л, приближаясь к нижней границе, тогда как в 1-й и 2-й опытных группах фосфор удерживался на более высоком уровне, составляя 1,86 и 1,89 ммоль/л соответственно и оставаясь в пределах нормы. Это означает, что бетулин и добавка «AL KARAL» способствуют лучшему удержанию фосфора, необходимого для синтеза АТФ.

Уровень общего белка и щелочной фосфатазы во всех группах на протяжении всего опыта находился в пределах

Таблица 2 – Достоверные межгрупповые различия биохимических показателей
Table 2 – Significant between-group differences in biochemical parameters

Сравнение	Показатели	$M_1 \pm m$ (контроль)	$M_2 \pm m$ (опыт)	t-критерий	Уровень значимости p
Контроль/ 1 опытная	АЛТ, Е/л	36,74±4,06	25,72±1,66	2,51	≤0,05
Контроль/ 2 опытная	АЛТ, Е/л	36,74±4,06	23,36±1,31	3,14	≤0,05
Контроль/ 1 опытная	АСТ, Е/л	110,56±7,16	84,36±6,38	2,73	≤0,05
Контроль/ 2 опытная	АСТ, Е/л	110,56±7,16	82,62±6,95	2,80	≤0,05
Контроль/ 2 опытная	глюкоза, ммоль/л	2,998±0,10	3,68±0,26	2,45	≤0,05

физиологической нормы, хотя в опытных группах наблюдалась тенденция к стабилизации белкового синтеза и снижению разрушения костной ткани, на что указывает более низкая щелочная фосфатаза во 2-й группе по сравнению с контролем (93,26 Е/л против 106,16 Е/л), хотя разница недостоверная.

Таким образом, кормовые добавки положительно повлияли на текущее состояние обмена веществ коров. Это стало возможным благодаря быстрому восстановлению энергетического баланса и защите печени после отела. В молочном скотоводстве важное значение имеет здоровье высокопродуктивного стада, от которого зависит рентабельность производства. Применение комбинации бетулина (10 г) и кормовой добавки «AL KARAL» (150 мл) достоверно защищает печень и предотвращает энергетический дефицит.

Поскольку потери кальция и каротина с молоком оказались значительными, при использовании данных добавок в базовый рацион необходимо дополнительно вводить премиксы с повышенным содержанием биодоступного кальция и бета-каротина.

Заключение. Скармливание бетулина и его комбинации с «AL KARAL» обеспечивает выраженный гепатопротек-

торный эффект. В отличие от контрольной группы, где к концу периода максимальных удоев развился цитолитический синдром с выходом АЛТ (36,74 Е/л) и АСТ (110,56 Е/л) за пределы физиологической нормы, в опытных группах активность трансаминаз достоверно снизилась и стабилизировалась в пределах нормативных значений.

Предлагаемая комбинация бетулина с добавкой «AL KARAL» (вторая опытная группа) демонстрирует уникальный энергостабилизирующий эффект, предотвращая характерное для лактирующих коров падение уровня глюкозы и поддерживая его на оптимальном уровне 3,68 ммоль/л, что достоверно выше показателей контрольной группы и служит надежной профилактикой кетоза.

Интенсивная лактация приводит к значительному выведению кальция и каротина из организма. Ни одна из исследуемых схем добавок не смогла полностью компенсировать их потери с молоком: к концу опыта уровни кальция и каротина во всех группах опустились ниже нормативных значений.

При этом обе схемы добавок помогли лучше удержать фосфор в пределах нормы по сравнению с контролем.

Список источников

1. LeBlanc S. J. Review: Relationships between metabolism and immune function in dairy cows in the transition period // *Animal*. 2020. Vol. 14. Issue 1. P. s44–s54. doi: 10.1017/S1751731119003227.
2. Tsiamadis V., Kougioumtzis A., Siachos N. Hematology reference intervals during the prepartum period, first week after calving, and peak lactation in clinically healthy Holstein cows // *Veterinary Clinical Pathology*. 2022. Vol. 51. No. 1. P. 134–145. doi: 10.1111/vcp.13069.

3. Zhang Y., Li H., Li Q. Hematology reference intervals for Holstein cows in southern China: A study of 786 subjects // *Veterinary Sciences*. 2022. Vol. 9. No. 10. P. 565. doi: 10.3390/vetsci9100565.
4. Федосова О. А., Кулаков В. В., Карелина О. А., Уливанова Г. В. Уровень основных морфологических и биохимических показателей крови коров в зависимости от продуктивности, количества и стадии лактации // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета*. 2022. Т. 14. № 4. С. 73–82. doi: 10.36508/RSATU.2022.10.93.011. EDN AVJPVR.
5. McArt J. A. A., Nydam D. V., Oetzel G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle // *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95. No. 9. P. 5056–5066. doi: 10.3168/jds.2012-5443.
6. Gerspach C., Müller K., Maćešić M. The effect of the metabolic status on the plasma lipidome and on the biomarkers of hepatic function and inflammation in dairy cows during early lactation // *Metabolites*. 2021. Vol. 11. No. 9. P. 618. doi: 10.3390/metabo11090618.
7. Xu C., Yang W., Lin W. Effect of nutritional level on hepatic gene expression of gluconeogenic enzymes in lactating dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103. No. 7. P. 6134–6144. doi: 10.3168/jds.2019-17868.
8. Rodríguez E. M., Arís A., Bach A. Mineral and trace element concentrations in serum from dairy cows during transition period // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. No. 1. P. 250–261. doi: 10.3168/jds.2016-11527.
9. Patra A. K. Dietary phytochemicals as feed additives in dairy farming // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021. Vol. 105. No. 6. P. 1240–1254. doi: 10.1111/jpn.13565.
10. Oliveira-Costa J. F., Meira C. S., Neves M. V. G. Anti-inflammatory activities of betulinic acid: A review // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13. P. 883857. doi: 10.3389/fphar.2022.883857.
11. Yogendra Kumar M. S. Betulinic acid: A natural compound with versatile pharmacological and biological activities // *Molecules*. 2023. Vol. 28. No. 17. P. 6332. doi: 10.3390/molecules28176332.
12. Гнездилова Л. А., Мурадян Ж. Ю., Круглова Ю. С., Розинский С. М. Изучение действия бетулиносодержащей кормовой добавки на лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови телят и коров дойного стада // *Аграрная наука*. 2025. № 9. С. 30–37. doi: 10.32634/0869-8155-2025-398-09-30-37. EDN KYXYCY.
13. Гнездилова Л. А., Розинский С. М., Круглова Ю. С., Мурадян Ж. Ю. Влияние адаптогена бетулина на уровень иммуноглобулинов сыворотки крови племенных телят и коров дойного стада // *Аграрная наука*. 2025. № 12. С. 50–58. doi: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-50-58. EDN DSVWDH.
14. Gnezdilova L. A., Kruglova Yu. S., Muradyan Zh. Yu., Rozinsky S. M. Assessing the ecological impact of betulin-containing feed additives: Insights from biochemical parameters in breeding calves and dairy cows // *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2025. Vol. 15. No. 1. P. 103–112. doi: 10.31407/ijees15.112.
15. Васильев А. А., Корсаков К. В., Кузнецов М. Ю., Сивохина Л. А., Трибунская Н. В. Мировой опыт использования гуминовых кислот : монография. М. : Научный парк МГУ, 2020. 76 с. EDN RXDBIF.
16. Angeles M. de L., Gómez-Rosales S., Téllez-Isaías G. Mechanisms of action of humic substances as growth promoters in animals // Angeles M. de L. (Eds.). *Humus and humic substances – recent advances*. London : IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.105956.
17. Воробьев Н. И., Гусельникова А. А., Селина М. В. Особенности биохимических показателей крови коров дойного стада при применении кормовой добавки на основе гуминовых веществ // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2023. № 107. С. 309–312. doi: 10.21515/1999-1703-107-309-312. EDN UTMTMU.
18. Валитов Х. З., Фролкин А. И., Забелина М. В., Корнилова В. А. Применение в рационе молочного скота кормовой добавки на основе гуминовых кислот // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 7. С. 58–61. doi: 10.28983/asj.y2021i7pp58-61. EDN DZWCWZ.

19. Ратцева А. А., Баймишев М. Х. Морфологические показатели крови коров при скормливании кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10. № 2. С. 81–86. doi: 10.55170/1997-3225-2025-10-2-81-86. EDN TTZIWZ.

20. Лашкова Т. Б., Петрова Г. В., Жукова М. Ю., Митюков А. С. Роль фульвокислоты в кормлении телок репродуктивного возраста в условиях Новгородской области // Вестник университета биотехнологий. 2024. № 3 (72). С. 205–212. doi: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-205-212. EDN QLLAAE.

References

1. LeBlanc S. J. Review: Relationships between metabolism and immune function in dairy cows in the transition period. *Animal*, 2020;14;1:s44–s54. doi: 10.1017/S1751731119003227.

2. Tsiamadis V., Kougioumtzis A., Siachos N. Hematology reference intervals during the prepartum period, first week after calving, and peak lactation in clinically healthy Holstein cows. *Veterinary Clinical Pathology*, 2022;51;1:134–145. doi: 10.1111/vcp.13069.

3. Zhang Y., Li H., Li Q. Hematology reference intervals for Holstein cows in southern China: A study of 786 subjects. *Veterinary Sciences*, 2022;9;10:565. doi: 10.3390/vetsci9100565.

4. Fedosova O. A., Kulakov V. V., Karelina O. A., Ulivanova G. V. The level of the main morphological and biochemical parameters of cow blood depending on productivity, number and stage of lactation. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*, 2022;14;4:73–82. doi: 10.36508/RSATU.2022.10.93.011. EDN AVJPVR (in Russ.).

5. McArt J. A. A., Nydam D. V., Oetzel G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 2012;95;9:5056–5066. doi: 10.3168/jds.2012-5443.

6. Gerspach C., Müller K., Maćešić M. The effect of the metabolic status on the plasma lipidome and on the biomarkers of hepatic function and inflammation in dairy cows during early lactation. *Metabolites*, 2021;11;9:618. doi: 10.3390/metabo11090618.

7. Xu C., Yang W., Lin W. Effect of nutritional level on hepatic gene expression of gluconeogenic enzymes in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2020;103;7:6134–6144. doi: 10.3168/jds.2019-17868.

8. Rodríguez E. M., Arís A., Bach A. Mineral and trace element concentrations in serum from dairy cows during transition period. *Journal of Dairy Science*, 2017;100;1:250–261. doi: 10.3168/jds.2016-11527.

9. Patra A. K. Dietary phytochemicals as feed additives in dairy farming. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2021;105;6:1240–1254. doi: 10.1111/jpn.13565.

10. Oliveira-Costa J. F., Meira C. S., Neves M. V. G. Anti-inflammatory activities of betulinic acid: A review. *Frontiers in Pharmacology*, 2022;13:883857. doi: 10.3389/fphar.2022.883857.

11. Yogendra Kumar M. S. Betulinic acid: A natural compound with versatile pharmacological and biological activities. *Molecules*, 2023;28;17:6332. doi: 10.3390/molecules28176332.

12. Gnezdilova L. A., Muradyan Zh. Yu., Kruglova Yu. S., Rozinskiy S. M. Study of the effect of betulin-containing feed additive on lysozyme and bactericidal activity of blood serum of calves and dairy cows. *Agrarnaya nauka*, 2025;9:30–37 doi: 10.32634/0869-8155-2025-398-09-30-37. EDN KYXYCY (in Russ.).

13. Gnezdilova L. A., Rozinskiy S. M., Kruglova Yu. S., Muradyan Zh. Yu. Influence of betulin adaptogen on the level of blood serum immunoglobulins in breeding calves and dairy cows. *Agrarnaya nauka*, 2025;12:50–58. doi: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-50-58. EDN DSVWDH (in Russ.).

14. Gnezdilova L. A., Kruglova Yu. S., Muradyan Zh. Yu., Rozinsky S. M. Assessing the ecological impact of betulin-containing feed additives: Insights from biochemical parameters in breeding calves and dairy cows. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 2025; 15;1:103–112. doi: 10.31407/ijeess15.112.

15. Vasiliev A. A., Korsakov K. V., Kuznetsov M. Yu., Sivokhina L. A., Tribunskaya N. V. *World experience in the use of humic acids: monograph*, Moscow, Nauchnyi park MGU, 2020, 76 p. EDN RXDBIF (in Russ.).
16. Angeles M. de L., Gómez-Rosales S., Téllez-Isaías G. Mechanisms of action of humic substances as growth promoters in animals. In.: Angeles M. de L. (Eds.). *Humus and humic substances – recent advances*, London, IntechOpen, 2022. doi: 10.5772/intechopen.105956.
17. Vorobyov N. I., Guselnikova A. A., Selina M. V. Features of biochemical parameters of dairy cow blood when using a feed additive based on humic substances. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023;107:309–312. doi: 10.21515/1999-1703-107-309-312. EDN UTMTMU (in Russ.).
18. Valitov Kh. Z., Frolkin A. I., Zabelina M. V., Kornilova V. A. Application of humic acid-based feed additive in dairy cattle diet. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2021;7:58–61. doi: 10.28983/asj.y2021i7pp58-61. EDN DZWCWZ (in Russ.).
19. Ratseva A. A., Baymishev M. Kh. Morphological blood parameters of cows when feeding "Reasil Gumik Heals" feed additive. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2025;10;2:81–86. doi: 10.55170/1997-3225-2025-10-2-81-86. EDN TTZIWZ (in Russ.).
20. Lashkova T. B., Petrova G. V., Zhukova M. Yu., Mityukov A. S. The role of fulvic acid in feeding heifers of reproductive age in the Novgorod region. *Vestnik universiteta biotekhnologii*, 2024;3(72):205–212. doi: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-205-212. EDN QLLAAE (in Russ.).

© Ягудин П. П., Степанов А. В., 2026

Статья поступила в редакцию 04.08.2026; одобрена после рецензирования 07.09.2026; принята к публикации 08.09.2026.

The article was submitted 04.08.2026; approved after reviewing 07.09.2026; accepted for publication 08.09.2026.

Информация об авторах

Ягудин Павел Павлович, аспирант, Уральский государственный аграрный университет, ORCID: 0009-0007-5821-182X, Author ID: 1350968, mrsaiton@mail.ru;

Степанов Алексей Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Уральский государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-8523-5938, Author ID: 694790, alexeystepanow@mail.ru

Information about authors

Pavel P. Yagudin, Postgraduate Student, Ural State Agrarian University, ORCID: 0009-0007-5821-182X, Author ID: 1350968, mrsaiton@mail.ru;

Alexey V. Stepanov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, ORCID: 0000-0002-8523-5938, Author ID: 694790, alexeystepanow@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.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 664.6:633.1

EDN XGOMBR

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-111-122>**Влияние семян чиа на органолептические показатели
и пищевую ценность пшеничного багета**

**Наталья Сергеевна Герасимова¹, Наталья Станиславовна Козулина²,
Марина Анатольевна Янова³, Надежда Алексеевна Нешумаева⁴,
Александр Владимирович Бобровский⁵**

^{1, 2, 4, 5} Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
обособленное подразделение Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН
Красноярский край, Красноярск, Россия

³ Красноярский государственный аграрный университет
Красноярский край, Красноярск, Россия

¹ nata.gerasimova.1982@mail.ru, ² kozulina.n@bk.ru, ³ yanova.m@mail.ru,

⁴ nneshumaeva@list.ru, ⁵ aleksandr_bobrovski@mail.ru

Аннотация. На основании множества исследований доказано, что семена чиа могут быть успешно интегрированы в рецептуры продуктов в качестве добавки, оказывающей положительное влияние на технологические свойства и пищевую ценность. Цель исследований – изучить влияние семян чиа на органолептические показатели и пищевую ценность пшеничного багета. В качестве объектов исследований использовались семена чиа (*Salvia hispanica* L.) сорта Сибирский изумруд; мука, полученная в результате размола зерна пшеницы сорта Алтайская 70, соответствующая муке высшего сорта. При проведении органолептической оценки выполнили замену пшеничной муки на семена чиа и получили мучные смеси в соотношениях (по массе) 96:4; 92:8; 88:12; 84:16. Органолептические показатели багетов определялись методом дегустации (форма, поверхность, цвет, вкус и запах, состояние мякиша) по 5-балльной шкале и сопоставлялись с контрольным багетом. Установлено, что оптимальное соотношение замены части пшеничной муки на семена чиа составляет 92:8. Включение в рецептуру багетов семян чиа в дозировке 8 % от массы муки в тесте увеличивает содержание белка на 9,61 %, углеводов – на 1,49 %; при этом существенно возрастает содержание жира в багете (в 2,16 раза) по сравнению с контролем. При включении в качестве замены части муки семян чиа в объеме 8 % в рецептуру пшеничного багета увеличивается содержание натрия на 0,15 %, калия – на 21,91 %, кальция – на 192,33 %, магния – на 155,29 %, фосфора – на 71,09 %, железа – на 40,85 %. Содержание витамина В₁ возрастает на 21,21 %, В₂ – на 25 %, РР – на 46,43 %, появляется незначительное содержание витамина С (0,03 мг). Включение данных багетов в рацион особенно рекомендуется лицам с повышенной потребностью в калориях, включая спортсменов, людей с активным образом жизни и лиц, проходящих восстановительные периоды.

Ключевые слова: пшеничный багет, семена чиа, органолептические показатели, дегустационная оценка, пищевая ценность

Для цитирования: Герасимова Н. С., Козулина Н. С., Янова М. А., Нешумаева Н. А., Бобровский А. В. Влияние семян чиа на органолептические показатели и пищевую ценность пшеничного багета // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 111–122. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-111-122>.

Original article

Organoleptic evaluation and nutritional value of wheat baguette using chia seeds

Natalia S. Gerasimova¹, Natalia S. Kozulina², Marina A. Yanova³,
Nadezhda A. Neshumaeva⁴, Alexander V. Bobrovsky⁵

^{1, 2, 4, 5} Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk, Russian Federation

³ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk, Russian Federation

¹ nata.gerasimova.1982@mail.ru, ² kozulina.n@bk.ru, ³ yanova.m@mail.ru,

⁴ nneshumaeva@list.ru, ⁵ aleksandr_bobrovski@mail.ru

Abstract. Numerous studies have established that chia seeds can be included in food formulations as an additive that has a positive effect on technological properties and nutritional value. The authors studied the effect of chia seeds on the organoleptic parameters and nutritional value of a wheat baguette. The research objects used were chia seeds (*Salvia hispanica* L.) of the Siberian Izumrud variety; flour obtained as a result of grinding wheat grains of the Altaiskaya 70 variety, corresponding to flour of the highest grade. In the process, wheat flour was replaced with chia seeds and flour mixtures were obtained in the following proportions (by weight) 96:4; 92:8; 88:12; 84:16. The organoleptic parameters of the baguettes were determined by tasting (shape, surface, color, taste and aroma, crumb texture) on a 5-point scale. It is proved that the optimal ratio of replacing a part of wheat flour with chia seeds is 92:8. The inclusion of chia seeds in the recipe of baguettes in a dosage of 8% of the mass of flour in the dough increases the protein content by 9.61%, carbohydrates – by 1.49%. The fat content in the baguette also increases (2.16 times) compared to the control sample. When a part of the chia seed flour in a volume of 8% is included in the formulation of a wheat baguette, the sodium content increases by 0.15%, potassium – by 21.91%, calcium – by 192.33%, magnesium – by 155.29%, phosphorus – by 71.09%, iron – by 40.85%. The content of vitamin B₁ increases by 21.21%, B₂ – by 25%, PP – by 46.43%, there is a slight content of vitamin C (0.03 mg). The research resulted in recommendations for the inclusion of these baguettes for people with increased calorie requirements, including athletes, people with an active lifestyle, and people undergoing recovery periods.

Keywords: wheat baguette, chia seeds, organoleptic characteristics, tasting assessment, nutritional value

For citation: Gerasimova N. S., Kozulina N. S., Yanova M. A., Neshumaeva N. A., Bobrovsky A. V. Organoleptic evaluation and nutritional value of wheat baguette using chia seeds. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:111–122. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-111-122>.

Введение. Обогащение продуктов питания растительным сырьем повышает содержание в их составе пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. В связи с этим актуален поиск нетрадиционных видов сырья с целью разработки инновационных технологий и расширения ассортимента хлебобулочных изделий, в производстве которых применяется сортовая пшеничная мука с низким содержанием упомянутых ингредиентов [1].

Багет – это французский вид хлебобулочного изделия и исконно в России не производился, однако в настоящее время приобретает значительную популяр-

ность. Разработка технологий багета, в рецептуру которого входит мука из зерна сибирских сортов пшеницы, как перспективных для производства отечественной муки и хлебобулочных изделий из нее, в качестве альтернативы импортной муке и нетрадиционных ингредиентов, представляет перспективное направление научных исследований и практического применения, способствуя расширению ассортимента, пищевой и биологической ценности готовой продукции [2, 3].

Семена чиа (*Salvia hispanica*), также известные как шалфей испанский, представляют собой высокоэнергетический

пищевой продукт, богатый омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, растительным белком без глютена и значительным содержанием антиоксидантов. Химический состав семян чиа включает 15–24 % белка, 40 % липидов, из которых 60 % составляют омега-3 жирные кислоты, 18–30 % пищевых волокон, 26–41 % углеводов, 4–5 г золы на 100 г продукта, а также широкий спектр витаминов и минералов. Эти нутриенты делают семена чиа ценным ингредиентом для обогащения пищевых продуктов, что подтверждается их высокой биологической активностью и питательной ценностью [3–8].

Полисахариды, окружающие семена чиа, при гидратации образуют слизь вокруг семян. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) назвала семена чиа важным источником полисахаридов благодаря относительно высокому содержанию пищевых волокон (38–40 г на 100 г), поскольку они содержат 3–6 % камеди, которая может удерживать воду в количестве, в 27 раз превышающем ее собственный вес [9].

Слизь семян чиа при пищеварении замедляет распад сложных углеводов на сахара благодаря созданию барьера для ферментов, что способствует благоприятному воздействию на здоровье человека. Вместе с тем она продлевает ощущение сытости, увеличивая объем и вязкость гидратной массы, которая медленно проходит по кишечному тракту, улучшая пищеварение. Растворимые волокна, образующие слизь, действуют как пробиотик, регулируя уровень сахара и холестерина в крови [3–5]. Семена чиа также полезны при высоком кровяном давлении за счет своей способности разжижать кровь [6].

Европейское управление по контролю безопасности продуктов питания EFSA утвердило возможность использования семян чиа в процессе выпечки [2, 10]. У них нейтральный вкус, который позволяет сочетать их со всеми видами хлебобулочных изделий.

В контексте изложенного разработка хлебобулочного изделия «багет с использованием семян чиа» является перспективным подходом. Семена чиа могут быть успешно интегрированы в рецептуры в качестве функционально-технологической добавки, оказывающей положительное

влияние на технологические свойства и пищевую ценность.

В исследовании Л. В. Зайцевой с соавторами наблюдалось максимальное воздействие при внесении муки чиа в количестве 4 % от массы муки, что свидетельствует об оптимальности данной дозировки. При внесении муки чиа в количестве 4 % от массы пшеничной муки содержание ω -3 жирных кислот в хлебе составляет 0,5 г/100 г [8].

Научные исследования подтверждают многочисленные преимущества включения муки из семян чиа в хлебопекарные изделия из пшеницы, овса и кукурузы [11].

В исследовании Пражского университета химической технологии было установлено, что при введении в рецептуру хлеба молотых и цельных белых и черных семян чиа объем булки увеличивается на 30 % (с 270 до 350 мл/100 г) в сравнении с контрольным образцом [12].

В другом исследовании было продемонстрировано значительное обогащение состава хлеба при внесении муки из семян чиа. В результате были выявлены существенные улучшения по ряду ключевых показателей: содержание липидов возросло на 26 %, белка – на 19 %, а зольных веществ – на 11 %. Органолептическая оценка подтвердила высокие потребительские характеристики. Хлеб с семенами чиа получил положительную оценку при дегустации [13].

В исследовании Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства было установлено, что семена чиа в качестве замены части пшеничной муки положительно влияют на реологию теста и качество пшеничного багета. При этом определены оптимальные дозировки замены части муки пшеничной на семена чиа – 4 и 8 % внесения их в рецептуру, позволяющие сохранить высокие органолептические и физико-химические показатели готового изделия [3].

Цель исследований – изучить влияние семян чиа на органолептические показатели и пищевую ценность пшеничного багета. Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

– изучить влияние семян чиа на органолептические показатели по результатам оценки дегустационной комиссией;

– определить химический состав и энергетическую ценность при расчете пищевой ценности багетов на 100 г продукта контрольного образца и образца с использованием семян чиа; сопоставить данные результаты с физиологической нормой в пищевых веществах суточной потребности человека;

– разработать практические рекомендации по использованию семян чиа при приготовлении теста для багета.

Объекты и методы исследований.

Дегустационная оценка и расчет пищевой ценности пшеничных багетов проводились в лаборатории технологической оценки качества зерна Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства с учетом требований ГОСТ 31805–2018 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия».

В качестве объектов исследований использовались семена чиа (*Salvia hispanica* L.) сорта Сибирский изумруд, а также мука, полученная в результате размола зерна пшеницы сорта Алтайская 70, соответствующая муке высшего сорта по нормам ГОСТ 26574–2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия».

При выполнении органолептической оценки провели замену пшеничной муки на семена чиа и получили мучные смеси в соотношениях (по массе), составляющих 96:4; 92:8; 88:12; 84:16.

Влажность определялась с помощью анализатора влажности ЭВЛАС-2М согласно требованиям ГОСТ 13586.5–2015 «Зерно. Метод определения влажности».

Результаты расчета пищевой ценности багетов на 100 г продукта контрольного и оптимального образца сопоставляли с физиологической нормой суточной потребности человека. При расчете пищевой ценности багетов определялся химический состав, рассчитывалась доля от суточной нормы в пищевых веществах для человека и энергетическая ценность.

При этом химический состав сырья и готовых изделий (в расчете на 100 г) для определения пищевой ценности был принят по данным справочников И. М. Скурихина (1991, 2002).

Расчет рецептуры производился на основании унифицированной рецептуры

изделия на 100 г муки. Мука пшеничная высшего сорта была взята для расчета рецептуры багета. Анализ качества багета выполнялся по нормам ГОСТ 31805–2018 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия».

Высокая водоудерживающая и водопоглотительная способность семян чиа оказывает существенное влияние на структуру и свойства теста и выпеченных изделий [14], в связи с этим семена чиа вымачивали в воде в течение одного часа перед выпечкой. Количество воды для гидратации было пропорционально увеличено с ростом доли семян чиа: 10 мл воды для 4 % семян (96 % муки); 20 мл для 8 % (92 % муки); 30 мл для 12 % (88 % муки) и 40 мл для 16 % (84 % муки). Объем воды, использованный для гидратации семян, вычитался из общего объема воды, регламентированного рецептурой теста [2].

Результаты исследований и их обсуждение. Расчет рецептуры производился на основании унифицированной рецептуры изделия на 100 г муки. В таблице 1 приведен расчет ингредиентов с учетом расчета сухих веществ. Для выпечки производства багета использовалась мука из сорта пшеницы Алтайская 70.

Рецептура багета из пшеничной муки с семенами чиа в качестве замены части муки показана в таблице 1.

В исследовании проведена пробная выпечка для изучения органолептических показателей багетов при замене части муки пшеничной на семена чиа. Тесто готовили безопарным способом. Для замены части муки на семена чиа при приготовлении багета семена предварительно замачивали на один час. В тестовой заготовке часть муки заменяли на семена чиа на стадии смешивания дрожжей, солевого раствора и муки в рассчитанных количествах [3].

С целью осуществления всестороннего анализа качества хлебобулочных изделий ключевым методом выступает органолептическая оценка, в ходе которой определяются следующие показатели: внешний вид, состояние мякиша, цвет, вкус и запах. В контексте верификации соответствия органолептических характеристик качества багетов нормативным положениям, регламентированным требованиями ГОСТ 31805–2018, была осу-

Таблица 1 – Рецепт багета из пшеничной муки с заменой части муки на семена чиа
Table 1 – The recipe of a baguette made from wheat flour with the replacement of part of the flour with chia seeds

В граммах (in gram)

Варианты эксперимента (доля семян чиа)	Сырье					
	мука пшеничная	семена чиа	дрожжи	соль	вода	итого
Контроль	100	—	2,5	1,8	65,40	169,69
4 %	96	3,58	2,5	1,8	65,81	169,69
8 %	92	7,17	2,5	1,8	66,22	169,69
12 %	88	10,76	2,5	1,8	66,63	169,69
16 %	84	14,35	2,5	1,8	67,04	169,69

шествовалена органолептическая оценка багетов после выпечки [2].

Органолептические показатели багетов определялись методом дегустации (форма, поверхность, цвет, вкус и запах, состояние мякиша). Дегустационная оценка проводилась дегустационной комиссией в количестве пяти человек после четырех часов остывания багетов. Опытные образцы оценивали по 5-балльной шкале и сопоставляли с контрольным багетом.

При включении семян чиа в количестве 4 % от массы муки наблюдался небольшой подрыв (рис. 1). Состояние мякиша – пропеченный, не влажный на ощупь, без комочков и следов непромеса; пористость более равномерная у образцов без замены части муки на семена чиа и с

заменой в количествах 4 и 8 %. В отношении контрольного образца – поверхность без подрывов и трещин, более ровная, чем у образцов с внесением семян чиа.

При замене части муки в количествах 12 и 16 % внешний вид соответствовал виду изделия, но уступал по органолептическим характеристикам изделию с заменой муки на семена чиа в количествах 4 и 8 %. Состояние мякиша – пропеченный, не влажный на ощупь, без комочков и следов непромеса, однако пористость отмечается как неравномерная. Форма багета характеризовалась как округлая, слегка расплывчатая, в большей мере у образца с заменой части муки на семена чиа в количестве 16 %. Поверхность у исследуемых образцов с заменой части



Рисунок 1 – Образцы багета из муки сорта Алтайская 70 с семенами чиа
Figure 1 – Baguette samples from Altaiskaya 70 flour with chia seeds

муки на семена чиа в количестве 12 % отличалась наличием трещин и подрывов; при этом багеты с заменой части муки на семена чиа в количестве 16 % характеризовались наличием трещин и подрывов в большей степени. Это связано с тем, что при термической обработке происходит резкое усиление активности дрожжей, что, в свою очередь, увеличивает процессы газообразования.

Семена чиа, вводимые в количествах более 8 %, замещают собой структурно образующую клейковину. Это замещение, наряду с высокой гигроскопичностью семян чиа, способствующей поглощению влаги из клейковинного каркаса, приводит к ослаблению его целостности. В результате недостаточная прочность структуры теста не выдерживает внутреннего давления газов в процессе выпечки, что инициирует разрывы и деформации поверхности изделия.

Таким образом, наблюдаются дефекты у готовых пшеничных багетов при включении в их рецептуру семян чиа, особенно в количествах, превышающих 8 %. Как известно из научных исследований, семена чиа обладают высокой водопоглотительной и водоудерживающей способностью, что может привести к неравномерному распределению газов при их включении и неоднородности структуры мякиша. Что касается трещин и подрывов на поверхности багетов с семенами чиа, особенно в количестве более 8 %, очевидно, что замена части муки на семена

чиа приводит к укреплению клейковинной сетки. По мере увеличения процента семян чиа в качестве замены части муки происходит укрепление клейковины теста, которое характеризуется низкой эластичностью, а при растяжении быстро разрывается. Это может быть обусловлено тем, что влага, поглощенная полисахаридами семян чиа, выделялась и поглощалась набухающими клейковинными белками, образуя в результате более прочную клейковинную сетку.

Схожие результаты исследований отражены в работах [15, 16]: при добавлении семян чиа в количестве 15 и 20 % тесто становилось более плотным и менее эластичным.

Так как семена чиа не имеют ярко выраженного вкуса и запаха, багет характеризовался вкусом и запахом пшеничного хлеба [2], тем не менее при включении семян чиа в количествах 12 и 16 % от массы муки их присутствие проявлялось в виде легкого хруста при механическом воздействии (жевании) на структуру готового изделия.

Результаты оценки дегустационной комиссией качества багетов с заменой части муки пшеницы сорта Алтайская 70 семенами чиа в количествах 4 и 8 % не значительно повлияли на качество багетов, поскольку общая оценка составила 4,6 балла (рис. 2). При замене части муки пшеницы сорта Алтайская 70 на семена чиа в количествах 12 и 16 % багеты получили 4,2 и 3,9 балла, тогда как у контроль-

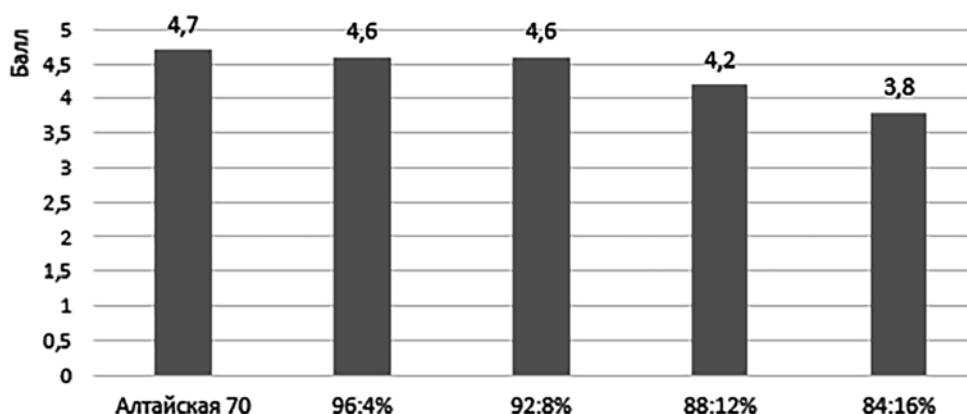


Рисунок 2 – Результаты оценки дегустационной комиссией качества багетов с заменой части муки пшеницы сорта Алтайская 70 на семена чиа
Figure 2 – The results of the assessment by the tasting commission of the quality of baguettes with the replacement of part of the wheat flour of the Altaiskaya 70 variety with chia seeds

ного образца оценка составила 4,7 балла. Пшеничные багеты с включением семян чиа в количестве 12 и 16 % получили оценки значительно ниже остальных исследуемых образцов из-за присутствия подрывов и трещин на поверхности изделий. Кроме того, дегустационной комиссией было отмечено присутствие легкого хруста при механическом воздействии (жевании) на структуру готового изделия, что может отрицательно сказаться на потребительской оценке и общей удовлетворенности от потребления продукта.

Таким образом, в результате исследований органолептических показателей качества багетов с семенами чиа установлено, что для сохранения требований по качеству, установленных государственным стандартом, оптимальное соотношение замены части пшеничной муки на семена чиа составляет 92:8.

Включение в рецептуру багетов семян чиа в дозировке 8 % от массы муки в тесте увеличивает содержание белка на

9,61 %. При этом значительно возрастает содержание жира в багете с семенами чиа (в 2,16 раза) по сравнению с контролем (табл. 2). Такое существенное увеличение можно объяснить высоким количеством жирных кислот омега-3, омега-6 в составе семян чиа [17]. Можно предположить, что внесение в рецептуру хлебобулочных изделий семян чиа в количестве 8 % существенно повышает их потенциал как источника полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6 по сравнению с образцом без внесения семян чиа.

В исследовании А. Э. Козловской с соавторами (2016) были получены схожие результаты. Ржано-пшеничный хлеб высокой степени готовности с внесением муки семян чиа в количестве 5 % соответствовал требованиям к источнику жирных кислот омега-3 [17]. Подобные результаты наблюдались в исследовании Ж. В. Новиковой с соавторами (2021): при внесении в рецептуру булочных изделий семян чиа в количестве 15 % содержание омега-3 и

Таблица 2 – Сравнительные данные химического состава и энергетической ценности 100 г разработанных образцов багетов с использованием семян чиа

Table 2 – Comparative data on the chemical composition and energy value of 100 g of developed baguette samples using chia seeds

Компоненты	Багет из пшеничной муки высшего сорта (контроль)	Доля от суточной нормы, %	Багет с заменой части муки на семена чиа (8 %)	Доля от суточной нормы, %	Изменение, %
Белки, г	5,10	6,80	5,59	7,45	+9,61
Жиры, г	0,56	0,67	1,77	2,13	+216,70
Углеводы, г	34,18	9,36	34,69	9,50	+1,49
Натрий, мг	408,14	17,00	408,73	17,03	+0,15
Калий, мг	65,37	1,86	79,69	2,27	+21,91
Кальций, мг	13,03	1,30	38,09	3,80	+192,33
Магний, мг	8,50	2,12	21,70	5,42	+155,29
Фосфор, мг	46,60	4,66	79,73	7,97	+71,09
Железо, мг	0,71	5,07	1,00	7,14	+40,85
В ₁ , мг	0,066	4,40	0,08	5,40	+21,21
В ₂ , мг	0,024	1,33	0,030	1,66	+25,00
РР, мг	0,56	2,80	0,82	4,12	+46,43
С, мг	0	0	0,03	0,05	+0,03
Энергетическая ценность, ккал	162,16	17,07	177,05	19,08	+9,18

омега-6 полиненасыщенных жирных кислот удовлетворяло суточную норму на 87,9 и 19,2 % соответственно [16].

Включение семян чиа в качестве замены части муки в рецептуру багета незначительно повышает содержание углеводов (на 1,49 %). Схожие результаты получены Н. В. Сокол с соавторами. В исследовании при использовании семян чиа в количестве 10 % в рецептуре хлеба наблюдалось увеличение белка на 7,9 %, содержание жира при этом увеличилось в 6,5 раза [18].

Что касается незначительного увеличения содержания углеводов при внесении в рецептуру багета 8 % семян чиа от массы пшеничной муки, схожие результаты получены А. Э. Козловской с соавторами (2016). Содержание углеводов при использовании семян чиа в объеме 2 % при этом незначительно снизилось [17].

При включении в качестве замены части муки семян чиа в количестве 8 % в рецептуру пшеничного багета увеличивается содержание натрия на 0,15 %, калия на 21,91 %, кальция на 192,33 %, магния на 155,29 %, фосфора на 71,09 %, железа на 40,85 % по сравнению с контрольным образцом.

Наблюдались изменения витаминного содержания при включении в рецептуру багета семян чиа в качестве замены части муки: содержание витамина В₁ увеличилось на 21,21 % по сравнению с контролем, В₂ – на 25 %, РР – на 46,43 %. Также обнаружено незначительное содержание витамина С (0,03 мг).

Доля от суточной нормы багета с семенами чиа в количестве 8 % от массы муки также возросла на 16,57 % по сравнению с контрольным образцом, что свидетельствует о повышении его питательной ценности.

Семена чиа весьма высококалорийны, так как содержат 486 ккал на каждые 100 г [7]. Включение в рецептуру багетов семян чиа в дозировке 8 % от массы муки в тесте увеличивает энергетическую ценность на 9,18 % по сравнению с контролем. А. Э. Козловской с соавторами (2016) получены схожие результаты исследования по увеличению энергетической ценности при внесении семян чиа в рецептуру ржано-пшеничного хлеба [17].

Закключение. По результатам оценки качества пшеничных багетов дегустационной комиссией установлено, что при внесении в рецептуру семян чиа в количестве, превышающем 8 %, наблюдаются значительные ухудшения относительно внешнего вида, состояния мякиша, цвета и вкуса хлебобулочного изделия багет. Оптимальное включение в рецептуру багетов семян чиа составляет 8 % от массы муки. По органолептическим характеристикам качество багета в данном случае соответствует требованиям стандарта на изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки.

Результаты расчета пищевой ценности багетов на 100 г продукта контрольного и багета с включением семян чиа в оптимальном количестве установили, что багет с семенами чиа по пищевой ценности наиболее питательный. Значительное обогащение (в процентах) достигнуто по жирам (+216,7), кальцию (+192,33) и магнию (+155,29). Умеренный положительный эффект зафиксирован для фосфора (+71,09), железа (+40,85), калия (+21,91) и витаминов В₁ (+21,21), В₂ (+25,00), РР (+46,43). Минимальное влияние отмечено для углеводов (+1,49) и натрия (+0,15), что указывает на возможность использования семян чиа для обогащения хлебобулочных изделий, не нарушая углеводно-солевого баланса организма и не увеличивая калорийность продукта.

Таким образом, хлебобулочные изделия (багеты), обогащенные семенами чиа, можно рекомендовать для питания в целях оптимизации потребления белка и как источник магния, калия, кальция и фосфора для водно-солевого баланса, нервной системы и костной ткани. Железо в составе продукта нормализует эритропоэз и предотвращает анемию; витамины группы В важны для метаболизма, энергетического обмена и когнитивных функций. Багет с семенами чиа также содержит моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, улучшающие липидный профиль и функционирование сердечно-сосудистой системы. Включение данных багетов в рацион особенно рекомендуется лицам с повышенной потребностью в калориях, включая спортсменов, людей, ведущих активный образ жизни, и лиц, проходящих восстановительные периоды.

Список источников

1. Nudel A., Cohen R., Abbo Sh., Kerem Z. Developing a nutrient-rich and functional wheat bread by incorporating *Moringa oleifera* leaf powder and gluten // Food Science and Technology. 2023. Vol. 187. P. 115343. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115343. EDN PZHPRW.
2. Козулина Н. С., Бобровский А. В., Герасимова Н. С., Степаненко Н. И., Василенко А. В. Технологический потенциал сортов яровой пшеницы для производства хлебобулочных изделий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2025. № 7 (220). С. 219–233. doi: 10.36718/1819-4036-2025-7-219-233. EDN YNQAUEU.
3. Герасимова Н. С., Козулина Н. С., Янова М. А., Бобровский А. В., Чернов Р. В. Влияние семян чиа на реологические свойства теста из пшеничной муки и качество багета // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2026. № 4 (229). С. 231–242. doi: 10.36718/1819-4036-2026-4-231-242. EDN RXCFKM.
4. Khalid W., Arshad M. S., Aziz A. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders // Food Science & Nutrition. 2022. No. 1. P. 3–16. doi: 10.1002/fsn3.3035.
5. Khalid A., Hameed A., Tahir M. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality // Frontiers in Nutrition. 2023. Vol. 10. doi: 10.3389/fnut.2023.1053196.
6. Knez H. M., Ivanovski M., Cör D. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): An overview-phytochemical profile, isolation methods, and application // Molecules. 2019. Vol. 25. No. 1. doi: 10.3390/molecules25010011.
7. Agarwal A., Tripathi A. D., Kumar T. Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds // Antioxidants (Basel). 2023. Vol. 12. No. 7. P. 1413. doi: 10.3390/antiox12071413.
8. Зайцева Л. В., Юдина Т. А., Лаврова А. В., Байков В. Г. Влияние муки чиа с высоким содержанием ω -3 жирных кислот на показатели качества и пищевую ценность хлеба // Хлебопродукты. 2014. № 3. С. 48–50. EDN RXFAVD.
9. Kowalski S., Mikulec A., Pustkowiak H. Sensory assessment and physicochemical properties of wheat bread supplemented with chia seeds // Polish Journal of Food and Nutritional Sciences. 2020. Vol. 70. No. 4. P. 387–397. doi: 10.1016/j.fufo.2024.100471.
10. Commission Decision of October 13, 2009 authorizing the placing on the market of Chia seed (*Salvia hispanica*) as a novel food ingredient // Official Journal of European Union. 2009. No. 11. P. 14–15.
11. Anzooman M., Christopher J., Mumford M., Dang Y., Menzies N., Peter K. Selection for rapid germination and emergence may improve wheat seedling establishment in the presence of soil surface crusts // Plant and Soil. 2018. No. 426. P. 227–239. doi: 10.1016/j.dib.2018.10.134.
12. Nitrayová S., Brestenský M., Heger J., Patráš P., Rafay J., Sirotkin A. Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed // Potravinárstvo. 2014. No. 8. P. 72–76. <https://doi.org/10.5219/332>.
13. Sandoval-Oliveros M. R., Paredes-Lopez O. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2023. Vol. 61. No. 1. P. 193–201. doi: 10.1021/jf3034978.
14. Кузнецова Д. В., Кирячева Е. В., Надточий Л. А., Ма И. Исследование свойств геля, полученного из семян чиа (*Salvia hispanica* L.) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3. С. 10–15. doi: 10.17586/2310-1164-2017-10-3-10-15. EDN ZIDWAB.
15. Attalla N. R., El-Hussieny E. A. Characteristics of nutraceutical yoghurt mousse fortified with chia seeds // International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 2017. Vol. 2. No. 4. P. 2033–2046. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.4.61>.
16. Новикова Ж. В., Сергеева С. М., Муханов Е. В. Разработка булочных изделий для здорового питания с применением растительного сырья // Вестник Воронежского го-

сударственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 4 (86). С. 188–195. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-188-195. EDN HJUGYZ.

17. Козловская А. Э., Лабутина Н. В., Юдина Т. А., Карасева Е. В. Использование муки чиа в технологии ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 62–65. EDN PTGPVX.

18. Сокол Н. В., Кенийз Н. В., Матчак С. С. Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета. 2025. № 2 (48). С. 123–131. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131. EDN NHXNKI.

References

1. Nudel A., Cohen R., Abbo Sh., Kerem Z. Developing a nutrient-rich and functional wheat bread by incorporating *Moringa oleifera* leaf powder and gluten. Food Science and Technology, 2023;187:115343. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115343. EDN PZHPRW.

2. Kozulina N. S., Bobrovsky A. V., Gerasimova N. S., Stepanenko N. I., Vasilenko A. V. Technological potential of spring wheat varieties for the production of bakery products. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025;7(220):219–233. doi: 10.36718/1819-4036-2025-7-219-233. EDN YNQAEU (in Russ.).

3. Gerasimova N. S., Kozulina N. S., Yanova M. A., Bobrovsky A. V., Chernov R. V. The effect of chia seeds on the rheological properties of wheat flour dough and baguette quality. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2026;4(229):231–242. doi: 10.36718/1819-4036-2026-4-231-242. EDN RXCFKM (in Russ.).

4. Khalid W., Arshad M. S., Aziz A. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders. Food Science & Nutrition, 2022;1:3–16. doi: 10.1002/fsn3.3035.

5. Khalid A., Hameed A., Tahir M. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition, 2023;10. doi: 10.3389/fnut.2023.1053196.

6. Knez H. M., Ivanovski M., Cör D. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): An overview-phytochemical profile, isolation methods, and application. Molecules, 2019;25;1. doi: 10.3390/molecules25010011.

7. Agarwal A., Tripathi A. D., Kumar T. Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. Antioxidants (Basel), 2023;12;7:1413. doi: 10.3390/antiox12071413.

8. Zaitseva L. V., Yudina T. A., Lavrova A. V., Baykov V. G. The influence of chia flour with a high content of omega-3 fatty acids on the quality and nutritional value of bread. *Khleboprodukty*, 2014;3:48–50. EDN RXFAVD (in Russ.).

9. Kowalski S., Mikulec A., Pustkowiak H. Sensory assessment and physicochemical properties of wheat bread supplemented with chia seeds. Polish Journal of Food and Nutritional Sciences, 2020;70;4:387–397. doi: 10.1016/j.fufo.2024.100471.

10. Commission Decision of October 13, 2009 authorizing the placing on the market of Chia seed (*Salvia hispanica*) as a novel food ingredient. Official Journal of European Union, 2009;11: 14–15.

11. Anzooman M., Christopher J., Mumford M., Dang Y., Menzies N., Peter K. Selection for rapid germination and emergence may improve wheat seedling establishment in the presence of soil surface crusts. Plant and Soil, 2018;426:227–239. doi: 10.1016/j.dib.2018.10.134.

12. Nitrayová S., Brestenský M., Heger J., Patráš P., Rafay J., Sirotkin A. Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. Potravinarstvo, 2014;8:72–76. <https://doi.org/10.5219/332>.

13. Sandoval-Oliveros M. R., Paredes-L'opez O. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.) // Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2023;61;1: 193–201. doi: 10.1021/jf3034978.

14. Kuznetsova D. V., Kiryacheva E. V., Nadtochiy L. A., Ma I. Investigation of the properties of a gel obtained from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv*, 2017;3:10–15. doi: 10.17586/2310-1164-2017-10-3-10-15. EDN ZIDWAB (in Russ.).

15. Attalla N. R., El-Hussieny E. A. Characteristics of nutraceutical yoghurt mousse fortified with chia seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2017;2;4: 2033–2046. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.4.61>.

16. Novikova Zh. V., Sergeeva S. M., Mukhanov E. V. Development of bakery products for healthy nutrition using plant based raw materials. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2020;82;4(86):188–195. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-188-195. EDN HJUGYZ (in Russ.).

17. Kozlovskaya A. E., Labutina N. V., Yudina T. A., Karaseva E. V. The use of chia flour in the technology of rye-wheat bread from frozen semi-finished products of high degree of readiness. *Pishchевaya promyshlennost'*, 2016;8:62–65. EDN PTGPVX (in Russ.).

18. Sokol N. V., Keniyz N. V., Matchak S. S. The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2025;2(48):123–131. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131. EDN NHXNKI (in Russ.).

© Герасимова Н. С., Козулина Н. С., Янова М. А., Нешумаева Н. А., Бобровский А. В., 2026
Статья поступила в редакцию 16.06.2026; одобрена после рецензирования 01.09.2026; принята к публикации 04.09.2026.

The article was submitted 16.06.2026; approved after reviewing 01.09.2026; accepted for publication 04.09.2026.

Информация об авторах

Герасимова Наталья Сергеевна, научный сотрудник лаборатории технологической оценки качества зерна, аспирант, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН, nata.gerasimova.1982@mail.ru;

Козулина Наталья Станиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН, kozulina.n@bk.ru;

Янова Марина Анатольевна, доктор технических наук, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств, Красноярский государственный аграрный университет, yanova.m@mail.ru;

Нешумаева Надежда Алексеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и биотехнологии, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН, nneshumaeva@list.ru;

Бобровский Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Красноярского научного центра Сибирского отделения РАН, aleksandr_bobrovski@mail.ru

Information about the authors

Natalia S. Gerasimova, Researcher at the Laboratory of Technological Assessment of Grain Quality, Postgraduate Student, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, nata.gerasimova.1982@mail.ru;

Natalia S. Kozulina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Varietal Agricultural Technologies, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, kozulina.n@bk.ru;

Marina A. Yanova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery and Pasta Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, yanova.m@mail.ru;

Nadezhda A. Neshumaeva, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Physiology and Biotechnology, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, nneshumaeva@list.ru;

Alexander V. Bobrovsky, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Varietal Agricultural Technologies, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, aleksandr_bobrovski@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.

Научная статья

УДК 664.8.037.5

EDN VEKHH

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-123-132>

Технология производства гарнирного картофеля быстрозамороженного с математическим обоснованием показателей пищевой ценности

Владимир Владимирович Литвяк¹, Марианна Сергеевна Воронина²,
Евгений Алексеевич Симаков³, Динара Фанисовна Игнатова⁴,
Михаил Валентинович Журавлев⁵, Роман Хажсетович Кандроков⁶

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов –
филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В. М. Горбатова РАН
Московская область, Красково, Россия

^{2, 4, 5, 6} Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха
Московская область, Люберцы, Россия

¹ vniik@arrisp.ru, ² marianna419@rambler.ru, ³ vniikh@mail.ru,

⁴ dinara-bakieva@mail.ru, ⁵ zyrav2014@yandex.ru, ⁶ kandrokov.roman@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье рассмотрены технологические этапы производства гарнирного картофеля быстрозамороженного. Проведены лабораторные исследования влияния продолжительности бланширования и температуры замораживания на показатели качества картофельного полуфабриката. Установлено, что рациональным режимом предварительной тепловой и холодильной обработки является бланширование в течение 3,5 минут при температуре воды 85 °С с последующим интенсивным замораживанием при температуре минус 32 °С. При данном режиме обеспечиваются высокая органолептическая оценка, сохранность структуры продукта, снижение потерь сухих веществ и удовлетворительная сохранность витамина С. Рассчитаны показатели химического состава, энергетической ценности и структуры сухих веществ гарнирного картофеля. В расчете на 100 г продукта энергетическая ценность составила 75,6 ккал. Основной вклад в калорийность вносят углеводы – 78,62 %, доля белков составляет 10,52 %, жиров – 4,83 %, органических кислот – 0,74 %. Массовая доля сухих веществ соответствует 22,0 %, при этом углеводы формируют 72,04 % сухого вещества. Показано, что продукт характеризуется высоким содержанием калия (499,85 мг/100 г), что достигает 38,65 % от суммы макроэлементов. Получены регрессионные зависимости, позволяющие прогнозировать содержание витамина С, массовую долю влаги, потери сухих веществ, органолептическую оценку и интегральный показатель качества в зависимости от технологических режимов.

Ключевые слова: гарнирный картофель, быстрозамороженный полуфабрикат, пищевая ценность, энергетическая ценность, бланширование, интенсивное замораживание, органолептическая оценка, регрессионное моделирование

Для цитирования: Литвяк В. В., Воронина М. С., Симаков Е. А., Игнатова Д. Ф., Журавлев М. В., Кандроков Р. Х. Технология производства гарнирного картофеля быстрозамороженного с математическим обоснованием показателей пищевой ценности // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 123–132. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-123-132>.

Original article

Technology of production of quick-frozen side dish potatoes with mathematical substantiation of nutritional value indicators

Vladimir V. Litvyak¹, Marianna S. Voronina², Evgeny A. Simakov³,
Dinara F. Ignatova⁴, Mikhail V. Zhuravlev⁵, Roman Kh. Kandrokov⁶

¹ All-Russian Research Institute of Starch Products – Branch of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences
Moscow region, Kraskovo, Russian Federation

^{2, 4, 5, 6} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russian Federation

³ Federal Potato Research Center named after A. G. Lorkh
Moscow region, Lyubertsy, Russian Federation

¹ yniik@arrisp.ru, ² mariana419@rambler.ru, ³ yniikh@mail.ru,

⁴ dinara-bakieva@mail.ru, ⁵ zyrav2014@yandex.ru, ⁶ kandrokov.roman@rgau-msha.ru

Abstract. The authors show the technological stages of the production of quick-frozen side dish potatoes. Laboratory studies of the effect of blanching duration and freezing temperature on the quality of potato semi-finished products have been conducted. It is concluded that the rational mode of preliminary heat and refrigeration treatment is blanching for 3.5 minutes at a water temperature of 85 °C, followed by intensive freezing at a temperature of minus 32 °C. This regime ensures high organoleptic parameters, preservation of the product structure, reduction of dry matter losses, as well as satisfactory preservation of vitamin C. The indicators of the chemical composition, energy value and structure of the dried substances of side potatoes are calculated. The energy value per 100 g of the product was 75.6 kcal. Carbohydrates make the main contribution to caloric content – 78.62%, the proportion of proteins is 10.52%, and fats – 4.83%. The mass fraction of dry matter corresponds to 22.0%, while carbohydrates form 72.04% of the dry matter. It is shown that the product is characterized by a high potassium content (499.85 mg/100 g), which reaches 38.65% of the total macronutrients. The article presents regression dependencies that allow predicting the vitamin C content, the mass fraction of moisture, loss of dry matter, organoleptic assessment and integral quality indicator depending on technological modes.

Keywords: side dish potatoes, quick-frozen semi-finished product, nutritional value, energy value, blanching, intensive freezing, organoleptic evaluation, regression modeling

For citation: Litvyak V. V., Voronina M. S., Simakov E. A., Ignatova D. F., Zhuravlev M. V., Kandrokov R. Kh. Technology of production of quick-frozen side dish potatoes with mathematical substantiation of nutritional value indicators. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:123–132. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-123-132>.

Введение. Картофель является одним из наиболее распространенных видов растительного сырья, используемого в производстве пищевых продуктов массового потребления. Он выступает значимым источником углеводов, пищевых волокон, витамина С, минеральных веществ и ряда биологически активных соединений. Его химический состав и пищевая ценность зависят от сорта, условий выращивания, хранения и способа технологической обработки [1–3]. В пищевой промышленности картофель широко применяется для производства полуфабрикатов, гарнирной продукции, замороженных овощных смесей и продуктов быстрого приготовления [4, 5].

Современное развитие пищевой индустрии характеризуется повышением спроса на продукты высокой степени готовности, обладающие стабильным качеством, длительным сроком хранения и удобством использования. К таким про-

дуктам относится гарнирный картофель быстрозамороженный, который может использоваться на предприятиях общественного питания, в торговых сетях и в домашних условиях [3, 4].

Быстрое замораживание является одним из наиболее эффективных способов консервирования растительного сырья. Оно позволяет замедлить протекание микробиологических, ферментативных и окислительных процессов, а также сохранить органолептические свойства и пищевую ценность продукта [6–8]. При этом качество готового продукта зависит от исходных характеристик сырья, степени предварительной обработки, режима бланширования, скорости замораживания и условий хранения [3, 5].

Бланширование – важная технологическая операция, направленная на инактивацию ферментных систем, снижение микробиологической обсемененности, стабилизацию цвета и улучшение струк-

туры растительной ткани [6–8]. Однако чрезмерное тепловое воздействие может приводить к потерям витамина С, минеральных веществ и растворимых сухих веществ, что важно учитывать при разработке технологических режимов [9, 10].

В этой связи актуальным является не только описание технологии производства гарнирного картофеля быстрозамороженного, но и математическое обоснование показателей его пищевой ценности.

Использование расчетных моделей позволяет оценивать энергетическую ценность продукта, соотношение нутриентов, долю компонентов в сухом веществе и прогнозировать качество готового полуфабриката [4, 8].

Целью исследований явилась разработка и научное обоснование технологии производства гарнирного картофеля быстрозамороженного с использованием математической обработки показателей химического состава, энергетической ценности и качества готового продукта.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) описание технологической схемы производства гарнирного картофеля быстрозамороженного;
- 2) анализ химического, витаминного и минерального состава продукта;
- 3) расчет энергетической ценности и вклада основных нутриентов в калорийность продукта;
- 4) математическая интерпретация структуры сухих веществ;
- 5) разработка регрессионных зависимостей для прогнозирования качества продукта при изменении режимов бланширования и замораживания.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлся гарнирный картофель быстрозамороженный, полученный из продовольственного картофеля, соответствующего требованиям действующих государственных стандартов. В качестве сырья использовали клубни картофеля без признаков микробиологической порчи, механических повреждений, позеленения и прорастания.

Для переработки отбирали клубни средней фракции, однородные по размеру и степени зрелости.

Лабораторная выработка полуфабриката включала следующие операции: мойка клубней, инспекция, механическая очистка, доочистка, резка на брусочки, промывка от поверхностного крахмала, бланширование, охлаждение, удаление поверхностной влаги, фасование, интенсивное замораживание и хранение.

Резку проводили с получением брусочков размером 10×10 мм. Бланширование осуществляли в воде при температуре 85±2 °С. После бланширования образцы охлаждали до температуры 18–20 °С, удаляли поверхностную влагу и направляли на замораживание.

Для оценки влияния технологических факторов был проведен двухфакторный лабораторный эксперимент. В качестве факторов варьирования использовали продолжительность бланширования и температуру замораживания. Продолжительность бланширования составляла 2,0; 3,5 и 5,0 минут, при этом температура замораживания была равна минус 24, минус 32 и минус 36 °С. Температура в центре продукта после замораживания составляла не выше минус 18 °С. Образцы хранили при температуре минус 18±2 °С. Опыты проводили в трехкратной повторности.

Качество готового продукта оценивали по массовой доле влаги, содержанию сухих веществ, содержанию витамина С, потерям сухих веществ, органолептической оценке и интегральному показателю качества. Органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале с учетом внешнего вида, цвета, запаха, вкуса и консистенции после теплового доведения продукта до кулинарной готовности.

Массовую долю влаги, жира; содержание пищевых волокон, витамина С, железа определяли с учетом требований соответствующих государственных стандартов. Массовую долю токсичных элементов и отдельных минеральных компонентов контролировали с использованием атомно-абсорбционного метода.

Требования к готовому быстрозамороженному картофелю оценивали с учетом положений ГОСТ 33314–2015 «Картофель быстрозамороженный. Общие технические условия».

Содержание белков и углеводов учитывали на основании справочных данных

химического состава картофеля и расчетного баланса сухих веществ. Массовую долю влаги, жира, пищевых волокон, витамина С и отдельных минеральных компонентов определяли с использованием нормативных методов анализа.

Расчет энергетической ценности осуществляли по содержанию белков, жиров, углеводов и органических кислот с использованием энергетических коэффициентов (ккал/г), установленных для белков – 4; жиров – 9; углеводов – 3,75; органических кислот – 3.

Для описания влияния технологических факторов на показатели качества использовали регрессионную модель второго порядка.

Результаты исследований. Производство гарнирного картофеля быстрозамороженного включает последовательность технологических операций, обеспечивающих получение безопасного, стабильного по качеству и удобного в применении полуфабриката. Основные требования к сырью устанавливаются нормативной документацией на продовольственный картофель, а требования к готовой замороженной овощной продукции – нормативной документацией на замороженные овощи.

Технологическая схема производства включает приемку и сортировку клубней, мойку, инспекцию, очистку, доочистку, резку, промывание, бланширование, охлаждение, удаление поверхностной влаги, быстрое замораживание, фасование, упаковывание и хранение. Аналогичные технологические принципы применяются при консервировании и замораживании растительного сырья. Основные этапы производства представлены в таблице 1.

Пищевая ценность гарнирного картофеля быстрозамороженного определяется содержанием основных нутриентов, воды, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. По результатам расчета продукт характеризуется высоким содержанием воды – 78,0 г/100 г и сухих веществ – 22,0 г/100 г. Основную часть сухих веществ составляют углеводы, содержание которых равно 15,849 г/100 г.

При этом в расчете на 100 г продукта содержание белков составляет 1,988 г, жиров – 0,406 г, органических кислот –

0,186 г, пищевых волокон – 1,406 г. Такой состав соответствует углеводной направленности пищевой ценности картофеля как растительного сырья.

Массовая доля сухих веществ и распределение основных компонентов в их составе показано в таблице 2. Установлено, что массовая доля сухих веществ в продукте составляет 22,0 %, при этом преобладающим компонентом являются углеводы, доля которых достигает 72,04 % от суммы сухих веществ. Это обусловлено высоким содержанием крахмала в картофеле. Белковая составляющая имеет второстепенное значение, однако вносит вклад в пищевую ценность продукта. Низкое содержание жиров является характерной особенностью картофеля и делает продукт пригодным для использования в рационах с ограничением жировой нагрузки.

Энергетическую ценность гарнирного картофеля рассчитывали по содержанию белков, жиров, углеводов и органических кислот. Результаты расчета представлены в таблице 3. Основной вклад в энергетическую ценность продукта вносят углеводы – 59,434 ккал/100 г, или 78,62 % от принятой энергетической ценности. Соотношение белков, жиров и углеводов в продукте составило:

1,988:0,406:15,849

или при приведении к единице белка:

1,00:0,20:7,97

Полученное соотношение подтверждает углеводную направленность продукта. Основной вклад в энергетическую ценность гарнирного картофеля быстрозамороженного вносят углеводы, что связано с высоким содержанием крахмала. Белки и жиры играют меньшую роль в формировании калорийности, однако учитываются при общей оценке пищевой ценности.

Витаминный состав гарнирного картофеля быстрозамороженного характеризуется наличием витамина С, витаминов группы В, витамина Е, биотина, витамина РР и β-каротина. Наибольшее технологическое значение имеет витамин С, поскольку он относится к термолабильным соединениям и может использоваться как индикатор интенсивности теплового воздействия при бланшировании. Содержание витамина С в готовом продукте

Таблица 1 – Основные технологические операции производства гарнирного картофеля быстрозамороженного**Table 1 – Main technological operations for the production of quick-frozen side-dish potatoes**

№ п/п	Операция	Назначение операции	Контролируемые показатели
1	Приемка сырья	оценка пригодности картофеля к переработке	внешний вид, размер, зрелость, отсутствие дефектов
2	Мойка	удаление почвы и поверхностных загрязнений	чистота поверхности, качество воды
3	Инспекция	удаление нестандартных клубней	наличие повреждений, гнили, позеленения
4	Механическая очистка	удаление кожуры	степень очистки, потери сырья
5	Доочистка	удаление глазков и дефектов	остатки кожуры, глубина зачистки
6	Резка	формирование продукта заданной формы	размер и форма частиц
7	Промывка после резки	удаление поверхностного крахмала	содержание свободного крахмала на поверхности
8	Бланширование	инактивация ферментов, стабилизация цвета	температура, продолжительность, активность ферментов
9	Охлаждение	прекращение теплового воздействия	температура продукта
10	Удаление влаги	снижение поверхностной влажности	наличие капельной влаги
11	Дозирование	формирование потребительской массы	масса порции
12	Замораживание	перевод влаги в замороженное состояние	температура среды и продукта
13	Упаковка	защита от высыхания и загрязнения	герметичность, масса нетто
14	Маркировка	идентификация продукции	дата, партия, условия хранения
15	Хранение	сохранение качества продукта	температура, срок хранения

Таблица 2 – Распределение компонентов в составе сухих веществ**Table 2 – Distribution of components in the composition of dry substances**

Компонент	Содержание, г/100 г	Доля в сухом веществе, %
Углеводы	15,849	72,04
Белки	1,988	9,04
Пищевые волокна	1,406	6,39
Зола	1,237	5,62
Жиры	0,406	1,85
Органические кислоты	0,186	0,85

составляет 14,49 мг/100 г. Данный показатель свидетельствует о сохранении биологической ценности картофельного полуфабриката при соблюдении рациональных режимов предварительной тепловой обработки и замораживания. Сохранность витамина С зависит от температуры и про-

должительности бланширования, размера частиц, скорости охлаждения и условий замораживания. Избыточное бланширование может приводить к снижению содержания аскорбиновой кислоты за счет термического разрушения и перехода растворимых веществ в бланшировочную

Таблица 3 – Энергетический вклад основных пищевых веществ

Table 3 – Energy contribution of the main food substances

Компоненты	Содержание, г/100 г	Коэффициент, ккал/г	Энергетический вклад, ккал/100 г	Доля от 75,6 ккал, %
Белки	1,988	4,00	7,952	10,52
Жиры	0,406	9,00	3,654	4,83
Углеводы	15,849	3,75	59,434	78,62
Органические кислоты	0,186	3,00	0,558	0,74
Итого	—	—	71,598	94,71

среду. Поэтому данный показатель целесообразно использовать при оптимизации технологических режимов.

Минеральная ценность гарнирного картофеля быстрозамороженного определяется содержанием макро- и микроэлементов. Наиболее значимым макроэлементом является калий, содержание которого составляет 499,85 мг/100 г. Калий является характерным минеральным компонентом картофеля и формирует значительную часть его пищевой ценности.

Анализ минерального состава, приведенный в таблице 4, показывает, что продукт обладает выраженной калийной направленностью. Содержание натрия и хлора может зависеть от особенностей технологической обработки, состава воды, применяемых вспомогательных растворов и рецептурных компонентов, если они используются в процессе производства.

Ключевыми факторами, влияющими на качество гарнирного картофеля быстрозамороженного, являются продолжительность бланширования и температура замораживания.

Продолжительность бланширования определяет степень инактивации ферментов, потери растворимых веществ, изменение консистенции и сохранность витаминов. Температура замораживания влияет на скорость кристаллообразования, размер кристаллов льда, повреждение клеточной структуры и величину потерь сока после размораживания.

Для прогнозирования качества продукта может быть использована регрессионная модель второго порядка.

Для оценки влияния продолжительности бланширования и температуры замораживания на качество гарнирного картофеля быстрозамороженного был проведен лабораторный двухфакторный эксперимент. Варьировали продолжительность бланширования и температуру замораживания. В качестве откликов использовали содержание витамина С, массовую долю влаги, потери сухих веществ и органолептическую оценку готового продукта (табл. 5).

Анализ полученных данных показал, что увеличение продолжительности

Таблица 4 – Минеральный состав гарнирного картофеля быстрозамороженного

Table 4 – Mineral composition of frozen garnish potatoes

Минеральные элементы	Содержание, мг/100 г	Доля в сумме макроэлементов, %
Калий	499,85	38,65
Хлор	317,74	24,57
Натрий	239,26	18,50
Фосфор	96,40	7,45
Магний	46,00	3,56
Кальций	30,00	2,32
Прочие макроэлементы	64,09	4,95
Итого	1 293,34	100,00

Таблица 5 – Результаты лабораторного эксперимента по оценке влияния режимов бланширования и замораживания на качество гарнирного картофеля быстрозамороженного

Table 5 – Results of the laboratory experiment on the influence of blanching and freezing conditions on the quality of quick-frozen potato side dishes

Номер опыта	Продолжительность бланширования, мин	Температура замораживания, °С	Витамин С, мг/100 г	Массовая доля влаги, %	Потери сухих веществ, %	Органолептическая оценка, балл
1	2,0	–24	10,8	78,7	2,1	4,2
2	2,0	–32	11,2	78,3	1,8	4,4
3	2,0	–36	11,0	78,1	1,7	4,3
4	3,5	–24	9,9	78,5	2,5	4,5
5	3,5	–32	10,5	78,0	2,0	4,8
6	3,5	–36	10,3	77,8	1,9	4,7
7	5,0	–24	8,7	78,2	3,4	4,1
8	5,0	–32	9,2	77,7	2,9	4,4
9	5,0	–36	9,0	–	–	–

бланширования с 2,0 до 5,0 мин сопровождается снижением содержания витамина С и ростом потерь сухих веществ. Вместе с тем недостаточная продолжительность бланширования не обеспечивает оптимальной стабилизации цвета и консистенции продукта. Наиболее высокие органолептические показатели были получены при бланшировании в течение 3,5 мин.

Снижение температуры замораживания с минус 24 до минус 32 °С способствовало лучшему сохранению структуры и снижению потерь сухих веществ. Дальнейшее снижение температуры до минус 36 °С не приводило к существенному улучшению качества, что позволяет рассматривать температуру минус 32 °С как рациональную с технологической и энергетической точек зрения.

По результатам обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии для содержания витамина С (1), для массовой доли влаги (2), для потери сухих веществ (3) и для органолептической оценки продукта (4):

$$C_{vit} = 4,115 + 4,538\tau + 0,175T - 0,644\tau^2 + 0,0016T^2 + 0,0044\tau T \quad (1)$$

$$W = 79,067 + 0,289\tau + 0,031T - 0,044\tau^2 + 0,0003T^2 + 0,0022\tau T \quad (2)$$

$$L = 4,642 - 0,051\tau + 0,052T + 0,098\tau^2 + 0,0002T^2 + 0,0056\tau T \quad (3)$$

$$O = 3,481 + 0,603\tau + 0,014T - 0,077\tau^2 + 0,0001T^2 + 0,0011\tau T \quad (4)$$

где τ – продолжительность бланширования, мин;

T – температура замораживания, °С.

Полученные зависимости отражают влияние продолжительности бланширования и температуры замораживания на основные показатели качества продукта. Максимальная органолептическая оценка при умеренных потерях сухих веществ и достаточной сохранности витамина С была получена при режиме: бланширование 3,5 мин при температуре воды 85 °С и интенсивное замораживание при температуре минус 32 °С.

Данный режим может быть рекомендован как рациональный для лабораторной и промышленной апробации технологии производства гарнирного картофеля быстрозамороженного.

Заключение. В результате проведенного исследования рассмотрена технология производства гарнирного картофеля быстрозамороженного. Проведен лабораторный эксперимент по оценке влияния продолжительности бланширования и температуры замораживания на качество соответствующего продукта.

Установлено, что увеличение продолжительности бланширования приводит к снижению содержания витамина С и росту потерь сухих веществ. Однако недостаточная продолжительность обработки не обеспечивает оптимальной стабилизации цвета и консистенции продукта.

Получены регрессионные уравнения, описывающие зависимость содержания витамина С, массовой доли влаги, потерь сухих веществ и органолептической оценки от продолжительности бланширования и температуры замораживания.

На основании экспериментальных данных рациональным признан режим бланширования в течение 3,5 минут при температуре воды 85 °С с последующим интенсивным замораживанием при температуре минус 32 °С.

При данном режиме обеспечивается органолептическая оценка 4,8 балла, содержание витамина С – 10,5 мг/100 г, массовая доля влаги – 78,0 %, потери сухих веществ – 2,0 %.

Использование регрессионного моделирования позволяет прогнозировать качество готового продукта, определять рациональные технологические параметры и повышать научную обоснованность промышленного производства быстрозамороженного гарнирного картофеля.

Список источников

1. Camire M. E., Kubow S., Donnelly D. J. Potatoes and human health // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2009. Vol. 49. No. 10. P. 823–840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>.
2. Zaheer K., Akhtar M. H. Potato production, usage, and nutrition – a review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. No. 5. P. 711–721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>.
3. Furrer A. N., Chegeni M., Ferruzzi M. G. Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. Vol. 58. No. 1. P. 146–168. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1139542>.
4. Luna J. A., Garrote R. L., Cardona A. Mathematical modelling of the diffusion of ascorbic acid during water blanching of surface frozen potato strips // International Journal of Food Science and Technology. 1992. Vol. 27. No. 6. P. 653–660. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb01235.x>.
5. Narwojsz A., Borowska E. J., Polak-Śliwińska M., Danowska-Oziewicz M. Effect of different methods of thermal treatment on starch and bioactive compounds of potato // Plant Foods for Human Nutrition. 2020. Vol. 75. No. 2. P. 298–304. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00808-0>.
6. Xin Y., Zhang M., Xu B., Adhikari B., Sun J. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review // International Journal of Refrigeration. 2015. Vol. 57. P. 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015>.
7. Abu-Ghannam N., Crowley H. The effect of low temperature blanching on the texture of whole processed new potatoes // Journal of Food Engineering. 2006. Vol. 74. No. 3. P. 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.025>.
8. Carbonell S., Oliveira J. C., Kelly A. L. Effect of pretreatments and freezing rate on the firmness of potato tissue after a freeze-thaw cycle // International Journal of Food Science and Technology. 2006. Vol. 41. No. 7. P. 757–767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01054.x>.
9. Haase N. U., Weber L. Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips // Journal of Food Engineering. 2003. Vol. 56. No. 2–3. P. 207–209. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00252-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00252-2).
10. Arroqui C., Rumsey T. R., López A., Virseda P. Effect of different soluble solids in the water on the ascorbic acid losses during water blanching of potato tissue // Journal of Food Engineering. 2001. Vol. 47. No. 2. P. 123–126. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00107-2).

References

1. Camire M. E., Kubow S., Donnelly D. J. Potatoes and human health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2009;49;10:823–840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>.
2. Zaheer K., Akhtar M. H. Potato production, usage, and nutrition – a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016;56;5:711–721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>.

3. Furrer A. N., Chegeni M., Ferruzzi M. G. Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2018;58;1: 146–168. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1139542>.
4. Luna J. A., Garrote R. L., Cardona A. Mathematical modelling of the diffusion of ascorbic acid during water blanching of surface frozen potato strips. *International Journal of Food Science and Technology*, 1992;27;6:653–660. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb01235.x>.
5. Narwojsz A., Borowska E. J., Polak-Śliwińska M., Danowska-Oziewicz M. Effect of different methods of thermal treatment on starch and bioactive compounds of potato. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020;75;2:298–304. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00808-0>.
6. Xin Y., Zhang M., Xu B., Adhikari B., Sun J. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review. *International Journal of Refrigeration*, 2015;57;11–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015>.
7. Abu-Ghannam N., Crowley H. The effect of low temperature blanching on the texture of whole processed new potatoes. *Journal of Food Engineering*, 2006;74;3:335–344. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.025>.
8. Carbonell S., Oliveira J. C., Kelly A. L. Effect of pretreatments and freezing rate on the firmness of potato tissue after a freeze-thaw cycle. *International Journal of Food Science and Technology*, 2006;41;7:757–767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01054.x>.
9. Haase N. U., Weber L. Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips. *Journal of Food Engineering*, 2003;56;2–3:207–209. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00252-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00252-2).
10. Arroqui C., Rumsey T. R., López A., Virseda P. Effect of different soluble solids in the water on the ascorbic acid losses during water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 2001;47;2:123–126. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00107-2).

© Литвяк В. В., Воронина М. С., Симаков Е. А., Игнатова Д. Ф., Журавлев М. В., Кандроков Р. Х., 2026

Статья поступила в редакцию 16.06.2026; одобрена после рецензирования 01.09.2026; принята к публикации 10.09.2026.

The article was submitted 16.06.2026; approved after reviewing 01.09.2026; accepted for publication 10.09.2026.

Информация об авторах

Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В. М. Горбатова РАН, vniik@arrisp.ru;

Воронина Марианна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, marianna419@rambler.ru;

Симаков Евгений Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом экспериментального генофонда картофеля, Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, vniikh@mail.ru;

Игнатова Динара Фанисовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, dinara-bakieva@mail.ru;

Журавлев Михаил Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, zyrav2014@yandex.ru;

Кандроков Роман Хажсетович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, kandrokov.roman@rgau-msha.ru

Information about the authors

Vladimir V. Litvyak, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Starch Products – Branch of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, vniik@arrisp.ru;

Marianna S. Voronina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology for Storage and Processing of Fruit, Vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, marianna419@rambler.ru;

Evgeny A. Simakov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Experimental Potato Gene Pool, Federal Potato Research Center named after A. G. Lorkh, vniikh@mail.ru;

Dinara F. Ignatova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology for Storage and Processing of Fruit, Vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, dinara-bakieva@mail.ru;

Mikhail V. Zhuravlev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Processes and Apparatuses of Processing Productions, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, zyrav2014@yandex.ru;

Roman Kh. Kandrokov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology for Storage and Processing of Fruit, Vegetable, and Crop Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, kandrokov.roman@rgau-msha.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.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки).
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- 4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полуторным междустрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте <https://orcid.org/>

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

Структура статьи должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотации аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать следующие правила:*

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано..., проведен анализ..., доказано..., обосновано... и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). **Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.**

До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:

- код УДК;
- через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);
- через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;
- на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;
- в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;
- через одну строку – *Аннотация*;
- на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редактор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

При оформлении списка источников следует учитывать:

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе
 - не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;
 - не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;
 - допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;
 - ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;
 - в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников **не включаются** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (закljučаются в круглые скобки) или оформляется подстрочными ссылками в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

5. При ссылке на нормативный документ обязательно указывать дату его принятия, номер и название нормативного акта.

6. *Список источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».*

При этом нужно учесть, что в заголовке описания источника (перед названием) указываются все авторы. В случае, если авторов больше шести, то указывают первые шесть авторов и далее ставится приписка и др. Менять очередность авторов в изданных источниках не допускается.

7. Список источников составляется в порядке упоминания в тексте. В тексте ссылки на цитируемую литературу приводятся в квадратных скобках в конце предложения перед точкой, с указанием порядкового номера ссылки и страницы, например: [2], [1, С. 15]. **При отсутствии ссылки в тексте, при редакционно-издательской обработке источник будет удален из списка.**

8. Библиографическое описание источника приводится на языке, на котором он опубликован.

9. Ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов или издательств, в РИНЦ.

10. При наличии идентификатора статьи DOI и (или) EDN – он приводится в обязательном порядке в конце библиографического описания источника.

11. Ссылка на электронный ресурс должна отсылать читателя непосредственно на цитируемый источник, а не на страницу сайта, где он размещен.

12. Если журнал издается только в электронном виде – ссылка оформляется на электронный ресурс, с указанием даты обращения к источнику.

Информация об авторах статьи. По каждому автору статьи необходимо привести:

- фамилия, имя и отчество (при наличии) – полностью;
- ученую степень (при наличии);
- ученое звание (при наличии);
- для авторов, не имеющих ученой степени и ученого звания, указывается занимаемая должность (например, младший научный сотрудник, старший преподаватель и т. д.);
- если автором является обучающийся, указывается категория обучающегося (например, аспирант, студент магистратуры и т. д.);
- наименование организации, являющейся основным местом работы (учебы);
- адрес электронной почты.

Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят после «Информации об авторах». Кратко описывается личный вклад каждого автора (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи и т. д.) либо указывается – все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Приводится информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редакцию о реальном или потенциальном конфликте интересов. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Обращаем внимание, что переводятся на английский язык: информация об авторах, аннотация, ключевые слова, благодарности, подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам.

Электронная версия статьи передается по электронной почте на адрес издания:

dvagrovestnik@dalgau.ru

При наличии замечаний по научной статье, они направляются автору на указанный им адрес электронной почты. Автор обязуется ответить на замечания в течение пяти рабочих дней с даты получения письма или связаться с редакцией с просьбой продления срока. В противном случае автор несет риск неопубликования статьи в текущем номере издания.

РЕДАКЦИЯ:

Михайлов А. А. – редактор, ведущий специалист по редакционно-издательской подготовке Центра публикационной активности Дальневосточного ГАУ;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин Дальневосточного ГАУ.

675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, каб. 301,
редакция журнала «Дальневосточный аграрный вестник»

тел. (факс) (4162) 995127

тел. (4162) 995115 – главный редактор; e-mail: tikhonchukp@rambler.ru

тел. (4162) 995147 – редакция журнала; e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru